

# 智能检测与 控制系统

胡 瑞 雯

ZHINENGJIANCE

YU

KONGZHI

XITONG

西安交通大学出版社

# 智能检测与控制系统

胡瑞雯

西安交通大学出版社

## 内 容 简 介

本书以智能检测为中心,兼顾一般工业顺序控制、过程控制及系统设计。其内容丰富、取材新颖,强调综合性、实用性。主要内容包括信息传感技术;各类传感器与微机接口通道的设计;智能检测软件程序;基本控制设备和显示记录设备的微机驱动接口;微机工业控制器分析设计;测控系统总体设计与开发等。

本书可作为高等学校非控制类本科生、硕士生的教材,亦可作为从事计算机应用开发的科技人员的参考书。

智能检测与控制系统

外研学厚凡

责任编辑 曹梦云

\*

西安交通大学出版社出版

邮政编码 710049

西安交通大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 404 千字

1991年6月第1版 1991年6月第1次印刷

印数:1—1500

ISBN7-5605-0400-0/TP·39 定价:4.40元

## 序 言

随着微机应用技术的发展,导致对设备、系统智能化或高度自动化的需求。为适应新形势下高等院校教学内容的更新,在部分机电专业的硕士生或本科生中可增设一门新课“智能检测与控制系统”,本书就是为此目的而编写的一本教材。它也是从事测控技术方面的科技人员的一种综合性参考书。

本书的内容是针对已初步学过微机原理、编程和接口课程的学员,仍需进一步深化学习而选材的。虽然学过上述基础课程后,似乎已不难解决微机在检测与控制方面的应用。但是要能设计出具有一定水平、有较高性/价比的智能检测与控制系统,尚需对信息传感技术、数据采集处理技术、自动控制技术、通道接口技术及系统整体结构等方面有较深入的理论和实际知识,才能掌握好具有高性能指标或灵活多变要求的微机检测与控制系统的设计。

本书内容以智能检测为中心,同时兼顾一般工业顺序控制、过程控制及整机系统设计。由于科学发展,各门学科边界模糊,相互渗透,因而学习它们的综合应用能力,掌握一般规律,有助于为高新技术服务。

本书由于涉及的内容广泛,而作者的实际工作经验有限,若有错误,请读者不吝指教。

西安交通大学

胡瑞雯

1990年12月

# 目 录

## 序 言

## 第 1 章 智能检测与控制系统概论

- 1.1 检测、控制系统的发展趋向..... (1)
- 1.2 数据采集、处理系统概述..... (2)
  - 1.2.1 通用的数据采集、处理系统..... (2)
  - 1.2.2 遥测、遥感数据采集系统..... (3)
  - 1.2.3 数据采集处理系统的性能指标 ..... (5)
- 1.3 计算机控制系统概述 ..... (5)
  - 1.3.1 微机过程控制系统的基本组成 ..... (5)
  - 1.3.2 计算机控制系统类别及要求 ..... (6)

### 思考题

## 第 2 章 信息传感技术

- 2.1 传感器在自动检测与控制系统中的地位和作用 ..... (8)
- 2.2 传感器的基本组成、性能及分类..... (9)
  - 2.2.1 传感器的基本结构 ..... (9)
  - 2.2.2 传感器的基本特性、参数及要求 ..... (10)
  - 2.2.3 传感器分类..... (14)
- 2.3 力学量的检测..... (16)
  - 2.3.1 压力的检测..... (16)
  - 2.3.2 应变量的检测..... (18)
  - 2.3.3 位移量的检测..... (22)
  - 2.3.4 速度、加速度、振动与转速的检测..... (26)
- 2.4 光学量的检测..... (30)
  - 2.4.1 光学量检测的分类..... (30)
  - 2.4.2 光、色及放射性的探测 ..... (31)
  - 2.4.3 CCD 型二维图像传感器 ..... (38)
  - 2.4.4 光纤传感技术..... (41)
- 2.5 温度及热辐射的检测..... (42)
  - 2.5.1 温度检测分类..... (42)
  - 2.5.2 低、中温检测元件 ..... (43)
  - 2.5.3 高温及热辐射的检测..... (47)
- 2.6 磁检测..... (48)
  - 2.6.1 磁检测分类..... (48)
  - 2.6.2 霍尔传感器..... (48)

|                     |      |
|---------------------|------|
| 2.6.3 磁阻及结型磁敏管..... | (52) |
| 2.6.4 磁敏开关集成电路..... | (53) |
| 2.7 传感器的智能化.....    | (54) |
| 思考题                 |      |

### 第3章 传感器与微机接口通道

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 3.1 各类传感器与微机接口综述.....         | (58)  |
| 3.2 模拟连续信号数字化及其采集通道.....      | (58)  |
| 3.2.1 模拟信号数字化过程及其误差理论.....    | (58)  |
| 3.2.2 信号调理电路分析设计.....         | (65)  |
| 3.2.3 模数转换器性能分析、选用及微机接口 ..... | (86)  |
| 3.3 高速、高精度数据采集子系统的设计.....     | (103) |
| 3.3.1 高精度数据采集系统设计要领 .....     | (104) |
| 3.3.2 高速采集方案及其实现 .....        | (105) |
| 3.3.3 强抗干扰能力数据采集子系统设计 .....   | (115) |
| 3.4 频率、时间及开关量的微机检测通道.....     | (119) |
| 3.4.1 频率检测通道 .....            | (120) |
| 3.4.2 时间间隔计测通道 .....          | (124) |
| 3.4.3 开关量检测通道 .....           | (127) |
| 思考题                           |       |

### 第4章 智能检测中数据采集及处理软件

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 4.1 系统自检、自诊断软件程序.....    | (131) |
| 4.2 量程自动设定及数据采集软件 .....  | (136) |
| 4.2.1 量程自动设定 .....       | (136) |
| 4.2.2 巡回检测数据采集软件 .....   | (138) |
| 4.3 智能检测中的数据处理 .....     | (147) |
| 4.3.1 随机误差的处理程序 .....    | (147) |
| 4.3.2 自补偿、自校正软件处理方法..... | (150) |
| 4.4 数据分析及其数字处理方法 .....   | (161) |
| 思考题                      |       |

### 第5章 控制、显示、记录装置及用微机驱动接口

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 5.1 检测与控制系统数据输出通道的基本组成 .....    | (166) |
| 5.2 模拟量输出接口通道 .....             | (167) |
| 5.2.1 多路模拟量输出通道的几种结构型式 .....    | (167) |
| 5.2.2 数模转换器在系统设计及使用中的一些问题 ..... | (168) |
| 5.3 基本控制设备及其驱动接口 .....          | (178) |
| 5.3.1 电器开关元件及其隔离驱动接口 .....      | (179) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 5.3.2 电磁式执行机构及其驱动方法 .....    | (183) |
| 5.3.3 执行电动机及其驱动接口 .....      | (184) |
| 5.3.4 气动、电动执行器及其驱动接口 .....   | (193) |
| 5.4 显示、记录设备及其控制接口 .....      | (196) |
| 5.4.1 检测与控制系统中的显示、记录设备 ..... | (196) |
| 5.4.2 模拟曲线记录仪控制原理及驱动接口 ..... | (197) |
| 5.4.3 CRT 显示仪控制原理及接口 .....   | (198) |

#### 思考题

### 第6章 微机工业控制器分析与设计

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 6.1 可编程序控制器(PC) .....       | (203) |
| 6.1.1 顺序控制与可编程序控制器 .....    | (203) |
| 6.1.2 可编程控制器结构及工作原理 .....   | (204) |
| 6.1.3 可编程控制器的编程方法 .....     | (206) |
| 6.1.4 PC 顺序控制应用举例 .....     | (218) |
| 6.2 过程控制方法 .....            | (222) |
| 6.2.1 过程变量开关式控制方法 .....     | (222) |
| 6.2.2 简单常规控制方法 .....        | (223) |
| 6.2.3 复杂控制方法 .....          | (226) |
| 6.2.4 直接数字控制(DDC) .....     | (230) |
| 6.2.5 监督控制、最优控制及自适应控制 ..... | (230) |
| 6.3 数字控制器模拟化设计方法 .....      | (231) |
| 6.3.1 几种离散 PID 控制算法 .....   | (232) |
| 6.3.2 实用数字 PID 算法的改进 .....  | (233) |
| 6.3.3 PID 数字控制器参数整定 .....   | (235) |
| 6.3.4 PID 数字控制器程序设计 .....   | (238) |

#### 思考题

### 第7章 测控系统总体设计与开发

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 7.1 智能检测与控制系统开发过程 .....   | (242) |
| 7.2 系统硬件体系结构的设计 .....     | (245) |
| 7.2.1 几种常用的单机硬件系统结构 ..... | (245) |
| 7.2.2 多微处理机系统结构 .....     | (248) |
| 7.3 系统软件的设计 .....         | (252) |
| 7.3.1 操作系统及监控软件 .....     | (252) |
| 7.3.2 系统应用软件的结构设计 .....   | (254) |
| 7.4 系统可靠性设计 .....         | (256) |

#### 思考题

#### 参考文献

# 第 1 章 智能检测与控制系统概论

智能检测与控制系统是以微型计算机为核心部件的检测与控制系统。它是以完成较高层次自动化检测并带有多种控制,不同程度上具有智能作用的系统。研究的必要性已在前言中叙及,在细致地研究系统中各个环节之前,尚需对它建立一总体概念,即智能检测与控制系统的组成,主要的性能指标;当前发展的动向与趋势;研究的目标及重点等,以起到学习的引导作用。

## 1.1 检测、控制系统的发展趋向

当今是信息化时代,各领域常以信息的获取与利用为中心,在实现工业生产、仪器仪表高度自动化,信息管理现代化的过程中,已大量涌现以微机为核心的信息处理与过程控制相结合的实用系统。伴随这种系统的发展,一些先进技术,如信号传感技术、数据处理技术及计算机控制技术正在飞速发展和发生着变革。综合其发展概况,有以下三个主要趋向。

### (1) 系统功能的综合性

电子测量仪器、自动化仪表、自动化测试系统、数据采集和控制系统在过去是分属于各学科和领域各自独立发展。由于生产自动化的需求,使它们在发展中相互靠近,功能相互复盖,差异缩小,体现为一种“信息流”综合管理与控制系统(上述的信息流可以是物理参数的过程信息流,也可以是自动测试参数的信息流或者是管理生产的信息流)。其综合的目的是为了提高人们对生产过程全面的监视、检测、控制与管理等多方面的能力。与此同时则对测量、控制技术本身提出了高技术的要求,如高灵敏度、高精度、高分辨率、高速响应、高可靠性、高稳定性及高度自动化智能化等。为此,要求提高系统综合与设计的能力,这就相应地要求学习应用前述的几门新兴学科,综合利用内在的规律,使系统功能强大,向更高层次发展。

### (2) 智能化

现代的检测与控制系统,或多或少地趋向于智能化这个特点。所谓智能,是指能随外界条件的变化,具有确定正确行动的能力,也即具有人的思维能力及推理、作出决策的能力。而智能化的仪表或系统,可以在个别的部件上,也可以是局部或整体系统上使之具有智能的特征。例如智能化的测试仪表,它能在被测参数变化时,自动选择测量方案,进行自校正、自补偿、自检、自诊断等,以获取最佳测试结果。为了更有效地利用被测量,在检测时往往需要附加一些分析与控制的功能,因而采用实时动态建模技术、在线辨识技术,以获得实时最优控制、自适应控制等功能。有的系统则直接运用人工智能、专家系统技术设计智能控制器。它是通过对误差及其变化率的检测,判断被测量的现状和变化趋势,根据专家系统中知识库、决策控制模式和控制策略,进而取得优良的控制性能,解决常规控制不易实现的问题。

在以微机为核心的一般检测与控制系统中,软件的功能也可实现初级的智能检测与控制功能,若进而采用智能计算机、系统工程、知识库以及人工智能工程,就可实现更为高级的智能化。

### (3) 系统化及标准化

现代检测与控制任务,更多地涉及到系统的特征。所谓系统是指若干个相互间具有内在关联的要素,构成一个整体,由它来完成规定的功能,以达到某一个给定的目的。因而在系统内部,若要设立多台微机,则这些微机往往不是互不相干的,而是要构成相互联系的整体,这就形成了各种多微机的系统。即使是使用单台微机进行集中控制,也要通过标准总线和各个部件发生联络。例如,作为采集检测与控制用的前端机或仪表,它需要与生产设备的主机、辅机组合成一体,相互建立通讯联系,有时还需要以一个车间、一个工区乃至一个自动化工厂作为系统的整体。由此发展了各种集散式、分布式数据采集和控制,以适应系统开放、复杂工程及大系统的需要。在研究集散与分布式控制系统中要涉及数据通讯、计算机网络技术及系统分层递阶控制技术 etc 应用知识。

在向系统化发展的同时,还需要涉及到系统部件接口的标准化、系列化与模块化,以便搭成通用的整体。目前在硬件软化的同时,又出现某些共用软件硬化的趋势,一些专用机,如信息处理机、专用工业控制机等也应运而生。如能对它们恰当地应用,可使系统设计大为简化。

综合上述,在我们展开对检测与控制系统的研究时,应注意到以下两个方面。其一是着重于基础研究的观点。因为不论那类级别的检测与控制系统其智能化自动化达到何种程度,都存在一些共同的规律性,共同的基础理论与典型的组成环节。对非信息与控制工程系的学生或工程技术人员,要分门别类地深入掌握信息与控制方面的各门学科,时间往往不允许。然而综合地了解一些共同的基础知识,以便扩展计算机应用,特别是机电一体化、生产自动化方面的应用,确实是当前之急需,应打下必要的应用基础知识。其二是发展的观点。在展开基本环节讨论时,要从上述三个发展的趋向或特征,作为深入研究的关注点,使我们所学的基础知识能跟上时代的步伐。在应用设计系统时能自如地、恰如其份的应用一些先进的科学技术,并使它们在实际中得到普及和提高。

由于智能检测与控制系统是在数据采集处理系统与计算机控制系统的基础上发展综合而成的。为了掌握其概貌,尚需分别地对数据处理系统及计算机控制系统有一概括地了解,以便在以后的各章中建立起统一讨论的基础。

## 1.2 数据采集、处理系统概述

### 1.2.1 通用的数据采集、处理系统

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可用信息供显示、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,对于数据采集系统或采集子系统都存在一些共同的技术问题、共同的基本组成结构和共同的任务要求。本书则侧重于它们的共性进行讨论。从广义来讲,数据采集处理系统的任务有以下几项:

(1) 数据输入通过以下环节完成:

1) 信号传感环节: 通过传感器或敏感元件把被测对象的状况、特征参数转换为模拟数据电量、开关量或数字数据量。

2) 数据分时多路采样环节: 对多路甚至多层次数据进行定时扫描切换,分别接通引入

测试系统。

3) 数据转换环节 对传感后的非数字数据信号进行必要的转换,包括数据预处理在内,最终使进入计算机的数据成为计算机所能接收的二进制代码信号。

整个数据输入或称数据采集过程均在微机软件控制下进行。所以微机系统是采集系统的核心部件,它是实现智能化采集的必要部件。

#### (2) 数据存贮与管理

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

#### (3) 数据处理

从广义而言,数字处理就是从原始数据中产生信息的过程。其首要的任务是在原始采集到的数据中,剔除某些非信息量,它们可能是噪声、干扰和一些其它非必要的成份,经过处理后可以提取反映事物特征的信息量。

数据处理的另一任务是数据分析和检索。对数据进行分类以便于检索;对数据进行统计、计算特征参数,以了解数据的动态分布,从而得到某些更能表达数据内在特征的二次数据,故也称二次处理。例如对实测时域数据波形进行快速傅里叶变换得到波形的频域特性,进而分析其功率谱等一系列特性。

数据处理还有一个任务,是将经过加工处理后的数据恢复成原来的物理量形式,转换成能以形象和直观的方式如再现在屏幕或其它输出设备上的输出数据。

按微机对数据处理的方式不同,可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,进而可以实施实时控制,这种处理时间是受限制的。因而在线处理常是作一些简单的基本预算处理,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,常是先把数据记录或存贮起来,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。

总之依靠微机数据处理的能力,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,要经过适当分配给以输出,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。对于过程控制的数据采集系统,则需要将实际采集量与给定量比较,产生控制调节器的误差信号,以实现信息的控制。对于要远距离传递的控制信号,则要通过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 1-1 所示。对于实际的系统,由于其应用不完全相同;被测信号源的不同以及对系统技术指标要求存在差距等,使得在系统结构上略有差别。某些功能块可以没有或增加某些次要的环节。

#### 1.2.2. 遥测、遥感数据采集系统

就数据信号源而言,任何带有信息的物理变量、化学变量、生物变量及周围环境状态变化

等都可以成为被研究或被测试的对象。但它们所在位置离观察者(或试验中心)的距离远近不一。近者可直接采用图 1-1 的结构进行采集,而远者有可能会超出我们所能直接进入的地区,象天体运载火箭、生物体内部或海洋深处等,则需要采用遥感或遥测技术。

遥测是将图 1-1 所示的数据输入采集器置于被测参数的一方,被测数据要经过编码调制之后再送到信道上。在接收端也要经解调、译码后送到数据输出显示设备,如图 1-2 所示。图中的信道可以是有线的或者是无线的。在被测参数的一方可以有子机,也可能条件限制不带微机。有线信道还可以采用标准接口通信网等,无线的还要附设发送、接收装置。

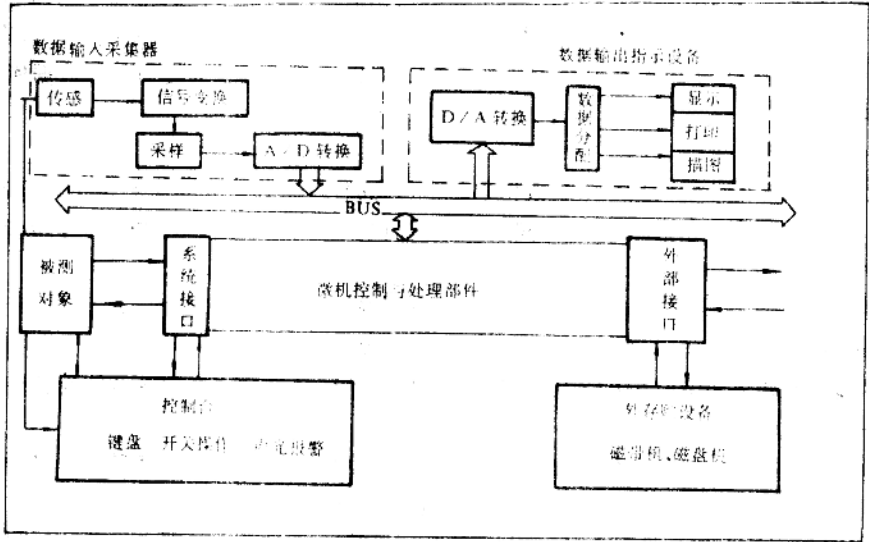


图 1-1 数据采集系统功能结构框图

遥感是数据输入采集器和处理显示装置均远离被测参数的一方,需通过媒介遥感接收信源的信号。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,被远地的检测敏感元件感受,从而获取信息。例如信息载体发出红外线,可以分析得出载体的温度变化。这  
被测参数一方→信道→试验中心

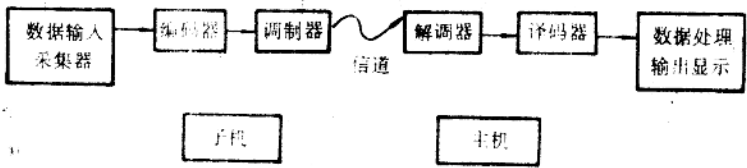


图 1-2 遥测系统组成框图

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,有的场合也可采用所谓有源遥感。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)或振动源等。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反射回来的信号,从中提取有用信息,达到检测的目的。这是因为差不多每一种物质都具有特定的吸收、反射或折射各种波的特性,故经过光、声或电磁波的照射,其反射波中就含有信息,这与在暗黑的房子里用一光源就可迅速感光的照像原理是类

同的。

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,都要增加相应环节。

### 1.2.3 数据采集处理系统的性能指标

数据采集系统的性能指标,从其共性来说,主要是信息采集的精确度、灵敏度、分辨率、采集速度、通道数及数据处理能力、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。系统设计的研究就在于用最低成本,获取最佳的性能指标和充分地开发系统的应用能力。

由于应用不同,各数据采集系统也会有不同的要求与特定的结构环节。如作为半导体组件性能参数的自动测试,则需要有测试的多功能自动夹具;要作某研究工程特性的自动测试,则要和多个测试系统的通讯连接;对生产信息管理,则更多的需要给出报表,越限等声光报警指示;作为过程控制的进程通道,应更多地考虑到工业干扰的排除及系统的精确与可靠性;对于生物体的研究则更多地要有显示剖析环节;若是数据采集系统应用于智能机器人的视觉、听觉、触觉、嗅觉等单维或多维的图象信息研究,就要求更高灵敏度和信息存贮处理能力。

总之,本小节所介绍的内容在于使读者对数据采集系统或自动检测系统的概貌有一个整体的了解,以便于以后各个环节研究时有一个引导。另外要说明,本书所介绍的数据采集系统偏重于它们的共性,即偏重于工业生产过程参数的检测与控制,如图 1-1 所示的结构为主体进行分析的结构框图

## 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,而且发展成对生产的全面监督、控制和管理,以达到全面的自动化。此处仅着重于生产机械及过程的自动化,对于这方面的自动控制方法又常分为生产机械、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,后者则常是闭环反馈模拟量控制系统。在微机控制系统中,上述两类控制也可能都存在,也可能只存在其一。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,过程是指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。例如,一个炼制石油的自动化系统,原油的化学成份、流量、油温、油压等是其过程变量。而过程控制,就是按照一定的控制规律精确地控制这些过程变量,从而使合格的石油流出。石油在此处就是被控对象。

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。此处首先讲解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 1.3 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,又担任了控制系统的关键部件即系统控制器,还包括了对给定量与反馈量的比较器在内。由于微机是数字机,其出入处理的信号都是数字信号,给定量直接可以用数字型式由操作台面通过人机对话的方式送入微机内。

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,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,所以尚需要经过数字到模拟的转换,及适当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,在每一采样周期时间内,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。

微机控制系统与模拟控制系统相比,除硬件结构上的差异之外,更要看到二者之间的信息形式与信息处理方法的不同。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出软的系统控制器,仍是微机过程控制中的关键问题。

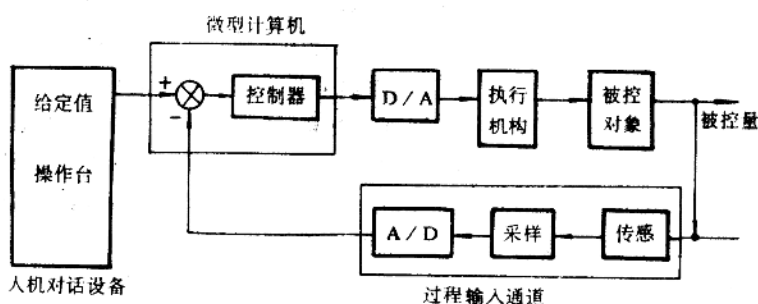


图 1-3 微机过程控制系统组成框图

### 1.3.2 计算机控制系统类别及要求

一般来说,各类控制系统均可以使用计算机作在线控制。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。所使用的计算机档级,需按系统控制任务的情况恰当选择。为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,再按计算机在控制系统中所担任的不同控制任务分类,以了解相互的差异性。目前生产线上常用的计算机控制系统有以下几种:

#### (1) 程序控制系统 PCS(Program Control System)

这类控制应用计算机编制相应的程序完成顺序控制和指令操作,多属于开环式数字控制,最常用的有顺序控制和数值控制。顺序控制是指用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,数字绘图仪等。

#### (2) 直接数字控制系统 DDCS(Direct Digit 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。其典型的结构框图示于图 1-3 中。只是在实际系统中,可以实现一些更为复杂的控制,如串接控制(主控制器的输出不直接作用于对象,而作为另一副控制器的设定值,被控对象由副控制器输出进行控制),最优控制,自适应控制,多回路控制(一机对多个变量控制回路进行控制)等。

按直接数字控制系统的控制器设计方法的不同,又可分为两类,即模拟化的设计和直接数

字设计。模拟化设计方法,基本上按模拟连续系统的理论和方法来设计系统调节器,然后用数字运算方法来实现。如PID调节器就可用数字方法模拟地实现。这种模拟化设计方法只有在系统时间常数比采样调节时间间隔大得多的情况下,或者相对来说,采样间隔时间很短,方可很接近模拟连续系统。这种设计方法,尚未充分发挥数字控制系统的特点。直接数字设计法是按离散系统理论,建立用差分方程表示的数学模型,按系统要求的质量指标,直接进行数字控制器的设计。

### (3) 监督控制系统 SCCS(Supervisory Computer Control System)

计算机在控制系统中不仅直接参加控制,而且检测生产工艺信息,起监督和管理作用。监督作用,有两方面的含义:一是监视工况,有否发生越限或报警的任务;二是根据生产中工艺信息和其它参数的动态变化,自动地修正被控制的设定值,以实现最优控制或自适应控制。

### (4) 集散控制和分布式控制系统 TDCS & DCS(Total Distributed Control System & Distributed Control System)

这类控制系统通常用于较复杂的大系统。常采用多级控制,比较常用的是3级控制。最低层为分散直接数字控制级;中间为监督控制级;最上层为生产管理级。各级之间以及层间的各分布式数字控制之间均通过通讯接口,传输媒介进行数据通讯,构成分布式控制计算机网,简称局域网。计算机在这类系统中,不仅完成各级的控制任务,而且还要完成各层次、各工作站之间的数据通讯任务。

各特定的控制系统都具有其共性指标和特定的指标,它们是设计与分析系统的依据。例如,估量一个微机过程控制系统的品质好坏,大体可以从以下几个方面考虑:

1) 系统稳定性 稳定的系统,在阶跃电压作用下,通过误差调节可以很快地达到预定的稳定值。反之,不稳定系统,其系统的惯性过大,在阶跃电压作用下,正负方向的调节过冲都很大并几乎相当,使系统呈现往返的振荡,并逐渐扩散,系统出现不稳定工作,甚至造成严重的事故和危害。故系统稳定性应具有一定的余度,才能可靠工作。

2) 响应的快速性 系统被激励之后,达到新的稳定点所需要的时间称为系统的响应时间。对于某些系统快速响应是关键指标,在设计中必须从动态调节过程加以考虑,使其以最少拍调节达到新的稳定值。

3) 控制的精确度 系统控制的精确度也称稳定误差。它既决定于过程通道反馈量检测的精度又和过程调节器设计的品质有关。

4) 系统的可靠性及抗干扰能力 这是控制系统共同关心的问题。特别是工作在工业用电干扰严重的环境下,如何设计出具有可靠性和抗强电干扰的系统是需要花费一番功夫的。

5) 综合自动化能力 控制功能的全面性、灵活性及自动化程度也是考查控制系统品质好坏的一个方面。

## 思 考 题

1. 微机数据采集系统的主要任务及基本组成结构是怎样的? 有哪些应用?
2. 计算机控制系统与一般模拟连续量的自动控制系统有哪些主要差别? 计算机在其中担任哪些主要任务?
3. 综合说明微机自动检测与控制系统有哪些品质指标?

## 第2章 信息传感技术

智能检测与控制系统的技术关键之一是信息感知问题。传感器就是信息感知、获取的基本器件。使传感器能在系统中发挥应有作用,要解决的中心问题是:①传感器的合理选择与正确使用;②传感器定标、调整和补偿;③传感器与系统检测通道正确接口。而这些问题的解决或开发出新型传感器都需要对当前的传感器有一个概括的了解,建立有关的基础知识。本章内容则是从了解传感器在自动检测与控制系统中的地位作用开始,展开对以上中心问题的论述。

### 2.1 传感器在自动检测与控制系统中的地位和作用

传感器位于被测对象之中,在测试设备的前端位置,是构成系统信息输入的主要窗口,为系统提供赖以进行处理和决策控制所必须的原始信息。对于一个以微机为核心的系统,微机如人的大脑,而传感器则像人的“五官”。人要耳聪目明,系统也必须感觉灵敏,精确无误。传感器在检测控制系统中的位置见图 2-1 所示,是连系非电子部件与电子部件的桥梁,故它是实现机电一体化、外部世界和信息控制系统一体化的重要途径。

当今信息的传输,信息处理与信息控制已相当发达并已通用化。某个具体过程、物态的动态检测或自动控制能否实现,归根结底为能否找到一些恰当的传感器件忠实地、迅速地、全面地反映该物态或过程的特征。并把它变换成为便于识别、传输、接收、处理和控制的信号。若是可以作到,那么一般来说是能够实现自动检测和控制的;反之只能说人类暂时还不能实现对它的识别与控制,有待于进一步开发出更合适的新型传感器件之后再作考虑。所以传感器是决定能否实现自动化的关键,是新产品新设备开发的首要问题。

传感器是直接感受被测量的一次仪表,处于整个测量系统的最前方,在它之后的电子测量电路称为二次仪表。由于微机中引入信息处理、自校正等功能,二次仪表常以高保真度再现传

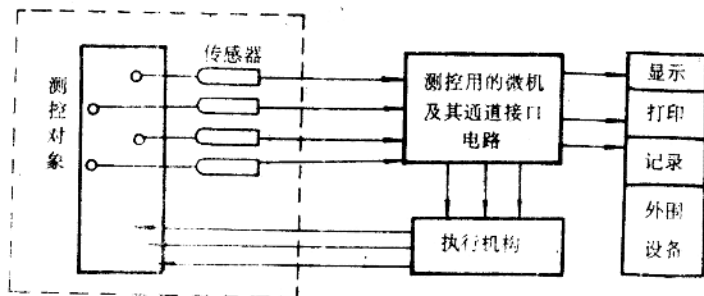


图 2-1 传感器在测控系统中的位置

感器的输出,也能实现无差调节功能,但却无法增添新的检测信息或者消除传感器所带来的错误信息,所以获取信息的质与量往往一次性地由传感器的特性决定。或者说,传感器很大程度上影响和决定了系统的性能,因此在设计研制一自动检测与控制系统时,不仅首先要寻求到合适的传感器,而且要选择出更为优异的及成本低廉的传感器。此外,同一传感器由于使用方法

不同,接口方法各异,调整补偿的措施不同,也会使传感器的性能指标发生很大变化。因此研究传感器,还需要正确地应用它,使其达到应有的精度。

近年来传感器技术的发展非常迅速,从结构型传感器发展到材料型物性传感器;又发展到带有信息处理的智能型传感器及整机化集成传感器,各种新型传感器层出不穷。但从国内外发展的总过程看,传感技术和计算机技术及信息处理与控制技术尚未能很好协调发展,出现信息处理功能发达,而检测功能跟不上的局面。其原因之一是应用领域比较忽视主动配合传感器应用与开发。由于现代传感技术的发展已涉及到许多关联技术,故不仅仅是自动化仪表或某种特定部门的任务。新型传感器的出现,往往是多种应用部门不同学科之间互相配合相互推动促进的结果,故要求传感器主要应用领域之一的自动检测与控制系统,更应该予以比较大的关注。

## 2.2 传感器的基本组成、性能及分类

### 2.2.1 传感器的基本结构

对传感器习惯上有多种称呼,如:变送器、换能器、探测器、一次仪表等。它们置于被测对象之中(或通过某种媒介发生联系),用来直接感知被测物理量,把它们转换成便于在通道间传输或处理的电信号。更明确地说,传感器应具有三方面的能力:一是要能感知被测量(大多数是非电量);二是变换,仅把被测量转换为电气参数,而同时存在的其它物理量的变化将不受影响或影响极微,即只转换被测参数;三是要能形成便于通道接受和传输的电信号形式。用变送器称呼时,还要求产生标准电量的输出。因而一个完整传感器,应由敏感元件、变换元件(或传感元件)和检测电路三部分构成。对于有源传感器,还需加上电源,其开环的结构框图见图 2-2 所示,这种组成形式带有普遍性。但也不是所有的传感器结构都要由三个部件联合构成。在所谓直接变换的情况下,敏感元件和变换元件合为一体。如热敏电阻,它可以直接感知温度并变换为相应电阻的变化,通过简单的检测电路(如平衡电桥电路)就可以产生电压信号输出。

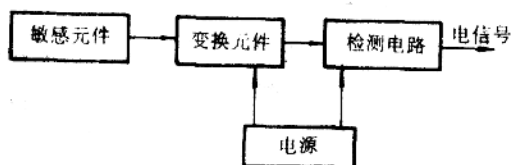


图 2-2 传感器的一般组成

有些情况下,找不到直接变换的元件,只能采用间接的办法,先感知再变换。或者说先作一次变换,再作第二次变换。例如,要测试物体加速度这个物理量,一般可以把敏感元件贴在物体上,感知物体运动的加速度,经一次变换成位移量的变化,再通过二次变换,把反映加速度的位移转换成电阻的变化,并由检测电路形成电流或电压输出。有关如何将加速度的变化变换为位移量的变化进而转换为电阻的变化,将在后面的加速度传感器及位移传感器中分别介绍。

间接测量的方法可以扩大检测的可能性,使有些看来似乎不能检测的量得以检测。一次变换的敏感元件可以根据被测(或被控)对象的情况恰当选择;而二次变换可以接合传感器所处的环境条件以及连接到传感器上信息处理装置的性能等,选择合适的元件恰当地组合,更利于开发新型的传感器。间接测量的另一概念是:对于某些物理、化学反应过程的一些量无法用常规方法测量时,可以通过建立一定的模型,采用预测与估值理论实现间接测量,即所谓“软仪表”的概念。

传感器中的检测电路,要视各类传感器的工作原理及性能指标来定,有的也可以不需要。

对所谓发生器式的传感器,它们可作能量的变换。象光电传感器可以直接把光能转变为电能,产生电流输出。有的情况下检测电路可以较简单,如电位器、电桥等;有的情况则可能比较复杂,如脉冲调制电路等。目前,由于智能传感器或一体化整机集成传感器的发展,则在一片集成传感器上可以包含相当复杂的信号检测与处理电路。此外,在传感器内部,还可以加负反馈电路,构成反馈型的传感器,使传感器的性能指标得到改善。

### 2.2.2 传感器的基本特性、参数及要求

传感器的基本性能,可以由它的静态特性和动态特性来反映。每一种特性又有一组相应的参数对应。

#### 2.2.2.1 静态特性及其获取方法

传感器的静态特性,也称传感特性。指被测物理量处于静态条件下,传感器输出电量与被测输入物理量之间的函数关系。这种关系大体上都是确定性的,可以用解析式、表格或曲线图表示出来。使用中检测出传感器的输出电量,必须通过传感特性换算才能得知被测量的值。换算可通过人工查表、解析计算或由微机检测系统自动实现,但都得以传感特性为依据,故传感特性的获取很重要,它的真实性、精确性直接影响检测精度。

传感特性常存在分散性,即每一实际传感器其传感特性与理论特性有差距,见图 2-3 示例。这往往是由各非线性和非确定性因素引起的。在使用中进行换算必须以实际传感特性为依据,否则将引入测试误差。实际传感特性可以通过实测标定法或者采用曲线拟合法给出。

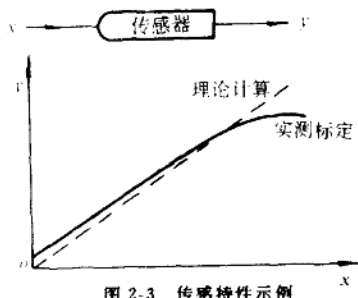


图 2-3 传感特性示例

厂家常以实测标定法给出传感特性(或经计量局标定)。

实测标定法是在规定的各种标准测试条件下,给以标定范围的输入变化量,使用精度高于被测传感器标示精度的仪器;进行往返循环测试,得到输出量的标定数据表格。但是测试点有可能落在两个标定点之间,若近似地用附近标定点值来替代,就会产生误差。故在测试系统自动换算时,除直接查表法以外,还常采用特性的拟合法,

得到与实际特性十分逼近(误差可控制在允许范围之内)的方程式,并用它进行换算。

传感特性拟合法的基本思想是用高次多项式方程表示

$$X = K_0 + K_1x + K_2x^2 + K_3x^3 + \cdots + K_nx^n \quad (2-1)$$

其中各项系数  $K_0 \sim K_n$ , 是根据实测标定数据采用各种拟合方法确定的。

当实际传感器是线性传感器时,则输入物理量与输出电量之间呈线性关系,其高次项系数很小可以略去,故可以用拟合直线来替代,即

$$y = K_0 + K_1x \quad (2-2)$$

如果非线性比较严重,式(2-1)中高次项系数不能忽略,则要用拟合曲线来代替传感特性。

目前采用的特性拟合法有:平均选点法、分段拟合法(即插值法)及最小二乘曲线拟合法等,分别使用在不同场合,有关它的详细叙述,将在本书第 1 章讨论,此处仅对平均选点法作一简要介绍,以建立一些初步概念。

平均选点法:将标定测得的  $n$  个试验点,分成数目相等的两组。使前  $n/2$  个试点为一组(输入量按序由小到大变化,则该组是输入量较小值的一组),再使后  $n/2$  个试点为另一组。在两组试点中各自取点系中心点,即  $(\bar{x}_1, \bar{y}_1)$  和  $(\bar{x}_2, \bar{y}_2)$ ,使各测试点都分布在各自点系中心的周围,