



高等学校仪器仪表及自动化类专业规划教材

现代测控技术

主 编 吕 辉

副主编 陈中柱 李 纲 李续武



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校仪器仪表及自动化类专业规划教材

现代测控技术

主 编 吕 辉

副主编 陈中柱 李 纲 李续武

参 编 华继学 李成海 张延曹 雷虎民

孙 炜 程智峰 张林锋

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

现代意义上的检测与控制系统是以微型计算机为核心,完成自动化检测并实现过程控制,在不同程度上具有“智能”的系统。本书内容分为三个部分:现代检测技术、计算机控制技术、智能控制基础。书中以现代测控系统所涉及的理论和技术为主线,理论联系实际,尽量反映该领域的最新研究成果。

本书可作为自动控制、计算机科学与技术及相关专业本科高年级学生或研究生教材,也可供从事相关专业领域工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代测控技术/吕辉主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2006.5

ISBN 7 - 5606 - 1665 - 8

I. 现… II. 吕… III. ① 预测控制 ② 计算机控制系统 ③ 智能控制
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 028259 号

策 划 陈宇光

责任编辑 龙 晖 陈宇光

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfbx@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2006年5月第1版 2006年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 16.625

字 数 388千字

印 数 1~4000册

定 价 20.00元

ISBN 7 - 5606 - 1665 - 8/TP · 0404

XDUP 1957001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

现代意义上的检测与控制系统是以微型计算机为核心,完成较高层次自动化检测并实现过程控制,在不同程度上具有“智能”的系统。测控系统本质上是通过获取和处理的,实施物理过程的控制,并实现一定意义上的“最佳”。

现代检测技术涉及测量、检验、故障诊断、信息处理和决策输出等多种技术。从广义上讲,它包括以嵌入式处理器为核心的智能仪器仪表、以PC机为核心的自动检测系统和辅助专家系统。

20世纪20年代人们基于反馈系统的研究,奠定了自动控制的理论基础,并逐步形成了经典控制理论。进入60年代以后,由于空间技术的需要和计算机技术的飞速发展,以多变量控制为特征的现代控制理论得到了重大发展。自70年代开始,大系统理论及其应用逐渐形成了一个专门领域,结合现代控制理论,形成了控制科学与技术完整的理论体系。但是无论是现代控制理论还是大系统理论,其分析、综合和设计都是建立在严格和精确的数学模型基础之上的。而科学技术与生产力水平的高速发展,对大规模、复杂和不确定性系统实现自动控制的要求也在不断提高。因此,传统的基于精确数学模型的控制理论出现了明显的局限性。针对被控对象、环境、控制目标或任务的复杂性和不确定性,随着计算机科学与技术、人工智能、信息科学和人工神经网络等学科的发展,模拟人类智能实现对不确定复杂系统的控制,已达到了较理想的效果,这就产生了智能控制理论和方法。

由于现代检测技术和控制技术在国民经济和军事领域的广泛应用,越来越多的科技人员需要了解并掌握现代测控技术。适应这种社会需求,正是本书编写的目的。

现代测控技术是现代检测技术与现代控制技术的综合。全书分为10章。第1章为现代测控技术概论;第2章介绍现代测控系统的体系结构;第3、4章介绍检测技术;第5、6章介绍计算机控制系统理论和技术;第7、8、9、10章介绍智能控制理论的方法。

本书编写的指导思想,一是以现代测控系统所涉及的理论和技術为主线,形成测控系统的完整概念;二是突出重点,理论联系实际,为工程应用打下基础;三是尽可能反映该领域的最新研究成果。编写力求概念清晰,叙述简明,真正使读者“开卷有益”。

本书可作为自动控制、计算机科学与技术及相关专业的本科高年级学生或研究生教材,也可供从事相关专业领域工作的工程技术人员参考。

本书是集体劳动成果,是作者多年来从事教学科研的经验积累。在编写过程中,参阅了大量文献资料,在此,作者表示诚挚的谢意。

本书的编写,由吕辉教授提出了编写提纲,并完成了第1、4、5、6章的书稿;陈中柱副教授撰写了第2、3章;李纲副教授(博士)撰写了第7、8、9、10章。其他编者分别参与了初稿的编写和讨论,全书由吕辉、张林锋统稿。在本书的编写过程中,作者得到了空军工程大学导弹学院领导和机关的关心和支持,更得到了西安电子科技大学出版社的鼓励和帮助,使本书得以顺利出版。

感谢读者阅读本书,不妥之处欢迎批评指正。

编 者

2006年2月

目 录

第 1 章 现代测控技术概论	1
1.1 现代测控技术的定义	1
1.2 数据采集系统概述	1
1.2.1 通用的数据采集系统	1
1.2.2 遥测(遥感)数据采集系统	3
1.2.3 数据采集系统的性能指标	4
1.3 计算机控制系统概述	7
1.3.1 微机过程控制系统的基本组成	7
1.3.2 计算机控制系统的类别及要求	8
1.3.3 计算机控制系统的性能指标	9
1.4 现代测控系统概述	10
1.4.1 计算机测控系统的基本类型	10
1.4.2 计算机测控系统的组成	13
1.4.3 现代测控技术的发展趋向	15
1.5 现代测控系统中计算机的地位和作用	17
1.6 现代测控技术研究的主要内容	18
第 2 章 现代测控系统的体系结构	22
2.1 现代测控系统的组成方式与结构设计	22
2.1.1 现代测控系统的组成方式	22
2.1.2 现代测控系统的结构设计	24
2.2 嵌入式微机系统	27
2.2.1 基于通用微处理器的嵌入式微机系统	28
2.2.2 基于专用微处理器的嵌入式微机系统	28
2.3 总线与总线接口技术	32
2.3.1 ISA 并行总线及接口标准	32
2.3.2 串行总线及接口标准	36
2.4 现场总线技术概述	40
2.4.1 现场总线技术主要涉及的内容	41
2.4.2 基于以太网技术的现场总线	42
第 3 章 自动检测系统的设计与工程实现	43
3.1 自动检测系统的组成	43
3.1.1 自动检测系统的硬件配置	43
3.1.2 自动检测系统的软件配置	44
3.2 传感器	45
3.2.1 传感器的分类及常用传感器简介	45
3.2.2 传感器的主要性能指标	53
3.2.3 传感器的发展趋势	54
3.3 模拟量输入通道设计	55

3.3.1	模拟量输入通道设计中应考虑的几个问题	55
3.3.2	模拟量输入通道的一般结构	56
3.3.3	信号调理	57
3.3.4	模拟多路开关	71
3.3.5	A/D转换器	76
3.3.6	自动量程转换	85
3.3.7	自动误差校正	87
3.4	数字量输入通道设计	88
3.4.1	数字量输入通道的一般结构	88
3.4.2	数字量信号的采集方法	89
3.5	自动检测系统中的抗干扰技术	90
3.5.1	自动检测系统中常见的干扰	90
3.5.2	自动检测系统中常用的抗干扰技术	91
3.6	计算机虚拟仪器简介	94
第4章	计算机控制系统理论基础	96
4.1	自动控制系统的基本原理	97
4.1.1	自动控制系统的工作原理	97
4.1.2	自动控制的基本方式	100
4.1.3	对控制系统的基本要求	101
4.2	计算机控制系统的一般构成	101
4.2.1	一般概念	102
4.2.2	计算机控制系统的组成	103
4.2.3	微机控制系统的分类	104
4.3	采样与保持	108
4.3.1	采样与量化	108
4.3.2	保持器	110
4.4	线性常系数差分方程	113
4.4.1	由微分方程到差分方程	114
4.4.2	常系数线性差分方程的解	114
4.5	Z变换的定义及基本性质	117
4.5.1	Z变换的定义	117
4.5.2	Z变换的基本性质和基本定理	118
4.5.3	Z变换的求法	120
4.6	Z反变换	123
4.6.1	求Z反变换的方法	123
4.6.2	关于Z变换的几点说明	127
4.6.3	用Z变换求解差分方程	128
4.7	改进Z变换(广义Z变换)	129
4.7.1	广义Z变换的定义	129
4.7.2	广义Z变换的应用	131
第5章	线性离散系统的数学描述	133
5.1	z 传递函数	133
5.1.1	线性离散系统的 z 传递函数的定义	133

5.1.2	z 传递函数的获得	134
5.1.3	组合环节的传递函数	136
5.1.4	闭环系统的 z 传递函数	137
5.2	离散状态空间表达式	138
5.2.1	基本概念	138
5.2.2	离散状态空间表达式的建立	141
5.2.3	化系统的 z 传递函数为离散空间表达式	144
5.3	数字系统的实现	152
5.3.1	数字滤波器的概念	152
5.3.2	数字系统的实现方式	153
5.4	离散系统状态方程的求解	158
5.4.1	离散系统的特征方程式	158
5.4.2	离散系统的传递矩阵	158
5.4.3	离散状态方程的解	159
5.5	计算机控制系统的状态空间表达式	161
5.5.1	线性定常连续系统状态方程及其求解	161
5.5.2	连续环节的离散状态方程	164
5.6	线性离散系统的稳定性分析	165
5.6.1	z 域稳定性分析	166
5.6.2	时域稳定性分析	172
5.6.3	稳态误差	176
5.6.4	动态误差	179
第 6 章	计算机控制系统的综合与设计	180
6.1	概述	180
6.1.1	离散化分析	180
6.1.2	模拟化分析	181
6.2	动态校正的计算机实现方法——模拟化设计	182
6.2.1	PID 调节数字化	182
6.2.2	数字滤波器法	184
6.3	数字控制器的直接设计方法——离散化设计	187
6.3.1	最少拍无差系统设计	188
6.3.2	最少拍无波纹系统设计	196
第 7 章	智能控制理论与技术	199
7.1	智能控制的概念	199
7.1.1	智能控制二元交集论	199
7.1.2	智能控制三元交集论	199
7.1.3	智能控制四元交集论	199
7.2	智能控制的性能和特点	200
7.2.1	智能控制的性能	200
7.2.2	智能控制的特点	200
7.3	智能控制的结构	201
7.3.1	智能控制的一般结构	201
7.3.2	分级递阶智能控制结构	202

7.4	智能控制系统的类型	203
7.5	智能控制的发展概况	205
第8章	神经网络控制理论与技术	207
8.1	神经网络的概念	207
8.2	神经网络的特点	207
8.3	神经网络计算机理	208
8.3.1	神经元模型	208
8.3.2	神经网络动态特性	209
8.3.3	神经网络连接模式	210
8.3.4	学习和训练方式	212
8.4	常用神经网络的模型	213
8.4.1	BP神经网络	213
8.4.2	Hopfield神经网络	216
8.4.3	CMAC神经网络	217
8.5	神经网络模型辨识	218
8.6	神经网络控制	222
8.7	神经网络自适应控制	225
8.7.1	引言	225
8.7.2	神经网络自校正控制	225
8.7.3	神经网络模型参考自适应控制	227
8.7.4	神经网络自适应控制中存在的问题	229
第9章	模糊控制理论与技术	231
9.1	引言	231
9.2	模糊控制的概念及原理	231
9.2.1	模糊控制的概念	231
9.2.2	模糊控制的原理	232
9.3	模糊控制器的模式	232
9.4	模糊控制器的设计	236
9.4.1	模糊控制器的结构形式选择	236
9.4.2	模糊控制器的控制规则设计	237
9.4.3	模糊控制规则的调整设计	240
9.5	模糊自适应控制	240
9.5.1	引言	240
9.5.2	模糊控制原理及控制器设计综述	240
9.5.3	自适应模糊控制器的构成及其设计	241
9.5.4	模糊自适应控制系统的设计考虑	244
9.5.5	模糊模型参考自适应控制设计	245
第10章	自适应逆控制理论	248
10.1	自适应逆控制的概念及原理	248
10.2	自适应逆控制的特点	248
10.3	逆对象模型的建立	249
10.3.1	最小相位对象逆的建立	249

10.3.2 非最小相位对象逆的建立	249
10.3.3 延时对象逆的建立	250
10.4 模型参考对象逆的建立	251
10.5 有干扰时对象逆的建立	251
10.6 对象扰动和噪声的消除	252
10.7 自适应逆控制	252
10.7.1 逆模型串接在对象输入端的自适应逆控制系统	252
10.7.2 逆模型串接在对象输出端的自适应逆控制系统	253
10.7.3 具有离线逆建模的自适应逆控制系统	253
10.7.4 一种显示模型跟随逆控制系统	254
参考文献	255

第 1 章 现代测控技术概论

1.1 现代测控技术的定义

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。它是自动控制、计算机科学与技术、微电子学和通信技术等多种学科、多种技术互相结合,互相渗透,综合发展的新学科领域。

人类在工程实践的过程中,一种需求是要采取各种方法获得反映客观事物或对象的运动属性的各种数据、记录并进行必要的处理,这种技术称为“测量”。另一种需求是要采取各种方法支配或约束某一客观事物或对象的运动过程,达到一定的目的,这种技术称为“控制”。“测量”和“控制”是人类认识世界和改造世界的两项工作任务。相应地,人们就要研制和发展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测控技术。

测控仪器或测控系统按照任务的不同,可以分为三大类,即检测系统、控制系统和测控系统。

(1) 检测系统。它单纯以测试或检测为目的,主要实现数据的采集,所以又称为数据采集系统。

(2) 控制系统。它单纯以控制为目的,使控制对象实现预期的要求。控制系统又可分为开环控制系统和闭环控制系统。

(3) 测控系统。它是以微机为核心,测控一体化的系统。

工程上,大量的实际系统都是测控系统,都是通过对大量数据进行采集、存储、处理、传输,使控制对象实现预期要求的,这种系统往往都是闭环控制系统。

1.2 数据采集系统概述

1.2.1 通用的数据采集系统

现代数据采集系统是使用微机控制多路数据自动检测或巡回检测,并能对数据进行存储、处理、分析、计算以及从测试数据中提取有用信息供显示、记录、打印或描绘的系统。数据采集系统本身可以是独立的系统,如某种智能仪表或自动化测试系统;也可以是从属的,如过程控制系统中过程变量检测的输入通道,或称数据采集子系统等。但不论其作何种应用,数据采集系统或采集子系统都存在一些共同的技术问题,有共同的基本组成结构和共同的任务要求。

现代数据采集系统的基本组成框图如图 1-1 所示。

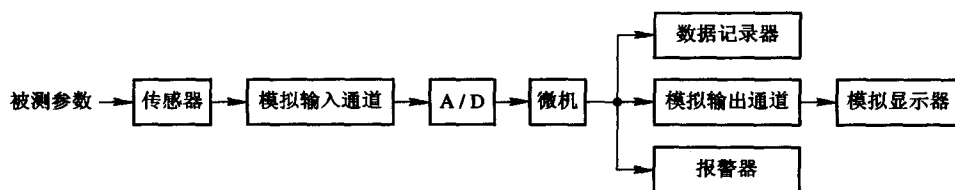


图 1-1 数据采集系统的基本组成框图

1. 数据输入

数据输入主要有以下几部分：

(1) 信号传感器。传感器的功能是将被测对象的各种物理量转换为电信号，这些信号可以是模拟信号，也可以是数字信号，或者是开关量，它们送入微机时都必须是数字信号。

(2) 输入通道。通过多路开关分时切换，分别接通多个通道，引入微机。

(3) 数据转换(A/D)。对传感器采集的信号进行必要的转换(包括预处理)，使进入计算机的数据是二进制数字信号。

2. 数据存储与管理

根据采集数据任务的需要，有时需要将大量的原始数据在进行处理之前作暂时存储。记录可以采用各种方式，未数字化的模拟信号可以直接存储在磁带上，而更多的场合是将模拟信号数字化以后存放在存储器或磁盘中。故通用的数据采集系统中常带有各种存储器和记录器。微机可以直接管理存储和记录工作，也可通过建立或使用公用数据库，对数据进行管理和调用。

3. 数据处理

数据处理是在微机中进行的。通过数据处理，使数据采集系统从原始数据中得到有用的信息。

数据处理的主要功能有：

(1) 预处理。从原始数据中滤除噪声、干扰或其它非信号数据，从而提取能反映对象状态特征的信息。

(2) 数据的分类和检索。对数据进行分类便于检索；对数据进行统计，计算特征参数，以了解数据的状态分布，从而得到某些更能表达对象内在特征的二次数据，所以也称为二次处理。例如，时域数据经离散傅里叶变换可以得到频域特性。

(3) 输出变换。将经过加工处理后的数据恢复成原来的物理量形式，转换成屏幕显示数据或在其它输出设备上输出数据。

按微机对数据的处理方式，可将数据处理分为在线实时处理和离线事后处理。一般，在线处理是在数据采集之后立即对数据进行某些预处理，进而实施实时控制，这种处理在时间上是受严格限制的，因而在在线处理常是作一些简单的基本预处理，处理的数据量也有限，主要应用在工业生产实时监视或控制等场合。而离线处理是先把数据记录或存储起来，离线后再处理，使微机有比较充裕的时间进行一些复杂的、大数据量的运算，多属于

二次处理的内容。

总之，依靠微机处理数据的能力，可实现许多智能化的功能。这是一般电子仪表和自动化仪表难以实现的任务。过去往往在测试过程中，要配合人力作相应的分析计算，或者需要复杂的电子线路用模拟算法来配合。

(4) 数据输出及显示。经处理后得到的有用信息数据要经过适当分配进行输出，还可以通过多种方式显示、打印、描绘出来，便于人们观察了解。对于用于过程控制的数据采集系统，则需要将实际采集量与给定量进行比较，产生控制调节器的误差信号，以实现信息的控制。对于要远距离传输的控制信号，则要通过串行总线及标准总线接口传送。这些工作也直接在微机控制下进行。

综上所述，以微机为核心的通用数据采集系统的功能结构框图如图 1-2 所示。数据输入通道实现对被测对象的物理量进行数据采集，经过计算机处理后，通过输出通道实现数据打印、显示或其它形式的输出。微机与输入/输出通道的连接以及微机系统内部的连接，通过总线与接口实现。

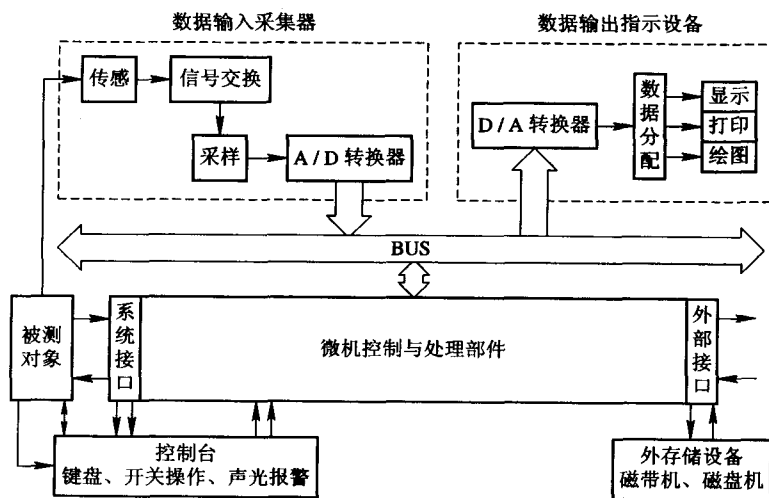


图 1-2 数据采集系统的功能结构框图

1.2.2 遥测(遥感)数据采集系统

如果被测对象信号源远离数据采集系统或计算机，或超出人们能进入的区域，如运载火箭、海洋深处或危险区域，则需要采用遥测或遥感技术。遥测(遥感)系统的组成框图如图 1-3 所示。



图 1-3 遥测(遥感)系统的组成框图

数据输入采集器和处理显示装置均远离被测参数的一方时，需要通过媒介遥感接收信号源的信号。例如，信息的载体可能发射光、紫外射线、红外射线、微波或其它放射线，它

们被远地的检测敏感元件感受,从而获取信息。例如,根据信息载体发出红外线,可以分析得出载体的温度变化。这种依靠被测物体本身发射信息获得遥感的方法,称为无源遥感。

无源遥感的信息强度较弱,有的场合也可以采用所谓的有源遥感。有源遥感可以在被测物体附近或者在检测装置上装激光器、声纳(声波定位器)、雷达(无线电探测器)或振荡源等,依靠它们发出的光、超声波及电磁波射向被测物体,然后检测出由被测物体返回来的信号,从中提取有用信息,达到检测的目的。

无论是遥测或遥感,信号均要通过媒介或信道作长距离的传输,信噪比显然很低。要从被淹没在噪声、射频干扰的信号中提取有用信号,这在系统的硬件结构上或软件的数据处理中都要增加相应的环节。

1.2.3 数据采集系统的性能指标

数据采集系统的性能指标,从其共性来说,主要是信息采集的速度、精确度、通道数、数据处理能力、记录和显示能力等。不同的性能指标当然也会引起系统结构组成的差异。系统设计的基本要求就在于用最低成本获取最佳的性能指标和充分地开发系统的能力。

数据采集系统各部件对系统性能的影响也是不同的。

1. 传感器

传感器的特性主要用线性度、灵敏度、迟滞、重复性和分辨率等参数表示。

(1) 线性度。实际传感特性与指令拟合直线之间的偏差反映了传感器的非线性误差,用线性度表示。传感器的线性度如图 1-4 所示。线性度误差 e_L 定义为传感特性中的最大偏差 ΔL_{\max} (绝对误差)与输出满度值 Y_m 之比的百分数,即

$$e_L = \pm \frac{\Delta L_{\max}}{Y_m} \times 100\% \quad (1.1)$$

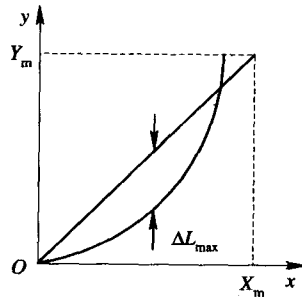


图 1-4 传感器的线性度

传感器输出的测量值是根据拟合直线求得的对应该物理量 y , 拟合直线的逼近度越大,造成的非线性误差就越小。

(2) 灵敏度。灵敏度是指线性化后拟合直线的斜率,又称为静态灵敏度(或传递系数),用 k 表示,即

$$k = \frac{y}{x} \quad (1.2)$$

对非线性传感器,则用微变灵敏度 k_d 表示,即

$$k_d = \frac{dy}{dx} \quad (1.3)$$

(3) 迟滞。迟滞是由于传感器的迟滞特性造成的。迟滞特性表明传感器正向输入的静态特性和反向行程的静态特性的不重合度，用 e_T 表示，即

$$e_T = \frac{\Delta t_{\max}}{Y_m} \times 100\% \quad (1.4)$$

其中， Δt_{\max} 为最大不重合偏差。传感器产生迟滞的主要原因是传感器机械部分的缺陷，如轴承摩擦、间隙等。

(4) 重复性。重复性是指传感器的输入在按同一方向变化的全量程内连续进行重复测试时，所得到的特性曲线的重复程度，用 e_R 表示。重复性误差如图 1-5 所示。

$$e_R = \frac{\Delta R_{\max}}{Y_m} \times 100\% \quad (1.5)$$

重复性误差是多种因素造成的，主要是随机误差。

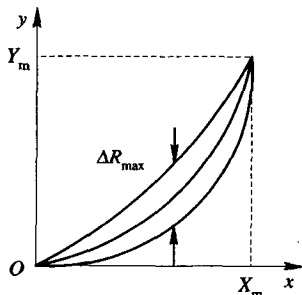


图 1-5 重复性误差

(5) 分辨率。绝对分辨率是指最小测量量化单位 q ，对于数字量来说，就是寄存器最低位所表示的量化值。考虑到四舍五入，所以量化误差 $e_T = q/2$ 。

以上参数中，灵敏度与分辨率反映传感器的检测能力，而线性度、重复性和迟滞则反映传感器的误差，决定传感器的检测精度。

传感器的检测精度 e_s 定义为各项误差的均方差：

$$e_s = \sqrt{e_L^2 + e_T^2 + e_R^2} \quad (1.6)$$

2. 输入通道

输入通道把由各类传感器转换来的电信号转换成数字信号。大量的物理过程中都是模拟信号。微机系统的模拟量输入通道核心部件是多路转换器、A/D 转换器、采样保持器和数据放大电路等。

1) 模拟信号多路转换器

采用多路开关扩展输入通道是最常用的方案。多路开关的选择，主要应考虑下列参数：

(1) 通道的数量。通道的数量对切换开关传输被测信号的精度和切换速度有直接的影响。通道数越多，寄生电容和泄漏电流也越大；通道数越多，漏电流的影响和通道间的干扰也就越大。

(2) 泄漏电流。如果信号源的内阻很大,传输的是电流量,就更要考虑多路开关的泄漏电流。当然希望泄漏电流越小越好。

(3) 切换速度。对于快速传输的多路信道,要求多路开关的切换速度高。当然也要考虑采样速率和 A/D 转换速度,从而以最大的性能价格比选取多路开关的切换速度。

(4) 开关电阻。理想情况下,多路开关导通电阻为零,断开电阻为无穷大。实际选择模拟开关时,尤其当与开关串联的负载为低阻时,应选择导通电阻足够小。

2) 采样保持电路

采样频率 f_s 必须满足采样定理要求,即

$$f_s \geq 2f_m$$

式中, f_m 是信号的上限频率。

保持器一般采用零阶保持器,即将本次采样值延续到下一采样时刻之前。主要是考虑到物理实现方便,以及它对系统造成的相位延迟较小。

3) 程控放大器

在实际的应用中,为了在整个测量范围内获取适当的分辨率,常采用可变增益放大器,由计算机程序控制,所以称为程控放大器。程控放大器的主要参数有:

- (1) 稳定性和通频带。
- (2) 增益挡数和相应的放大倍数。

4) A/D 转换器

A/D 转换器的主要指标有:

(1) 分辨率和量化误差。对于同样的量化值,分辨率由寄存器的位数决定,也就是量化单位 q 。设满刻度为 X_m , 寄存器位数为 n 位,则

$$q = \frac{X_m}{2^n - 1} \quad (1.7)$$

量化误差为 $\epsilon = q/2$ 。

(2) 偏移误差。偏移误差是指输入信号为零,输出信号不为零时的值,所以也称为零值误差。偏移误差通常是由放大器的偏移电压产生的,一般在静态时对电路进行调整,使之最小。

(3) 满刻度误差。满刻度误差又称为增益误差。ADC 的满刻度误差是指满刻度输出数码所对应的实际输入电压与理想输入电压之差。一般满刻度偏移误差在系统调整时进行调节。

(4) 线性度。线性度是指转换器实际的转移特性曲线与理想直线的最大偏移。

(5) 绝对精度与相对精度。绝对精度定义为输出数码所对应的实际模拟输入电压与理想模拟输入电压值之差。绝对误差包括增益误差、非线性误差、偏移误差和量化误差。相对精度定义为绝对精度与满量程电压值之比的百分数。

要说明的是,精度与分辨率是两个不同的概念。精度是指转换后所得结果相对于实际值的准确度;分辨率是指 ADC 所能分辨的模拟信号的最小变化值。由此可见,分辨率很高的 ADC,可能因为温度漂移和线性度等原因,并不一定具有很高的精度。

(6) 转换速率。ADC 的转换速率就是在保证转换精度的前提下,能够重复进行数据转换的速度,即单位时间内转换的次数。而转换时间则是完成一次 A/D 转换所需的时间(包

括稳定时间),它是转换速率的倒数。

3. 开关量输入/输出通道

1) 开关量输入通道

开关量输入通道的功能是将现场的开关信号或仪表中的各种继电器状态按电信号有选择地送入计算机,以定时记录或检测过程中某些设备的状态。

开关量输入一般按组进行,每组输入的开关量位数应与微机的字长一样,经 I/O 接口或数据锁存器与主机数据总线相连。必须注意,送到 I/O 接口输入端的开关量信息必须先转换为计算机能够接受的电平信号。也就是说,外部开关信号的逻辑“1”或逻辑“0”,其信号形成可能是电压、电流或开关的触点。为了将外部开关量信号输入到计算机,必须将现场输入的状态信号经转换、保护、滤波、隔离等措施转换成计算机能接受的逻辑信号。这些功能统称为信号调理。

2) 开关量输出通道

开关量输出通道可以实现越限报警和开关量控制。它的主要性能是输出的开关信号与被控对象的要求应匹配。

4. 模拟量输出通道

D/A 转换器是模拟量输出通道的关键部件,与 A/D 转换器类似,它的主要性能指标如下:

- (1) 分辨率。
- (2) 转换精度。
- (3) 线性度。
- (4) 建立时间。

建立时间是 D/A 转换器输入数据有满刻度变化时,输出变化到偏离终值士 $\frac{1}{2}q$ (q 为量化单位)所需的时间。

1.3 计算机控制系统概述

随着生产自动化的需求及计算机控制技术的发展,生产部门(或其它领域)不仅使用微机作自动检测 and 数据处理,而且对生产过程进行全面监督、控制和管理,以达到全面的自动化。对于生产机械化及过程的自动控制方法又常分为以生产过程、流水作业为主的顺序逻辑控制和以生产过程控制为主的物理量的控制。前者常属于开关量开环控制系统,后者则常属于闭环反馈模拟量控制系统。在微机控制系统中,往往大多是数字量和模拟量同时存在的混合系统。以下先对微机过程控制系统建立一些基本概念。

1.3.1 微机过程控制系统的基本组成

过程控制一词具有特定的含义,广义地说,过程是一个能被监视或控制的物理系统。而过程变量是指该系统中应按照某种目的或规则变化的物理参数,也就是被控制量。控制的目的是使一个或多个过程变量达到预定的最佳参考值,从而使系统处于最佳工作状态。

常规的过程控制系统中，目前已广泛应用微机在线实时控制。这是因为它具有许多模拟控制系统达不到的优点。此处首先讲述微机过程控制系统的基本结构，然后再介绍当前计算机控制系统发展的几个类别。

图 1-6 所示为单回路微机过程控制的最小系统。其中微机是系统的核心部件，它既控制着整个系统协调工作，又作为控制系统的关键部件即系统控制器，还包括了对给定量和反馈量进行误差检测的比较器在内。由于微机是数字机，它处理的信号都是数字信号，给定量可以直接以数字形式由操作台面通过人机对话的方式送入微机内。

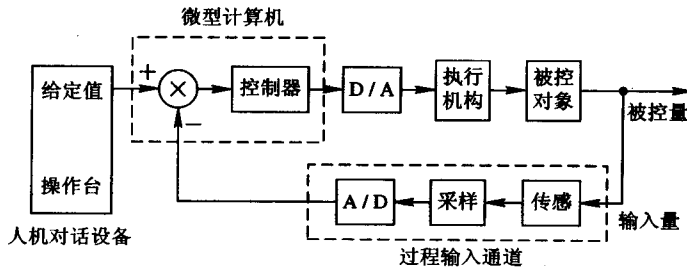


图 1-6 微机过程控制系统的组成框图

系统的被控对象即过程变量通过过程输入通道采集并转换成数字量，送入微机内与给定量进行比较，以产生误差信号，再经过系统控制器调节运算产生控制信号。控制器输出信号也是数字量，需要经过数字到模拟的转换，以及驱动放大才能控制执行机构动作，使被控量调节到给定值。数字系统中调节是逐拍进行的动态过程，在每一次采样时间内完成过程参数的采集转换，完成一个控制节拍的调节计算并给出调节量的输出。

微机系统与模拟系统相比，除硬件结构上的差异之外，更重要的是两者之间的信息形式与信息处理方法不同。微机控制系统是离散数据控制系统，简称离散系统，用离散控制理论，根据系统数学模型设计系统控制器，并由程序实现，是微机过程控制中的关键问题。

1.3.2 计算机控制系统的类别及要求

一般来说，各类控制系统均可以使用计算机进行在线控制。但是，往往只有在那些更能体现计算机作用的控制系统中才使用计算机。所使用的计算机档次需按系统控制任务的情况恰当地选择。为了了解计算机控制系统的概貌，在前面所介绍的基本型计算机过程控制系统的基础上，再按计算机在计算机控制系统中所担任的不同控制任务分类，有以下几种：

(1) 程序控制系统。应用计算机编制相应的程序，使系统按预先规定好的时序及条件，顺序地、定时地转移各种工步，例如对某些工业生产流水线的作业控制。而数值控制是按照各种数值和函数关系去控制被控点作某种轨迹运动，例如数控线切割机、数控绘图仪等。

(2) 直接数字控制系统 DDCS(Direct Digital Control System)。这类控制多用于闭环的过程控制、直接数字控制系统中。计算机在参加闭环过程控制时，完全替代系统控制器，并用它的输出量直接控制调节阀等执行机构。其典型的结构框图见图 1-6。只是在实际系