



现代测试与控制丛书

本书含CD光盘1张

现代测控系统 典型应用实例

李江全 等编著

- ◆ 本书提供了11种典型的计算机测控应用系统，采用的硬件是主流的，设计任务是具体的，操作步骤是详细的，实现过程是完整的
- ◆ 本书的计算机采用PC或IPC，开发软件采用面向对象语言Visual Basic和监控组态软件KingView，符合当前测控领域的发展趋势
- ◆ 本书提供超值配套光盘，内容包括所有实例的源程序、教学视频、软硬件资源、组态王安装软件、电子课件等



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

现代测试与控制丛书

现代测控系统 典型应用实例

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从科学试验与工程应用的角度出发,全面系统地介绍了现代测控系统的典型应用实例,内容包括:基于PC与单片机、PC与智能仪器、PC与PLC、PC与PCI数据采集卡、PC与USB数据采集模块、PC与分布式I/O模块、PC与CAN总线模块、PC与无线数据传输模块、PC与GSM短信模块、虚拟仪器以及Internet网络等组成的测控系统。每个实例首先介绍相关的硬件技术,然后给出具体的测控线路和详细的程序设计步骤。

本书内容丰富,几乎涵盖所有的计算机测控应用系统,有较强的先进性、实用性和可操作性,突出程序设计,重在功能实现,这是本书的特色。

本书可供各类自动化、计算机应用、机电一体化、测控仪器等专业的大学生、研究生学习现代测控系统使用,也可供测控系统研发的工程技术人员参考。

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

现代测控系统典型应用实例/李江全等编著. —北京:电子工业出版社,2010.8

(现代测试与控制丛书)

ISBN 978-7-121-11509-7

I. ①现… II. ①李… III. ①自动检测系统 IV. ①TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第150851号

策划编辑:田宏峰

责任编辑:张来盛 文字编辑:陈晓猛

印 刷:北京季峰印刷有限公司

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:540千字

印 次:2010年8月第1次印刷

印 数:4000册 定价:45.00元(含CD光盘1张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

现代测控技术（包括测试与控制）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等多学科相互融合和渗透而形成的一门高新技术密集型综合学科，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测控系统。

随着科学技术的迅速发展，现代测控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。

现代测控技术已成为 21 世纪关键的信息技术之一。了解和掌握现代测控技术的基本理论和基本设计方法，已成为科学研究人员适应新形势、新技术发展的当务之急。

为了弥补现有测控技术类书籍在应用实践和程序设计方面的不足，提高广大学生学习的兴趣和设计测控系统的能力，我们编写了本书。

本书从科学试验与工程应用的角度出发，较全面和系统地介绍现代测控系统的典型应用实例，包括基于 PC 与单片机、PC 与智能仪器、PC 与 PLC、PC 与 PCI 数据采集卡、PC 与 USB 数据采集模块、PC 与分布式 I/O 模块、PC 与 CAN 总线模块、PC 与无线数据传输模块、PC 与 GSM 短信模块、虚拟仪器以及 Internet 网络等组成的测控系统。每个实例首先介绍相关的硬件技术，然后给出具体的测控系统线路和详细的程序设计步骤。

本书所有的测控系统均以温度为测量对象进行设计。主要出于三点考虑。

（1）温度是一个基本的物理量，几乎所有的科研和生产过程都和温度密切相关。有一个现象可以说明温度测控应用的普遍性和重要性：很多自动化产品供应商开发研制了专门的温度采集模块，如西门子公司为其 PLC 配置了 EM231 系列热电偶、热电阻扩展模块；研华科技公司生产了 ADAM 4011、4118 热电偶输入模块、ADAM 4013、4015 热电阻输入模块；广州致远单片机公司生产了 iCAN-5303 热电阻输入模块、iCAN-6202 热电偶输入模块等。而其他参数很少有专门的采集模块，而采用通用的输入模块。

（2）温度测控系统相对其他参量更容易搭建，需要的硬件少，读者不需要更换传感器和变送器即可实现书中介绍的所有软硬件技术，因此降低了读者硬件成本。

（3）所有系统均以温度测控为例进行讲解，设计任务也是相同的，便于读者学习时对不同方案进行比较，从而在设计时选取适合自己的测控系统。

温度参数属于模拟量，在进行计算机采集前，一般要将温度量通过温度变送器转换为 4~20 mA 的电流或 1~5 V 的电压信号。其他模拟量，如压力、物位、流量等参数也可通过相应的变送器转换为 4~20 mA 的电流或 1~5 V 的电压信号；加之，书中所选用的模块以标准电压输入为主，因此，只需更换传感器或变送器，本书介绍的测控系统及其程序设计方法就可用于其他模拟量如压力、物位、流量等参数的测量。

因此本书对读者学习计算机测控技术具有普遍的参考意义。

本书所有的硬件系统采用“搭积木”的设计思想，即选用符合要求的不同模块或器件，通过简单的线路连接，快速搭建各种类型的计算机测控系统，读者不需要自行设计电路和制作任何硬件。

在硬件系统搭建完成后，设计者的主要任务是开发测控程序。本书选取当前测控领域流行的面向对象语言 Visual Basic 和工控组态软件 KingView 作为开发工具。需要说明的是，本书仅提供关键的核心程序，即在程序运行画面中实时显示传感器检测的信号值，超限时输出开关控制信号等，其他如线性化、数字滤波、数据处理、误差分析、数字 PID 控制等与测控有关的算法程序，读者可以根据自己的系统需求自行设计。

本书提供完整的程序代码且全部在 Windows XP 环境下编译通过，并经过实际的测试，其中很多代码具有非常高的实用价值，读者可以直接拿来使用或者稍加修改便可用于自己的项目设计中。

淡化理论，建立测控系统整体概念，以工程实践为主，硬件系统设计采用“搭积木”方式，突出程序设计，重在功能实现，这是本书的特色，也是与已有测控系统类书籍不同的地方，相信对读者学习现代测控系统会有很大帮助。

本书内容丰富，几乎涵盖所有的计算机测控应用系统，有较强的先进性、实用性和可操作性，可供各类自动化、计算机应用、机电一体化、测控仪器等专业的大学生、研究生学习计算机测控技术使用，也可供计算机测控系统研发的工程技术人员参考。

为了方便读者学习，本书提供配套光盘，内容包括所有实例的源程序、教学视频、软硬件资源、组态王安装软件、电子课件等。

本书由石河子大学李江全、龚立娇、李亚萍、胡蓉等编著，由李江全教授策划并统稿。参与程序调试、资料收集、插图绘制和文字校核工作的人员还有田敏、刘恩博、查志华、郑重、李宏伟、张茜、郑瑶、朱东芹、任玲、鲁敏、王洪坤等老师，电子开发网、北京研华科技、北京亚控科技、西安达泰电子、石河子大学电气工程实验中心等单位或公司为本书的编写提供了宝贵的技术支持和帮助。编者借此机会对他们致以深深的谢意。

编者要特别感谢石河子大学研究生处教材出版项目对本书出版所给予的支持和帮助。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥或错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 计算机测控系统的含义与特点	1
0.2 计算机测控系统的任务和工作原理	4
0.3 计算机测控系统的输入/输出信号	6
0.4 计算机测控系统的组成	7
0.5 计算机测控系统的典型结构	11
0.6 现代测控技术的发展特点	15
第 1 章 基于 PC 与单片机的测控系统	17
1.1 典型单片机实验开发板简介	17
1.1.1 单片机概述	17
1.1.2 单片机实验开发板 B 的组成	18
1.1.3 单片机实验开发板的主要电路	19
1.2 PC 与单片机实验开发板组成的测控系统程序设计	23
1.2.1 系统组成	23
1.2.2 设计任务	25
1.2.3 任务实现	26
第 2 章 基于 PC 与智能仪器的测控系统	47
2.1 典型智能仪器简介	47
2.1.1 智能仪器概述	47
2.1.2 XMT-3000A 型智能仪器的特点	48
2.1.3 XMT-3000A 型智能仪器的通信协议	49
2.1.4 PC 与 XMT-3000A 型智能仪器串口通信调试	51
2.2 PC 与智能仪器组成的测控系统程序设计	53
2.2.1 系统组成	53
2.2.2 设计任务	55
2.2.3 任务实现	55
第 3 章 基于 PC 与 PLC 的测控系统	82
3.1 典型 PLC 简介	82
3.1.1 PLC 概述	82
3.1.2 S7-200 系列 PLC 的特点	83
3.1.3 S7-200 系列 PLC 的硬件系统	84
3.1.4 S7-200 系列 PLC 的编程软件和显示面板	86

3.1.5	S7-200 PLC 的通信与网络功能	88
3.2	PC 与 S7-200 PLC 组成的测控系统程序设计	90
3.2.1	系统组成	90
3.2.2	设计任务	91
3.2.3	任务实现	91
第 4 章	基于 PC 与 PCI 数据采集卡的测控系统	102
4.1	典型数据采集卡简介	102
4.1.1	数据采集卡概述	102
4.1.2	基于 PC 的 DAQ 系统组成	104
4.1.3	PCI-1710HG 数据采集卡的功能	107
4.1.4	用 PCI-1710HG 数据采集卡组成的测控系统	107
4.1.5	PCI-1710HG 数据采集卡的安装	110
4.1.6	PCI-1710HG 数据采集卡的测试	112
4.1.7	ActiveDAQ 控件的安装	114
4.2	PC 与数据采集卡组成的测控系统程序设计	115
4.2.1	系统组成	115
4.2.2	设计任务	116
4.2.3	任务实现	116
第 5 章	基于 PC 与 USB 数据采集模块的测控系统	137
5.1	USB 总线在数据采集系统中的应用	137
5.1.1	USB 总线技术概述	137
5.1.2	USB 总线数据采集的优点	138
5.1.3	采用 USB 传输的数据采集系统	139
5.1.4	典型 USB 数据采集板简介	141
5.2	PC 与 USB 数据采集板组成的测控系统程序设计	147
5.2.1	系统组成	147
5.2.2	设计任务	147
5.2.3	任务实现	148
第 6 章	基于 PC 与分布式 I/O 模块的测控系统	156
6.1	典型分布式 I/O 模块简介	156
6.1.1	集散控制系统概述	156
6.1.2	ADAM 4000 系列模块的功能特点	158
6.1.3	ADAM 4000 远程数据采集控制系统	159
6.1.4	ADAM 4000 系列模拟量输入模块	160
6.1.5	ADAM 4000 系列数字量输入/输出模块	163
6.1.6	ADAM 4000 系列模块的软件安装	166

6.2	PC 与分布式 I/O 模块组成的测控系统程序设计	168
6.2.1	系统组成	168
6.2.2	设计任务	169
6.2.3	任务实现	169
第 7 章	基于 PC 与 CAN 总线模块的测控系统	179
7.1	典型 CAN 总线功能模块简介	179
7.1.1	现场总线控制技术概述	179
7.1.2	iCAN 系列功能模块	181
7.1.3	iCAN-4017 AI 功能模块	185
7.2	PC 与 CAN 总线模块组成的测控系统程序设计	193
7.2.1	系统组成	193
7.2.2	设计任务	194
7.2.3	任务实现	194
第 8 章	基于 PC 与无线数据传输模块的测控系统	205
8.1	典型无线数据传输模块简介	205
8.1.1	无线数据传输技术概述	205
8.1.2	DTD46X 系列无线数据传输模块	207
8.2	PC 与无线数据传输模块组成的测控系统程序设计	212
8.2.1	系统组成	212
8.2.2	设计任务	213
8.2.3	任务实现	213
第 9 章	基于 PC 与 GSM 短信模块的测控系统	243
9.1	GSM 网络短信测控技术	243
9.1.1	GSM 短信测控系统	243
9.1.2	GSM 短信模块	246
9.1.3	AT 指令介绍	247
9.1.4	超级终端的使用	251
9.2	PC 与 GSM 短信模块组成的测控系统程序设计	256
9.2.1	系统组成	256
9.2.2	设计任务	257
9.2.3	任务实现	257
第 10 章	基于虚拟仪器的测控系统	281
10.1	虚拟仪器概述	281
10.1.1	虚拟仪器的基本结构	281
10.1.2	虚拟仪器的构成方式	282
10.1.3	构建虚拟仪器的步骤	284

10.1.4	虚拟仪器的开发平台	285
10.1.5	虚拟仪器的应用	287
10.2	典型虚拟仪器数据采集卡简介	287
10.2.1	PCI-6023E 数据采集卡的功能	287
10.2.2	安装 DAQ 设备驱动程序	289
10.2.3	数据采集卡的参数设置与测试	291
10.3	基于虚拟仪器的测控系统程序设计	294
10.3.1	系统组成	294
10.3.2	设计任务	295
10.3.3	任务实现	295
第 11 章	基于 Internet 网络的测控系统	305
11.1	网络化测控系统概述	305
11.1.1	工业测控网络	305
11.1.2	工业以太网	308
11.2	基于组态王的网络化温度测控	311
11.2.1	组态王的网络功能	312
11.2.2	组态王中 Web 的配置	314
11.2.3	在 IE 浏览器端浏览	317
11.3	基于 VB 与 ASP 的网络化温度测控	319
11.3.1	系统组成	319
11.3.2	设计任务	320
11.3.3	任务实现	320
参考文献		329

第0章 绪 论

现代测控技术是建立在计算机信息基础上的一门新兴技术，包括计算机自动测量和计算机控制两大部分，它是测量技术、自动控制技术、计算机科学与技术、微电子技术、通信技术和网络技术等多种技术互相结合、互相渗透、综合发展的新兴学科，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测控系统。

计算机测控系统作为当今工业控制的主流系统，已取代常规的模拟检测、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。

0.1 计算机测控系统的含义与特点

1. 测控系统的含义

在工程实践的过程中，需要采取各种方法以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某一客观事物的进程结果，达到一定的目的，这种操作称为控制。

按照任务的不同，测控系统可以分为三大类，即检测系统、控制系统和测控系统。

- 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。
- 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。
- 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。

所谓计算机测控，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）转换为电参量（如电压、电流），再将这些代表实际物理参量的电参量送入输入装置中并转换为计算机可识别的数字量，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解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。

计算机测控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、家庭自动化等人类活动的各个领域。

以工厂自动化为例，计算机在工业生产过程中的应用始于 20 世纪 60 年代初期，首先是

用于化学工业生产过程的自动控制,当时,只是用计算机实现了简单的程序控制。20 世纪 70 年代以后,随着微处理机的出现和大量应用,工业生产过程控制的概念已经发生了很大的变化。今天,计算机已经大量进入各个工业部门,承担着生产过程的控制、监督和管理等任务。在工厂的控制室里,如图 0-1 所示,操作人员可以通过显示终端对生产过程进行监督和操纵,键盘和显示屏幕替代了庞大的控制仪表盘以及大量的开关和按钮,控制室已变得越来越小,只需很少几个人就能完成对生产过程进行监督 and 操纵的任务。

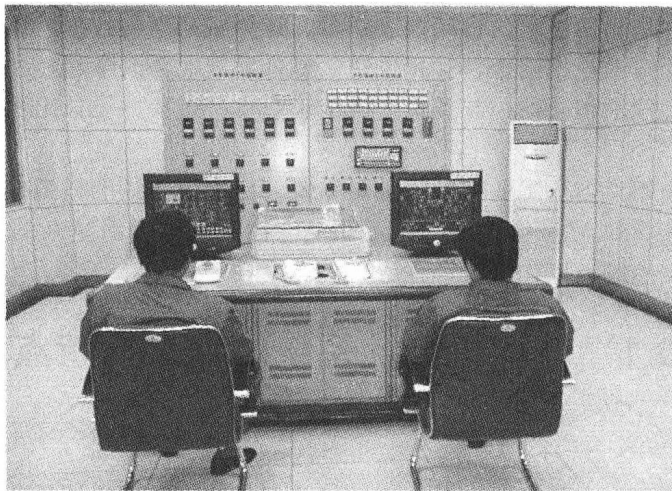


图 0-1 某热电厂锅炉计算机控制室

计算机在测控领域中的应用有力地推动了自动控制技术的发展,扩大了控制技术在工业生产中的应用范围,使大规模的工业自动化系统发展到了崭新的阶段。

随着科学技术的迅速发展,计算机测控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。

2. 测控系统微机化的重要意义

传统的测控系统主要由“测控电路”组成,所具备的功能较少,也比较弱。随着计算机技术的迅速发展,使得传统的测控系统发生了根本性的变革,即采用微型计算机作为测控系统的主体和核心,替代传统测控系统的常规电子线路,从而成为新一代的微机化测控系统。由于微型计算机的速度快、精度高、存储容量大、功能强及可编程等特点,将微型计算机引入测控系统中,不仅可以解决传统测控系统不能解决的问题,而且还能简化电路、增加或增强功能、提高测控精度和可靠性,显著增强测控系统的自动化、智能化程度,可以缩短系统研制周期,降低成本,易于升级换代等。因此,现代测控系统设计,特别是高精度、高性能、多功能的测控系统,目前已很少有采用计算机技术的了。在当今,完全可以这样说,没有微处理器的仪器就不能称为仪器,没有微型计算机的测控系统就更不能称其为现代工业测控系统。

计算机技术的引入,为测控系统带来以下一些新特点和新功能。

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

- 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。
- 多点快速测控。可对多种不同参数进行快速测量和控制。
- 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。
- 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。
- 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,如统计分析、检索排序、函数变换、差值近似和频谱分析等。
- 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,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。
- 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,增强测控系统的个性或特色。
- 通信或网络功能。利用计算机的数据通信功能,可以大大增强测控系统的外部接口功能和数据传输功能。采用网络功能的测控系统则将拓展一系列新颖的功能。
- 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,可显示故障部位或可能的故障原因,并提示排除故障的方法。

通过应用计算机测控技术,可以稳定和优化生产工艺,提高产品质量,降低能源和原材料的消耗,降低生产成本;更为重要的是通过应用计算机测控技术还可以降低劳动者的生产强度,提高领导者的管理水平,从而带来极大的社会效益。正因为如此,计算机测控技术得到了迅速的发展。

3. 计算机测控系统的特点

计算机测控系统和一般常规测控系统相比,有如下突出特点。

- 技术集成和系统复杂程度高。计算机测控系统是计算机、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。
- 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,这样就可以避免爆炸的危险。实时性是区别于普通计算机系统的关键特点,也是衡量计算机控制系统性能的一个重要指标。
- 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、冗余、可靠性技术和系统的自诊断功能,计算机测控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。
- 环境适应性强。工业环境恶劣,要求工业控制机能适应高温、高湿、腐蚀、震动、冲击、灰尘等工业环境。一般的工业控制机有较高的电磁兼容性。
- 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。

- 应用的灵活性。由于软件功能丰富、编程方便和硬件体积小、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测控系统的一些特点。

0.2 计算机测控系统的任务和工作原理

1. 计算机测控系统的任务

下面以生产过程控制系统为例来说明计算机测控系统的任务，因为它比较集中地体现了计算机测控系统的各种功能。如图 0-2 所示，计算机测控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、工程师和操作人员提供所需要的信息。

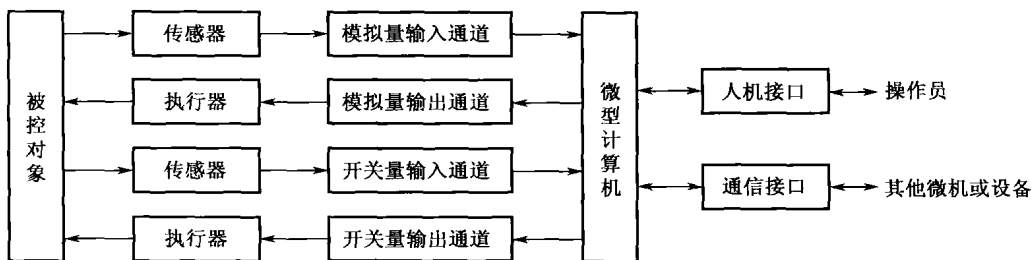


图 0-2 某生产过程控制系统框图

由此可以看出，计算机测控系统应当完成下列任务：

1) 检测

生产过程参数的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？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（如智能仪表），可以直接给出数字量信息。

2) 控制

对生产装置的控制通常是通过对阀门或伺服机构等执行机构进行调节的，通过对泵和电动机进行控制来达到的。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起动或停止某个电动机，也可通过 D/A 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。

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。

3) 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态和做出改进生产状况的各种决策。

4) 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实时地交换信息。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。

2. 计算机测控系统的工作原理

下面以一个计算机温度测控系统来简要地说明计算机测控系统的工作原理，图 0-3 为系统组成示意图。

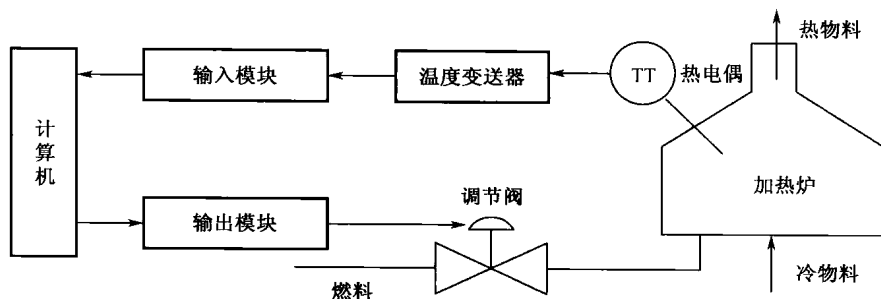


图 0-3 计算机温度测控系统

根据工艺要求，该系统要求加热炉的炉温控制在给定的范围内或者按照一定的时间曲线变化。由于存在着各种干扰，使用计算机进行控制，并在显示器上用数字或图形实时地显示温度值。

假设加热炉使用的燃料为重油，并使用调节阀作为执行机构，使用热电偶来测量加热炉炉内的温度。热电偶把检测信号（电势信号）送入温度变送器，将其转换为电压信号（1~5 V），再将该电压信号送入输入装置。输入装置可以是一个模块也可以是一块板卡，它将检测到的信号转换为计算机可以识别的数字信号。计算机软件根据该数字信号按照一定的控制算法进行计算，计算出来的结果通过输出模块转换为可以推动调节阀动作的电流信号（4~20 mA）。通过改变调节阀的阀门开度即可以改变燃料流量的大小，从而达到控制加热炉

炉温的目的。与此同时,计算机中的软件还可以将与炉温相对应的数字信号以数值或图形的形式在计算机的显示器屏幕上显示出来。操作人员可以利用计算机的键盘和鼠标输入炉温的设定值,由此实现计算机监控的目的。

上述温度监控计算机系统对生产过程实现自动控制可以分解为四个过程:

(1) 生产过程的被控参量(过程信号)通过测量环节转化为相应的电参量或电参数,再由变送器或放大器变换成标准的电压或电流信号;

(2) 电压或电流信号经过 A/D 转换后变成计算机可以识别的数字信号,并将其转换为人们易于理解的工程量(测量值);

(3) 计算机根据测量值与给定值的偏差,按一定的控制算法输出控制信号;

(4) 控制信号作用于执行机构,通过调节物料流量或能量的大小来实现对生产过程的调节。

以上这四个过程是周期性的。

0.3 计算机测控系统的输入/输出信号

工业生产过程实现计算机测控的前提是,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。在实际工程中,通常将电信号分为模拟量信号和开关量信号。

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 4~20 mA 的电流信号或 1~5 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,但它对于干扰信号很敏感,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进行零漂修正、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,这种情况下 D/A 变换器就成了一个函数发生器。

模拟信号的常用规格如下所述。

1) 1~5 V 电压信号

1~5 V 电压信号规格通常用于计算机测控系统的过程通道。工程量的量程下限值对应的电压信号为 1 V,工程量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 1~5 V 电压信号,用于控制执行机构。

2) 4~20 mA 电流信号

4~20 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 4~20 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 (4~20 mA) 后再送给过程通道。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 (4~20 mA) 后再送到过程通道。

对于采用 4~20 mA 电流信号的系统, 只需采用 250 Ω 的电阻就可将其变换为 1~5 V 直流电压信号。

2. 开关量信号

有许多的现场设备往往只对应于两种状态, 例如, 按钮、行程开关的闭合和断开、电动机的起动和停止、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的, 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。触点又有动合和动开之分, 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。输出触点也有动合和动开之分。

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。

对于开关量输出信号, 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的, 继电器输出则是通过继电器触点的通断来提供信号的。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。对于电压输入, 又可分为直流电压和交流电压, 相应的电压幅值可以为 5 V、12 V、24 V 和 48 V 等。

针对某个生产过程设计一套计算机测控系统, 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。

0.4 计算机测控系统的组成

计算机测控系统和一般计算机系统一样, 也是由硬件和软件两部分组成的, 如图 0-4 所示。

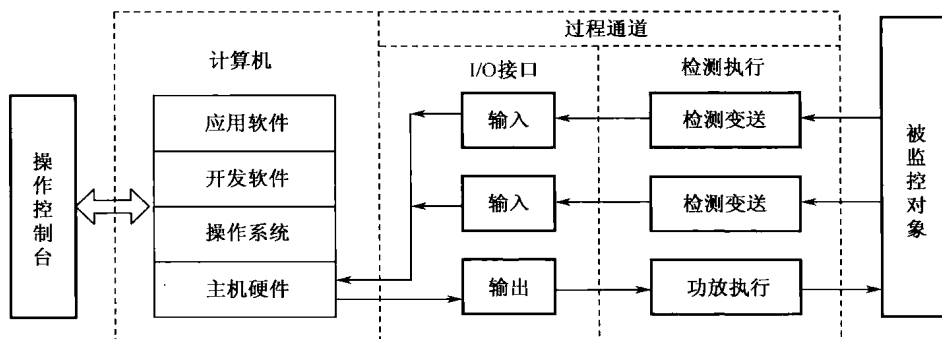


图 0-4 计算机控制系统组成原理简图

1. 计算机测控系统的硬件组成

计算机测控系统的硬件部分一般由计算机主机、过程通道、操作控制台、被监控对象（生产机械或生产过程）等部分组成。

1) 计算机主机

由微处理器、内存储器及系统总线组成的计算机主机是整个计算机测控系统的核心，它的功能、性能直接影响到系统的优劣。主机按照预先存放在内存中的程序指令，由过程输入通道不断地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信息处理、分析和计算，做出相应的控制决策，并通过过程输出通道向被控对象及时地发出控制命令，以实现对被控对象的自动控制。

目前，所采用的主机有单片机、PLC 和工业 PC（工控机）等。在实际应用中，应根据应用规模、控制目的和控制需要等选用性价比高的计算机，例如，对于小型控制系统、智能仪表及智能化接口，尽量采用单片机模式；对于新产品开发或用量较大，为了降低成本，也可采用单片机模式；对于中等规模的控制系统，为了加快系统的开发速度，可以选用 PLC 或工控机，应用软件可自行开发；对于大型的生产过程控制系统，最好选用工控机、专用 DCS 或 FCS，软件可自行开发或购买现成的组态软件。

如果控制现场环境比较好，对可靠性的要求又不是特别高，可以选择普通的个人计算机，否则还是选择工控机为宜。在主机的配置上，以留有余地、满足需要为原则，不一定要选择最高档的配置。

2) 过程通道

过程通道是计算机主机与生产过程被控对象之间进行信息传递和变换的连接装置。根据信号传送方向，可分为输入通道和输出通道；根据传送信号的形式，又可分为模拟量通道和开关量通道。目前工业上使用最多的是板卡式过程通道，其次是远程 I/O 模块。

(1) 模拟量输入通道。在微机测控系统中，为了实现对生产过程或其他设备或周围环境的测量和控制，首先必须对各种模拟量参数如温度、压力、流量、成分、液位、速度、距离等进行采集，为此，要用传感器和变送器将采集量变成标准的电信号，通过滤波放大，经 A/D 转换器转换成计算机能接收的数字量。

(2) 模拟量输出通道。目前工业生产中使用的执行机构，其控制信号基本上是模拟的电压或电流信号。因此计算机输出的数字信号必须经 D/A 转换器变为模拟量后，方能去控制执