

计算机 控制技术

李江全 王卫兵 李玲 编著



免费提供
电子教案



21 世纪高职高专系列教材

自动化类专业

计算机控制技术

李江全 王卫兵 李玲 编著



机械工业出版社

本书从工程实际出发,全面系统地介绍了计算机在工业过程控制中的应用技术。内容包括:计算机控制技术的概念、组成、分类和发展,总线接口与过程通道,计算机控制系统中的硬件与软件,串口通信控制系统及其实现,基于板卡的控制系统及其实现,中小型集散控制系统及其实现,CAN总线控制系统及其实现,计算机控制系统的软硬件设计及其可靠性设计等。在各系统的实现部分选取了当前工控领域常用的面向对象语言 Visual Basic、监控组态软件 Kingview 和虚拟仪器软件 LabVIEW 作为开发软件,并以多个实例详细地介绍了测控程序的开发步骤及实现方法。

本书可作为高职高专院校和应用型本科院校的自动化、测控技术与仪器、机电一体化、计算机应用等专业的教材,也可供从事计算机控制系统研发的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/李江全等编著. —北京:机械工业出版社,2007.8

(21世纪高职高专系列教材)

ISBN 978-7-111-21847-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 102889 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划:胡毓坚

责任编辑:祝 伟

责任印制:洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

·2007年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·16.25 印张·401 千字

0001—5000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21847-0

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页,倒页,脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“21 世纪高职高专系列教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- (1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- (2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- (3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- (4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- (5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

计算机控制技术是新兴的综合性技术,在工业控制中发挥着越来越重要的作用。在高等院校的工科类专业中,计算机控制技术也是一门重要的专业课程。但是,由于计算机控制技术涉及的学科广泛,而且所涉及的软、硬件技术也在不断更新,因此,这门课程的教学要求教师不仅要有广泛的理论知识和丰富的实践经验,还要紧跟技术的进步,选用合适的教材。

本书以注重实际应用和软件开发为特点,硬件系统采用“搭积木”的设计思想。突出软件设计,重在功能实现。这不仅符合高职高专院校对计算机控制技术课程的要求,也符合计算机控制系统本身发展的特点。

首先,本书针对高职高专学生的学习基础和特点来安排教学内容。在建立控制系统整体概念的基础上,将具体应用作为切入点,以功能实现为重点。书中基本不涉及控制理论问题,而是通过典型的控制系统应用实例和完整的开发步骤讲解,使学生掌握计算机控制技术的精髓。

其次,从设计的角度来讲,以 PC 或 IPC 作为主机的控制系统已广泛应用,其他各种外围设备(如 I/O 板卡、下位机设备等)都有相应的成熟产品,学生只需掌握硬件的基本组成、性能特点,学会正确合理地选用,对于详细的电路设计及控制理论等可在课后查阅相关资料。

再者,在硬件系统搭建完成后,设计者的主要任务是开发测控功能程序。考虑到现在的 PC 或 IPC 控制系统开发的实际情况,本书选取了当前工控领域常用的 Visual Basic、Kingview 和 LabVIEW,并通过串口通信控制系统、基于板卡的控制系统、中小型集散控制系统、CAN 总线控制系统等典型控制系统应用实例,详细讲解了测控程序开发的步骤和实现方法。

本书作为讲义已使用多年,反映良好,此次经过充实和完善,作为教材正式出版。书中融入了作者多年的教学与科研实践经验,并结合近几年计算机控制技术的发展状况,力求技术先进、实用。为方便教学,本书免费提供电子教案、习题解答及所有设计实例的源程序,读者可从机械工业出版社的网站 www.cmpbook.com 上下载。

本书由李江全、王卫兵、李玲编著。在本书的编写过程中,刘恩博、岑红蕾、李亚萍、鲁敏、吴延祥等老师在程序调试、插图绘制和文字校核等方面做了大量工作,新疆通用控制系统有限公司的王勇高级工程师提出了许多宝贵和中肯的意见,研华(中国)公司提供了大量的技术支持,在此一并致以深深的谢意!

特别感谢石河子大学教材出版项目、263 青年骨干教师资助计划以及兵团高新技术研究发展计划对本书出版的支持和帮助。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 计算机控制技术概述 1

1.1 计算机控制技术简介 1

1.1.1 工业控制技术的发展历程 1

1.1.2 计算机控制技术的含义 2

1.1.3 控制系统微机化的重要意义 2

1.2 计算机控制系统的输入与

输出信号 3

1.2.1 模拟量信号 3

1.2.2 数字(开关)量信号 4

1.2.3 脉冲量信号 5

1.3 计算机控制系统的典型结构

和特点 5

1.3.1 计算机控制系统的典型结构 5

1.3.2 计算机控制系统的特点 6

1.4 计算机控制系统的任务和要求 ... 7

1.4.1 计算机控制系统的任务 7

1.4.2 计算机控制系统的基本要求 8

1.5 计算机控制系统的组成 9

1.5.1 计算机控制系统的硬件组成 9

1.5.2 计算机控制系统的软件组成 12

1.5.3 计算机控制系统的工作原理 13

1.6 计算机控制系统的分类 14

1.7 计算机控制技术的发展 19

习题与思考题 21

第2章 总线接口与过程通道 22

2.1 总线及其标准 22

2.1.1 总线的概念 22

2.1.2 总线的类别 22

2.1.3 采用总线的优点 24

2.1.4 总线标准 24

2.2 I/O接口 27

2.2.1 I/O设备与I/O接口 27

2.2.2 接口信息与接口地址 29

2.2.3 I/O接口的功能 30

2.2.4 接口的分类 31

2.2.5 I/O接口的实现方式 32

2.3 串行通信与RS-232C接口标准 33

2.3.1 串行通信的基本概念 33

2.3.2 RS-232C接口标准 36

2.3.3 近距离通信线路连接 38

2.4 过程通道 39

2.4.1 过程通道的含义 39

2.4.2 过程通道的模式 39

2.4.3 模拟量输入通道 40

2.4.4 模拟量输出通道 43

2.4.5 开关量输入通道 43

2.4.6 开关量输出通道 45

2.5 信息传输介质 46

2.5.1 有线传输介质 46

2.5.2 无线传输介质 49

习题与思考题 49

第3章 计算机控制系统中的硬件 50

3.1 传感器 50

3.1.1 传感器的地位 50

3.1.2 传感器的含义 50

3.1.3 常用的传感器 51

3.2 数据采集卡 53

3.2.1 数据采集卡的产生 53

3.2.2 数据采集卡的种类 54

3.2.3 常用的数据采集卡 55

3.2.4 远程I/O模块 58

3.3 工业控制计算机(IPC) 59

3.3.1 IPC的基本特点 59

3.3.2 IPC的基本组成 60

3.3.3 PCs的构成 62

3.4 智能仪器 64

3.4.1 智能仪器的组成 64

3.4.2 智能仪器的功能 65

3.4.3 智能仪器的特点 66

3.5 可编程序逻辑控制器(PLC).....	66	5.3.4 设计任务	110
3.5.1 PLC的构成	67	5.3.5 任务实现	110
3.5.2 PLC的技术特点	69	5.3.6 任务扩展	117
3.5.3 计算机与 PLC 的连接方式	69	5.4 PC 与智能仪器串口通信	
3.6 执行机构	70	程序设计	118
3.6.1 执行机构的种类	71	5.4.1 设计目的	118
3.6.2 执行机构的驱动	73	5.4.2 设计用软、硬件	118
习题与思考题	76	5.4.3 硬件线路	118
第 4 章 计算机控制系统中的软件	77	5.4.4 设计任务	119
4.1 计算机操作系统	77	5.4.5 任务实现	120
4.1.1 计算机操作系统概述	77	5.4.6 任务扩展	128
4.1.2 通用操作系统	78	5.5 PC 与 PLC 串口通信程序设计	128
4.1.3 实时操作系统	79	5.5.1 设计目的	128
4.1.4 嵌入式操作系统	80	5.5.2 设计用软、硬件	128
4.2 面向对象语言 Visual Basic	81	5.5.3 硬件线路	129
4.2.1 VB 与串口通信	81	5.5.4 设计任务	129
4.2.2 VB 与数据采集	83	5.5.5 任务实现	130
4.3 监控组态软件 Kingview	85	习题与思考题	143
4.3.1 监控组态软件概述	86	第 6 章 基于板卡的控制系统及其	
4.3.2 Kingview 与下位机通信	90	实现	144
4.4 虚拟仪器软件 LabVIEW	93	6.1 基于板卡的计算机控制系统	
4.4.1 虚拟仪器概述	93	组成	144
4.4.2 LabVIEW 与串口通信	96	6.2 PCI-1710HG 多功能板卡的	
4.4.3 LabVIEW 与数据采集	98	安装	146
习题与思考题	100	6.2.1 PCI-1710HG 多功能板卡简介	146
第 5 章 串口通信控制系统及其实现	101	6.2.2 用 PCI-1710HG 多功能板卡组	
5.1 PC 中的串行端口	101	成的控制系统	146
5.1.1 查看串行端口信息	101	6.2.3 PCI-1710HG 板卡设备的安装	149
5.1.2 串行端口的中断	103	6.2.4 PCI-1710HG 板卡其他程序的	
5.1.3 串行端口的地址	104	安装	152
5.2 串口通信调试	104	6.3 模拟量输入(AI)程序设计	154
5.2.1 系统连接	105	6.3.1 设计目的	154
5.2.2 计算机串口设置	107	6.3.2 设计用软、硬件	154
5.2.3 串口调试程序的使用	107	6.3.3 硬件线路	154
5.2.4 使用“计算器”实现数制转换	108	6.3.4 设计任务	155
5.2.5 调试扩展	108	6.3.5 任务实现	155
5.3 PC 双串口互通信程序设计	109	6.3.6 任务扩展	160
5.3.1 设计目的	109	6.4 模拟量输出(AO)程序设计	160
5.3.2 设计用软、硬件	109	6.4.1 设计目的	160
5.3.3 硬件线路	110	6.4.2 设计用软、硬件	161

6.4.3 硬件线路	161	8.1 现场总线控制技术概论	198
6.4.4 设计任务	161	8.1.1 现场总线简介	198
6.4.5 任务实现	161	8.1.2 现场总线控制系统的结构与特点	198
6.4.6 任务扩展	164	8.1.3 现场总线控制系统的优点	200
6.5 开关量输入(DI)程序设计	164	8.1.4 现场总线标准	201
6.5.1 设计目的	164	8.2 CAN 总线控制系统	202
6.5.2 设计用软、硬件	164	8.2.1 CAN 总线的技术特点	203
6.5.3 硬件线路	165	8.2.2 CAN 总线的网络结构	203
6.5.4 设计任务	165	8.2.3 典型的 CAN 总线测控系统	204
6.5.5 任务实现	165	8.2.4 CAN 总线的主要应用领域	206
6.5.6 任务扩展	169	8.3 基于 CAN 总线的开关量输出程序设计	207
6.6 开关量输出(DO)程序设计	169	8.3.1 设计目的	207
6.6.1 设计目的	169	8.3.2 设计用软、硬件	207
6.6.2 设计用软、硬件	170	8.3.3 硬件线路	207
6.6.3 硬件线路	170	8.3.4 设计任务	208
6.6.4 设计任务	170	8.3.5 任务实现	208
6.6.5 任务实现	170	习题与思考题	213
6.6.6 任务扩展	173	第 9 章 计算机控制系统的设计	214
习题与思考题	173	9.1 计算机控制系统的设计概述	214
第 7 章 中小型集散控制系统及其实现	174	9.1.1 计算机控制系统的设计原则	214
7.1 计算机集散控制系统概述	174	9.1.2 计算机控制系统的设计与实施步骤	216
7.1.1 集散控制系统简介	174	9.1.3 计算机控制系统的总体方案设计	217
7.1.2 集散控制系统的体系结构	174	9.2 计算机控制系统的硬件设计	220
7.1.3 集散控制系统的特点	176	9.2.1 选择系统总线	220
7.1.4 集散控制系统中的软件技术	177	9.2.2 选择主机	221
7.2 中小型 DCS 的结构与通信标准	178	9.2.3 选择输入输出板卡	222
7.2.1 中小型 DCS 的基本结构	178	9.2.4 选择传感器和变送器	222
7.2.2 RS-485 串口通信标准	179	9.2.5 选择执行机构	223
7.3 用 PC 与智能仪表构成的小型 DCS 程序设计	180	9.2.6 控制操作面板设计	223
7.3.1 设计目的	181	9.3 计算机控制系统的软件设计	224
7.3.2 设计用软、硬件	181	9.3.1 控制系统对应用软件的要求	224
7.3.3 硬件线路	181	9.3.2 工业控制软件的功能	225
7.3.4 设计任务	183	9.3.3 工业控制软件的种类和模块结构	226
7.3.5 任务实现	183	9.3.4 应用软件的设计流程	228
7.3.6 任务扩展	197	9.3.5 应用软件的设计方法	229
习题与思考题	197		
第 8 章 CAN 总线控制系统及其实现	198		

9.3.6 应用软件的开发工具选择	230	9.5.3 任务实现	236
9.4 计算机控制系统的调试与运行 ...	232	9.5.4 任务扩展	246
9.4.1 离线仿真与调试	232	9.6 计算机控制系统的可靠性设计 ...	246
9.4.2 在线调试与运行	234	9.6.1 影响可靠性的因素	246
9.5 设计实例:温度测量与报警		9.6.2 可靠性设计技术	247
控制系统设计	235	习题与思考题	250
9.5.1 设计要求	235	参考文献	251
9.5.2 设计任务	236		

第 1 章 计算机控制技术概述

计算机控制技术是一门新兴的综合性技术。它是计算机技术(包括软件技术、接口技术、通信技术、网络技术、显示技术)、自动控制技术、微电子技术、自动检测和传感技术有机结合、综合发展的产物。它主要研究如何将检测与传感技术、计算机技术和自动控制理论应用于工业生产过程并设计出所需要的计算机控制系统。计算机控制系统作为当今工业控制的主流系统,已取代了常规的模拟检测、调节、显示、记录等仪器设备和很大部分操作管理的人工职能,并具有较高级复杂的计算方法和处理方法,以完成各种过程控制、操作管理等任务。随着科学技术的迅速发展,计算机控制技术的应用领域日益广泛,在冶金、化工、电力、自动化机床、工业机器人控制、柔性制造系统和计算机集成制造系统等工业控制方面已取得了令人瞩目的研究与应用成果,在国民经济中发挥着越来越大的作用。

1.1 计算机控制技术简介

1.1.1 工业控制技术的发展历程

计算机的出现使科学技术产生了一场深刻的革命,同时也将自动控制推向了一个新的水平。综观工业控制的发展,可将其归结为过程控制技术、自动检测技术、自动化仪表技术与计算机网络技术的交叉发展和相互渗透。工业控制技术的发展经历了以下 4 个阶段。

第一个阶段是 20 世纪 50 年代以前的人工控制阶段(基地式仪表控制系统)。在这个阶段,企业的生产规模小,设备陈旧,采用的是安装在生产现场、只具备简单测控功能的基地式气动仪表,其信号仅在本仪表内使用,不能传送给别的仪表或系统,即各测控仪表处于封闭的状态,无法与外界沟通信息,操作人员只能通过生产现场的巡视,才可以了解生产过程的状况。必要的调节主要依靠最简单的测量仪表并由人工操作。

第二个阶段是 20 世纪 60 年代的模拟式仪表控制阶段(电动单元组合式仪表控制系统)。随着企业的生产规模进一步扩大,操作人员需要综合掌握多点的运行参数和信息,需要同时按多点的信息实行操作控制,因此出现了气动、电动单元组合式仪表,形成了集中控制室,如图 1-1 所示。生产现场的各种参数通过统一的模拟信号送往集中控制室。操作人员可以在控制室内观察生产现场的状况,可以把各单元仪表的信号按需要组合成复杂控制系统。

第三个阶段是 20 世纪 70 年代的计算机集中控制阶段。人们在测量、模拟和逻辑控制领域率先使用了数字计算机,从而产生了集中式控制,如图 1-2 所示。这时可利用一台计算机控制数十以至上百个回路,部分取代了传统的控制室仪表,但是因当时电子器件与计算机本身的可靠性较差,计算机的参与使得控制集中了,“危险”也随之被集中。

第四个阶段是 20 世纪 80 年代的集散式控制阶段(即分布式控制系统)。它以微处理器为核心,由一个 CPU 控制多个回路,控制功能相对分散,同时通过高速数据通道把各个分散点的信息集中起来,进行集中的监视和操作,并实现复杂的控制和优化。



图 1-1 某热电厂锅炉仪表集中控制室

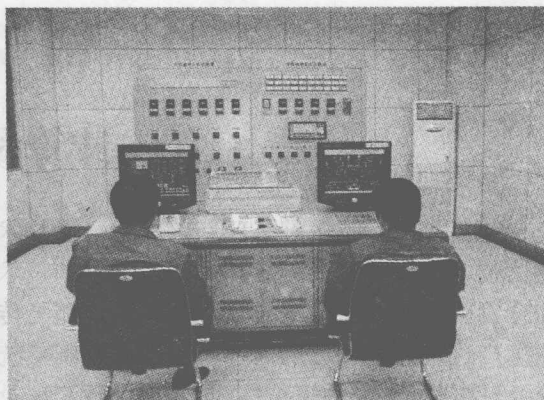


图 1-2 某热电厂锅炉计算机控制室

1.1.2 计算机控制技术的含义

在工程实践过程中,人们需要采取各种方法获得反映客观事物的量值,这种操作称为测量或检测;也需要采取各种方法支配或约束客观事物的进程结果,达到一定的目的,这种操作称为控制。测量和控制是人们进行工程实践的两项工作任务。相应地,人们就要研制和发展各种测控仪器或系统以实现测量和控制,与此相关的理论和技术就是控制技术。

按照任务的不同,控制系统可以分为以下三大类:

- 1) 检测系统。单纯以检测为目的的系统。主要实现数据的采集,又称为数据采集系统。
- 2) 控制系统。单纯以控制为目的的系统。主要实现对生产过程的控制。
- 3) 测控系统。测控一体化的系统,即通过对大量数据进行采集、存储、处理和传输,使控制对象实现预期要求的系统。

工程上,大量的实际系统是测控系统,通常把测控系统也称为控制系统。

所谓计算机控制,就是利用传感器将被监控对象中的物理参量(如温度、压力、液位、速度等)转换为电量(如电压、电流),再将 these 代表实际物理参量的电量送入输入装置中转换为计算机可识别的数字量,并且在计算机的显示器中以数字、图形或曲线的方式显示出来,从而使操作人员能够直观而迅速地了被监控对象的变化过程。除此之外,计算机还可以将采集到的数据存储起来,随时进行分析、统计和显示并制作各种报表。如果还需要对被监控的对象进行控制,则由计算机中的应用软件根据采集到的物理参量的大小和变化情况与工艺要求的设定值进行比较判断,然后在输出装置中输出相应的电信号,推动执行装置(如调节阀、电动机)动作从而完成相应的控制任务。

计算机控制系统包含的内容十分广泛,它包括各种数据采集和处理系统、自动测量系统、生产过程控制系统等,广泛应用于航空、航天、核科学研究、工厂自动化、农业自动化、实验室自动测量和控制以及办公自动化、商业自动化、楼宇自动化、家庭自动化等领域。

1.1.3 控制系统微机化的重要意义

微型计算机具有速度快、精度高、存储容量大、功能强及可编程等特点,将微型计算机引入控制系统中,不仅可以解决传统控制系统不能解决的问题,而且还能简化电路、增加或增强功

能、提高控制精度和可靠性,显著增强控制系统的自动化、智能化程度,而且可以缩短系统研制周期、降低成本、易于升级换代等。因此,现代控制系统设计,特别是高精度、高性能、多功能的控制系统,基本都采用计算机技术。

计算机技术的引入为控制系统带来了以下一些新特点和新功能:

1) 自动清零功能。在每次采样前对传感器的输出值自动清零,从而大大降低因控制系统漂移变化造成的误差。

2) 量程自动切换功能。可根据测量值和控制值的大小改变测量范围和控制范围,在保证测量和控制范围的同时提高分辨率。

3) 多点快速测控。可对多种不同参数进行快速测量和控制。

4) 数字滤波功能。利用计算机软件对测量数据进行处理,可抑制各种干扰和脉冲信号。

5) 自动修正误差。许多传感器和控制器的特性是非线性的,且受环境参数变化的影响比较严重,从而给仪器带来误差。采用计算机技术,可以依靠软件进行在线或离线修正。

6) 数据处理功能。利用计算机技术可以实现传统仪器无法实现的各种复杂的处理和运算功能,比如统计分析、检索排序、函数变换、差值近似和频谱分析等。

7) 复杂控制规律。利用计算机技术不仅可以实现经典的 PID 控制,还可以实现各种复杂的控制规律,例如自适应控制、模糊控制等;同时也能够实现控制方案和控制规律的在线修改,使整个系统具有很大的灵活性与适应性。

8) 多媒体功能。利用计算机的多媒体技术,可以使仪器具有声光、语音、图像、动画等功能,增强控制系统的个性或特色。

9) 通信或网络功能。利用计算机的数据通信功能,可以大大增强控制系统的外部接口功能和数据传输功能。采用网络功能的控制系统则将拓展一系列新颖的功能。

10) 自我诊断功能。采用计算机技术后,可对控制系统进行监测,一旦发现故障则立即进行报警,并可显示故障部位或可能的故障原因,对排除故障的方法进行提示。

1.2 计算机控制系统的输入与输出信号

工业生产过程实现计算机控制的前提是,必须将工业生产过程的工艺参数、工况逻辑和设备运行状况等物理量经过传感器或变送器转变为计算机可以识别的电信号(电压或电流)或逻辑量。传感器和变送器输出的信号有多种规格,其中毫伏(mV)信号、0~5 V 电压信号、1~5 V 电压信号、0~10 mA 电流信号、4~20 mA 电流信号、电阻信号是计算机控制系统经常用到的信号规格。在实际工程中,通常将这些信号分为模拟量信号、开关量信号和脉冲量信号三大类。针对某个生产过程设计一套计算机控制系统,必须了解输入输出信号的规格、接线方式、精度等级、量程范围、线性关系、工程量换算等诸多要素。

1.2.1 模拟量信号

许多来自现场的检测信号都是模拟信号,如液位、压力、温度、位置、pH 值、电压、电流等,通常都是将现场待检测的物理量通过传感器转换为电压或电流信号。许多执行装置所需的控制信号也是模拟量,如调节阀、电动机、电力电子的功率器件等的控制信号。

模拟信号是指随时间连续变化的信号,这些信号在规定的一段连续时间内,其幅值为连续

值,即从一个量变到下一个量时中间没有间断。

模拟信号有两种类型:一种是由各种传感器获得的低电平信号;另一种是由仪器、变送器输出的 $4\sim 20\text{ mA}$ 的电流信号或 $1\sim 5\text{ V}$ 的电压信号。这些模拟信号经过采样和 A/D 转换输入计算机后,常常要进行数据正确性判断、标度变换、线性化等处理。

模拟信号非常便于传送,但它对干扰信号很敏感,容易使传送中的信号的幅值或相位发生畸变。因此,有时还要对模拟信号做零漂修正、数字滤波等处理。

模拟量输出信号可以直接控制过程设备,而过程又可以对模拟量信号进行反馈。闭环 PID 控制系统采取的就是这种形式。模拟量输出还可以用来产生波形,在这种情况下,D/A 变换器就成了一个函数发生器。下面介绍模拟信号的常用规格。

1. $1\sim 5\text{ V}$ 电压信号

此信号规格有时称为 DDZ-III 型仪表电压信号规格。 $1\sim 5\text{ V}$ 电压信号规格通常用于计算机控制系统的过程通道。工程量的量程下限值对应的电压信号为 1 V ,量程上限值对应的电压信号为 5 V ,整个工程量的变化范围与 4 V 的电压变化范围相对应。过程通道也可输出 $1\sim 5\text{ V}$ 电压信号,用于控制执行机构。

2. $4\sim 20\text{ mA}$ 电流信号

$4\sim 20\text{ mA}$ 电流信号通常用于过程通道和变送器之间的传输信号。工程量或变送器的量程下限值对应的电流信号为 4 mA ,量程上限值对应的电流信号为 20 mA ,整个工程量的变化范围与 16 mA 的电流变化范围相对应。过程通道也可输出 $4\sim 20\text{ mA}$ 电流信号,用于控制执行机构。

有的传感器的输出信号是毫伏级的电压信号,如 K 分度热电偶在 1000°C 时输出信号为 41.296 mV 。这些信号要经过变送器转换成标准信号($4\sim 20\text{ mA}$)再送给过程通道。热电阻传感器的输出信号是电阻值,一般要经过变送器转换为标准信号($4\sim 20\text{ mA}$),再送到过程通道。

对于采用 $4\sim 20\text{ mA}$ 电流信号的系,只需采用 $250\ \Omega$ 电阻就可将其变换为 $1\sim 5\text{ V}$ 直流电压信号。

有必要说明的是,以上两种标准都不包括零值在内,这是为了避免和断电或断线的情况混淆,使信息的传送更为确切。这样也同时把晶体管器件的起始非线性段避开了,使信号值与被测参数的大小更接近线性关系。因此,这两种标准受到国际业界的推荐和普遍的采用。

当计算机控制系统输出模拟信号需要传输较远的距离时,一般采用电流信号而不是电压信号,因为电流信号在一个回路中不会衰减,因而抗干扰能力比电压信号好。当计算机控制系统输出模拟信号需要传输给多个其他仪器仪表或控制对象时,一般采用直流电压信号而不是直流电流信号。

1.2.2 数字(开关)量信号

有许多现场设备往往只对应两种状态。例如,按钮、行程开关的闭合和断开,马达的启动和停止,指示灯的亮和灭,仪器仪表的 BCD 码,继电器或接触器的释放和吸合,晶闸管的通和断,阀门的打开和关闭等。可以用开关输出信号去控制或者对开关输入信号进行检测。

开关信号是指在有限的离散瞬时上取值间断的信号。在二进制系统中,数字信号是由有限字长的数字组成,其中每位数字不是 0 就是 1。数字信号的特点是,它只代表某个瞬时的量值,是不连续的信号。开关信号的处理主要是监测开关器件的状态变化。

开关量信号反映了生产过程、设备运行的现行状态、逻辑关系和动作顺序。例如,行程开关可以指示出某个部件是否达到规定的位置,如果已经到位,则行程开关接通,并向工控机系统输入 1 个开关量信号。又如工控机系统欲输出报警信号,则可以输出 1 个开关量信号,通过继电器或接触器驱动报警设备,发出声光报警。如果开关量信号的幅值为 TTL/CMOS 电平,有时又将一组开关量信号称之为数字量信号。

开关量输入信号有触点输入和电平输入两种方式。触点又有常开和常闭之分,其逻辑关系正好相反,犹如数字电路中的正逻辑和负逻辑。工控机系统实际上是按电平进行逻辑运算和处理的,因此工控机系统必须为输入触点提供电源,将触点输入转换为电平输入。开关量输出信号也有触点输出和电平输出两种方式。输出触点也有常开和常闭之分。

数字(开关)信号输入计算机后,常常需要进行码制转换的处理,如 BCD 码转换成 ASCII 码,以便显示数字信号。

开关量输出信号可以分为两种形式:一种是电压输出,另一种是继电器输出。电压输出一般是通过晶体管的通断来直接对外部提供电压信号,继电器输出则是通过继电器触点的通断来提供信号。电压输出方式的速度比较快且外部接线简单,但带负载能力弱;继电器输出方式则与之相反。电压输入又可分为直流电压和交流电压,相应的电压幅值可以有 5 V、12 V、24 V 和 48 V 等。

1.2.3 脉冲量信号

脉冲量信号和电平形式的开关量信号类似。当开关量按一定频率变化时,则该开关量就可以视为脉冲量,也就是说脉冲量具有周期性。

测量频率、转速等参数的传感器都是以脉冲频率的方式反映被测值的。有一些测流量的传感器或变送器,也是以脉冲频率为输出信号。在运动控制中,编码器送出的信号也是脉冲信号。根据脉冲的数目,可以获得电动机角位移以及转速的信息,也可以通过输出脉冲来控制步进电机转角或速度。

脉冲量信号的幅值通常有 TTL 电平、CMOS 电平、24VDC 电平和任意电平等几种规格。实际上,数据采集卡的逻辑部件都是 TTL/CMOS 规格,其中的过程通道将不同幅值的脉冲量信号转换成了 TTL/CMOS 电平。

脉冲量通道或脉冲输入/输出板卡对脉冲量的上升时间和下降时间有一定的要求,对于上升时间和下降时间较长的脉冲信号,必须增加整形电路,改善脉冲信号的边沿,以确保脉冲量通道能有效识别所输入的脉冲量信号。

1.3 计算机控制系统的典型结构和特点

1.3.1 计算机控制系统的典型结构

图 1-3 为计算机控制系统的典型结构框图。可以看出,在计算机控制系统中,计算机根据给定输入信号、反馈信号与系统的数学模型进行信号处理,实现控制策略,通过执行机构控制被控对象,达到预期的控制目标。

由于生产过程的各种物理量一般都是模拟量,而计算机的输入和输出均采用数字量,因

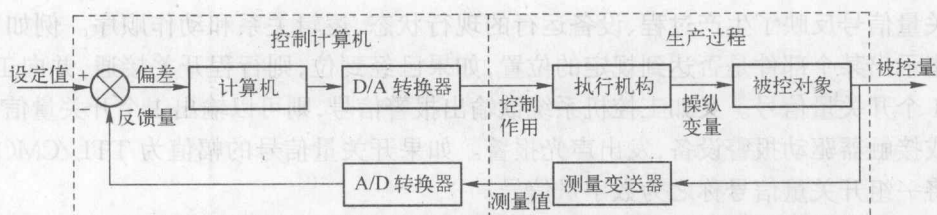


图 1-3 计算机控制系统典型结构框图

此,在计算机控制系统中,对于信号输入,需增加 A/D 转换器,将连续的模拟信号转换成计算机能接收的数字信号;对于信号输出,需增加 D/A 转换器,将计算机输出的数字信号转换成执行机构所需的连续模拟信号。

从本质上讲,计算机控制系统的工作过程可归纳为以下三步:

- 1) 实时数据采集。对来自测量变送器的被控量的瞬时值进行采集和输入。
- 2) 实时控制决策。对采集到的被控量进行分析、比较和处理,按预定的控制规律运算,进行控制决策。
- 3) 实时输出控制。根据控制决策,实时地向执行机构发出控制信号,完成系统控制任务或输出其他有关信号,如报警信号等。

上述过程不断重复,使整个系统按照一定的品质指标正常稳定地运行,一旦被控量和设备本身出现异常状态,计算机能够实时监督并做出迅速处理。

1.3.2 计算机控制系统的特点

计算机控制系统和一般常规控制系统相比,有如下突出特点:

- 1) 技术集成和系统复杂程度高。计算机控制系统是计算机、控制、通信、电子等多种高新技术的集成,是理论方法和应用技术的结合。由于信息量大、速度快和精度高,因此能实现复杂的控制规律,从而达到较高的控制质量。计算机控制系统实现了常规系统难以实现的多变量控制、智能控制、参数自整定等。
- 2) 实时性强。计算机控制系统是一个实时计算机系统,可以根据采集到的数据,立即采取相应的动作。例如,检测到化学反应罐的压力超限,可以立即打开减压阀,这样就避免了爆炸的危险。实时性是计算机控制系统区别于普通控制系统的关键特点,也是衡量计算机控制系统性能的一个重要指标。
- 3) 可靠性高和可维修性好。这两个因素决定系统的可用程度。由于采取有效的抗干扰、抗冗余、可靠性技术和系统的自诊断功能,计算机控制系统的可靠性高且可维修性好。例如有的工控机一旦出现故障,能迅速指出故障点和处理办法,便于立即修复。
- 4) 环境适应性强。恶劣的工业环境要求工控机能适应高温、高湿、腐蚀、振动、冲击、灰尘等工业环境。一般的工控机有较高的电磁兼容性。
- 5) 控制的多功能性。计算机控制系统具有集中操作、实时控制、控制管理、生产管理等多种功能。
- 6) 应用的灵活性。由于软件功能丰富、编程方便,硬件体积小、重量轻,以及结构设计上的模块化、标准化,使系统配置上有很强的灵活性。例如一些工控机有操作简易的结构化、组态化控制软件,硬件的可装配性、可扩充性也很好。

另外,技术更新快、信息综合性强、内涵丰富、操作便利等也都是计算机控制系统的特点。

1.4 计算机控制系统的任务和要求

1.4.1 计算机控制系统的任务

下面以生产过程控制系统为例来说明计算机控制系统的任务,因为它比较集中地体现了计算机控制系统的各种功能。

如图 1-4 所示,生产过程控制系统借助传感器从生产过程中收集信息,对生产过程被控对象进行监视并提供控制信号。被收集的信息在不同层次上进行分析计算,得出对生产装置提供的调节量,完成自动控制,或者为生产管理人员、工程师和操作员提供所需要的信息。

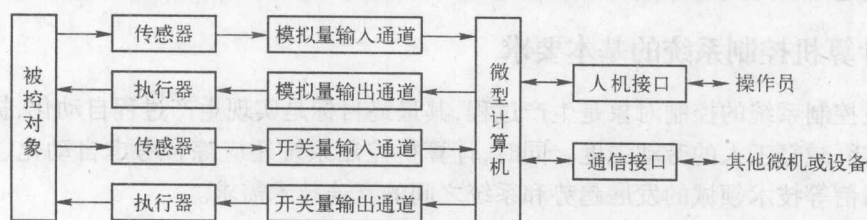


图 1-4 某生产过程控制系统框图

由此可以看出,计算机控制系统应当完成下列任务:

1. 检测

生产过程的参数大小是由传感器进行检测的。传感器产生与被测物理量(如温度、压力、流量、液位等)成比例(一般为正比)的电信号。传感器信号在进入计算机系统的接口之前,首先要转换成一种标准形式,通常是把传感器的 0~100% 量程转换成 4~20 mA 电流或 1~5 V 电压。

另一类测量值是关于被控过程的状态信息。例如阀门是否关闭、容器是否注满、泵是否打开等。这些信息是以开关量的形式提供给计算机的,通过继电器接点的开闭或 TTL 电平的变化来表示。

计算机也可通过串行或并行通信口直接接收数字量信息。目前,很多传感器都带有微处理器(例如智能仪表),可以直接给出数字量信息。

2. 执行机构的驱动

对生产装置的控制通常是通过阀门或伺服机构等执行机构进行调节,对泵和马达进行控制来完成的。计算机可以产生一串脉冲去驱动执行机构达到所需要的位置,可以通过继电器接点闭合或产生某个电平的跳变去启动或停止某个马达,也可通过数/模转换产生一个正比于某设定值的电压或电流去驱动执行机构。执行机构在收到控制信号之后,通常还要反馈一个测量信号给计算机,以便检查控制命令是否被执行。

3. 控制

利用计算机控制系统可以方便地实现各种控制方案。在工业过程控制系统中,常用的控制方案有三种类型:直接数字控制、顺序控制和监督控制。大多数生产过程的控制需要其中一种或几种控制方案的组合。

4. 人机交互

计算机控制系统必须为操作员提供关于被控过程和控制系统本身运行情况的全部信息,为操作员直观地进行操作提供各种手段,例如改变设定值,手动调节各种执行机构,在发生报警的情况下进行处理等。因此,它应当能显示各种信息和画面,打印各种记录,通过专用键盘对被控过程进行操作等。此外,计算机控制系统还必须为管理人员和工程师提供各种信息,例如生产装置每天的工作记录以及历史情况的记录,各种分析报表等,以便掌握生产过程的状况和做出改进生产状况的各种决策。

5. 通信

现今的工业过程控制系统一般都采用分级分散式结构,即由多台计算机组成计算机网络,共同完成上述的各种任务。因此,各级计算机之间必须能按时地交换信息。此外,有时生产过程控制系统还需要与其他计算机系统(例如全厂的综合信息管理系统)进行数据通信。

1.4.2 计算机控制系统的基本要求

计算机控制系统的控制对象是生产过程,其最终目标是实现生产过程自动化,提高生产效率,降低能耗,减轻工人的劳动强度。同时,计算机控制系统还应综合考虑自动化、计算机、检测及网络通信等技术领域的发展趋势和系统之间的互连技术需求。

一般说来,对计算机控制系统的基本要求如下:

1. 具有良好的实时性

实时性是控制对象按规定工艺运行的必要条件之一。对于不同的控制对象、不同的控制参数,其对系统的实时性具有不同的要求。例如,流量、压力的控制周期小于温度的控制周期,也就是说,流量和压力控制对系统的实时性要求高于温度控制对系统实时性的要求。

2. 具有高可靠性和较强的环境适应性

可靠性是控制对象或生产过程连续运行的根本保证。许多生产过程是连续运行的,计算机控制系统的故障将导致生产过程的中断。因此,要求计算机系统一旦出现故障,能迅速指出故障点和处理办法,便于立即修复。

有的控制对象或生产过程所处的环境是非常恶劣的,计算机控制系统往往安装在控制对象的附近(如各种变送器、执行机构等),这就要求系统能较强的适应高温、腐蚀、振动、冲击、灰尘等环境。工业环境电磁干扰严重,供电条件不良,要求计算机有较高的电磁兼容性,以确保系统的可靠性不会因环境的变化而受影响。

3. 采用标准化部件,便于扩充、升级和维护

计算机控制系统应尽量采用标准化部件,以免受到部件供应商的制约,同时便于对系统进行输入/输出点数的扩充和系统的功能性扩充。

4. 具有良好的人机界面和丰富的监视画面

根据目前的计算机技术,一个好的计算机控制系统的控制软件应基于 Windows 操作系统平台或其他具有图形界面的多任务操作系统平台。控制软件应提供丰富的操作画面,既要满足操作人员的操作习惯和较高的操作成功率,又要保证操作人员能够迅速处理生产过程的突发事件。

5. 具有良好的系统组态和可选的各种控制策略

计算机控制系统分为专用和通用两种类型。一个通用的工业控制计算机系统往往具有灵