

微机检测与控制指南

〔美〕 J·D·伦 克 编著

孙 志 馨 译

微机检测与控制指南

西安交

036
K.1/1

版
注

西安交通大学出版社

微机检测与控制指南

[美] J.D. 伦克著

孙志馨 译

西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书是1984年美国出版的一本微机检测与控制方面的新书。

本书前半部分着重讨论了检测控制装置和微机的基本理论及基本部件。后半部分讨论了工业中一个实际的微机检测控制系统,阐述了该装置的编程方法及程序。这些内容对正确地应用微机进行工业控制有一定的价值。

本书适用于从事微机控制系统设计的工程师、数字检测与控制行业的技术人员、微机程序设计人员及具有数字电路知识的大学生。

Handbook of Microcomputer-Based Instrumentation and Controls

John D. Lenk

Prentice-Hall, Inc., 1984

微 机 检 测 与 控 制 指 南

编 著: [美] J.D. 伦克

译 著: 孙 志 馨

责任编辑: 林 全

*

西安交通大学出版社出版:
(西安市咸宁路28号)

西安交通大学出版社印刷厂印装
陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11 字数 265 千字
1985年9月第一版 1985年9月第一次印刷

印数 1-5,000

统一书号: 15340-055 定价: 2.30元

译 者 序

本书作者 J.D. 伦克 是美国的一位技术顾问作者。近年来他写出了一系列的技术丛书。本书是他 1984 年出版的一本新书。

该书的特点在于内容新颖、知识面广，用不大的篇幅叙述了现代微机控制的多方面知识，其中包括各种类型的传感器、微型计算机、程序设计及应用等，叙述深入浅出，理论联系实际，可以满足多种类型读者的需要。更值得一提的是，在本书的最后两章，作者通过一个典型控制系统的设计，向读者指出了怎样设计一个以微机为基础的检测控制系统，这将给工程技术人员带来一定的启发。

在翻译过程中，对原文中的疏漏遗误，凡发现的均已加注，但原图中的个别错误不便更改，希读者阅读时注意。

本书是经沈尚贤教授推荐翻译的，在翻译过程中并得到他的热情帮助；译文由尹更生同志校译。在此，谨向他们表示谢意。

由于译者水平有限，译文的缺点和错误在所难免，希读者不吝指正。

译 者

一九八五年三月于西安

前 言

这是一本微机检测与控制系统的“应急读本”，是为五种读者编写的。首先是工程师，他们需要设计以微机为主的控制系统；其次是数字检测与控制系统的维护人员；再次是微机装置的程序设计员及程序分析员；最后是想对微机装置入门的大学生和业余爱好者。

各类读者的学习起点相差悬殊。例如，工程师和技术员懂电子学，可是他们对程序装置可能知得很少，或是对检测与控制系统一无所知；程序设计员和程序分析员可能是计算机语言和计算机系统方面的专家，可是他们对检测控制系统（特别是对以微处理器为主的系统）可能一无所知；大学生和业余爱好者们则可能仅有一点电子学基本知识，而对程序装置毫无了解。

通过阅读本书，能使各种程度的读者达到同一水平，从而弥补上述的差距缺陷。不过要按照作者所著的系列丛书顺序，按部就班地阅读。书中关于装置的操作说明，在技术上是准确无误的，不过写得简单一些，而且在可能情况下力求不用专门名词，这样对程序设计员、大学生和业余爱好者们的学习有利。

书中前半部分专门阐述检测控制装置和微机的基本组成元件和基本原理，该部分是以概述形式编写，以便在有限的篇幅内，能概括有关各方面的问题。书中第二部分阐述目前工业中所用的一个实际的检测控制系统。因此，本书不仅使读者能详细地了解实际的微机检测与控制领域，而且还为读者提供了要了解该装置所必备的基础知识。

本书所包括的具体内容如下：

第一章，是微机检测与控制系统概论。

第二章，扼要地介绍控制与检测系统中常见的传感元件和变送器，此外还讨论了信号变换基础、测量电路以及典型的工业自动化系统中通用的控制元件（包括执行机构和发送器等）。

第三章，概要地叙述了微机及以微处理器为基础的数字装置。该章所讨论的问题，仅限于在第四章和第五章讨论的装置中所涉及到的。

第四章，结合第二章和第三章的基本内容，即将控制检测基础和微机控制结合起来，讨论一个真实的系统。

第五章，讨论怎样编制第四章所述系统的程序，来完成各种控制和检测功能，具体包括框图描述、编程方法以及该系统的程序举例。

单靠一个人，要写成这样一本内容极其广泛的读本是不可能的。许多专业人员为本书做了不少准备工作，献出了他们的聪明才智，尽了极大的力量，作者向他们致以衷心的感谢，同时也向那些直接或间接做出贡献的所有人们致谢。

J.D. 伦克

目 录

第一章 微机检测与控制概论	(1)
1-1 微机检测和控制系统的各环节之间的关系.....	(2)
1-2 自动检测和控制系统的类型.....	(3)
第二章 检测与控制系统中的元件	(7)
2-1 基本的测量和控制系统.....	(7)
2-2 变送器定义和传感方法.....	(8)
2-3 位移和力传感器.....	(10)
2-4 流体传感器.....	(16)
2-5 湿度传感器.....	(21)
2-6 光和放射性传感器.....	(23)
2-7 温度传感器.....	(26)
2-8 厚度传感器.....	(28)
2-9 无线电传感器.....	(30)
2-10 密度和比重传感器.....	(31)
2-11 化学传感器.....	(31)
2-12 基本信号变换电路.....	(32)
2-13 检测控制系统的测量.....	(37)
2-14 基本控制设备.....	(41)
第三章 微机 and 微处理器系统的元件	(53)
3-1 数制与字母数字代码.....	(53)
3-2 基本数字逻辑.....	(55)
3-3 微机术语.....	(67)
3-4 微机的部件.....	(67)
3-5 微机各电路的功能.....	(69)
3-6 微机的硬件.....	(74)
3-7 存储器硬件.....	(76)
3-8 输入/输出硬件.....	(80)
3-9 基本微机系统.....	(81)
3-10 微机的定时和同步.....	(89)
3-11 机器语言和汇编语言.....	(90)
3-12 微机控制系统的外部设备.....	(92)
第四章 通用编程器导论	(95)
4-1 HIP6940B/6941B通用编程器.....	(95)
4-2 输入/输出插板功能.....	(97)

4-3	通用编程器的功能	(105)
4-4	通用编程器的应用	(107)
4-5	通用编程器操作特点	(110)
4-6	通用编程器的基本操作原理	(114)
4-7	接口操作基本原理	(128)
第五章	通用编程器功能与编程基础	(137)
5-1	通用编程器框图	(137)
5-2	通用编程器输出方式	(139)
5-3	通用编程器输入方式	(142)
5-4	HP-IB 编程基础	(144)
5-5	插板原理与编程	(150)
5-6	D/A 电压转换插板 69321 B	(150)
5-7	电源/放大器控制插板 69325A—69328A	(151)
5-8	继电器输出插板 69330 A	(152)
5-9	数字输出插板 69331 A	(154)
5-10	集电极开路输出插板 69332 A	(154)
5-11	伺服马达控制插板 69335 A	(155)
5-12	D/A 电流转换插板 69370 A	(156)
5-13	实验线路板插板 69380 A	(157)
5-14	电压测量插板 69421 A	(157)
5-15	隔离的数字输入插板 69430 A	(158)
5-16	数字输入插板 69431 A	(159)
5-17	能读出继电器状态的继电器输出插板 69433 A	(161)
5-18	事件检测插板 69434 A	(162)
5-19	脉冲计数器插板 69435 A	(163)
5-20	过程中断插板 69436 A	(164)
5-21	实验线路板输入插板 69480 A	(164)
5-22	电阻输出插板 69500A—69513 A	(165)
5-23	可编程定时器插板 69600 B	(165)
5-24	频率基准插板 69601 B	(166)
5-25	多插板编程	(167)
5-26	电压扫描和测量	(167)
5-27	频率测量	(168)
5-28	时间间隔测量	(170)

第一章 微机检测与控制概论

微机检测与控制系统的繁简程度取决于其应用领域，以一个简单的检测控制系统——汽车发动机的注油系统为例，该系统包含了各种传感器，用来检测发动机和各种驾驶工况，如压力、高度、方向转度和速度等。用微机 and 微处理器将各种传感器的输出参数转换成控制信号，进而再把这些控制信号转换成控制发动机的各种操作，以调节油气混合比、油量和油速等。这样，有了这套检测和控制系統，尽管汽车运行状况不断变化，但它仍能使汽车发动机的工作处于最佳状态。

再看一个较复杂的检测和控制系統——自动化炼油厂的例子。该系统的基本环节如图 1-1 所示。在炼油装置的许多测点上装有各种专用**传感器**（或称**变送器**），用它们测量这些测点上的**过程变量**，典型的过程变量是油温、油压、流速、化学成分及浓度等。任何一个过程变量偏离额定值（如温度、压力等异常）都会得到控制系统的快速校正，从而使合格的石油源源流出、畅通无阻。

各个传感器将接收到的信号转换成相应的电信号（在老式的检测控制系统中，也可能是气动信号），输出至控制中心。换句话说，为了满足控制台的需要，传感器需将温度、压力等过程变量变换成相应的电信号形式再送到控制台。

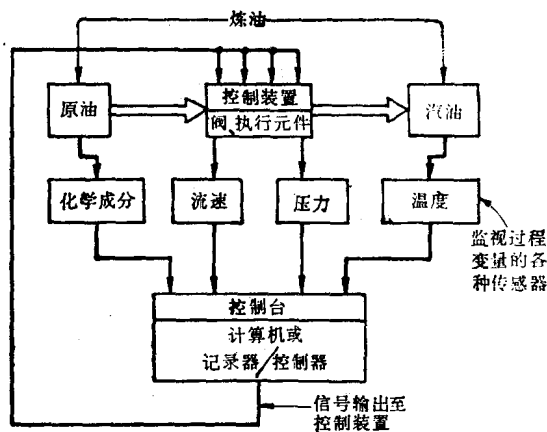


图 1-1 炼油自动检测和控制系統的基本环节

控制台型式繁多，在早期的无计算机系统
中，其基本环节大多采用**记录型控制器**，这种控制器一方面连续记录下过程变量，同时将这些过程变量与实时额定值（亦称**整定值**）相比较，当出现偏差时，控制器将输出偏差信号，该信号不仅反映**偏差的极性**，而且还反映**偏差的大小**。也就是说，这个偏差信号指出了过程变量是大于还是小于整定值以及相差多少。记录控制器的输出被送到**执行元件**（如电磁阀或马达驱动器），用它调节阀门开度，从而使过程变量恢复到额定值。

在象炼油这类大型控制系统中，各个过程变量不是独立变量，它们之间存在着复杂的联系。当一个变量发生变化时，往往要影响其它变量。例如，当油箱液体温度升高时，也伴随着液体压力的增大。这样，如果一个变量发生变化，那就应当重新校正各控制器的整定值，以补偿这些参数的变化。事实上，由于变量之间关系的复杂性，要完成这些操作，使系统达到最佳运行，即使熟练的工人也无能为力。

为了实现最佳运行，现代大多数检测和控制系統都应用了数字计算机。这些计算机可以是大型计算机，也可以是小型计算机或微型机。有些系統则用微处理器作为基本控制元件。不论采用哪种类型计算机，都要将传感器输出的信号转换成数字信号，再送至计算机，如图 1-2 所示。也就是说，传感器首先将温度、压力等物理量转换成电气量，然后将这些电气量

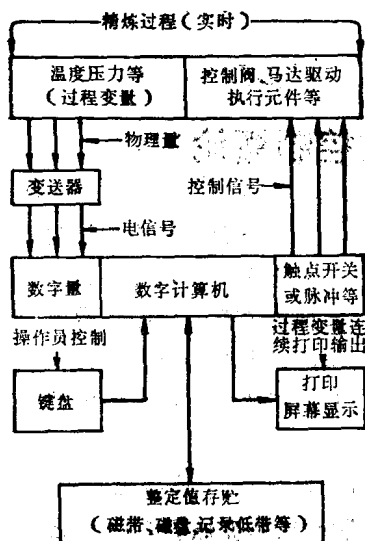


图 1-2 计算机检测和控制系统的基本环节

1—1 微机检测和控制系统各环节之间的关系

任何一个检测和控制系统的除基本环节——计算机或微处理器等外，至少还有三、四个环节。这些环节是：传感元件即变送器、信号检测单元、执行元件，有些还配备了检测仪表。

1-1.1 传感元件和变送器

典型的自动控制系统的第一个环节是传感元件（传感器，亦称变送器）。传感元件用来检测过程变量，它的输出是与过程变量成比例的电气信号。这些电气信号可以是电压，也可以是电流。例如，1 伏电压代表 1 磅压力；1 毫安电流变化代表 1 度温度变化等。在现代控制系统中所使用的传感器类型很多，其中有反映运动和力的传感器（加速度、方位、位移、力、力矩、压力、线速度、速度、张力），反映液体状态的传感器（流速、压力和液面），湿度、水分、光、辐射、温度和声音等传感器。这些传感器将在第二章讨论。尽管本书不可能将所有传感器都包括在内，但它却能反映现代控制系统所使用的各种传感器的概貌。关于传感器更全面的介绍，可参考本书作者所著《Handbook of Controls and Instrumentation》一书。

1-1.2 测量和信号检测单元

测量和信号检测单元是一切控制系统的重要组成部分。例如，在测量温度、压力、流速和酸度等过程变量时，该单元不仅要知道过程变量的数值大小，而且还要得到过程变量与整定值的偏差。用这个偏差值去驱动执行元件，从而使过程变量恢复到预置值。

在典型的自动控制系统中，首先应用传感器将过程变量转换成电气信号（或压力信号），典型的电气信号是电流、电压、电阻、电容、电感、频率和脉冲重复频率等。有关测量这些信号的一般方法将在第二章讨论。此外，在有微机的控制系统中，由于微机只能处理数字信号，所以测量和检测单元还包括 A/D（模—数转换）和 D/A（数—模转换）电路，有关这方面的内容也将将在第二章讨论。

1-1.3 执行元件

一般情况下，控制系统的最后一级由下列部件组成：

（模拟量）再转换成数字量送入计算机。

计算机（或微处理器控制器）的运算速度很快，能够迅速地算出各变量间的相互关系，产生各种输出信号，用以校正各控制器的整定值，从而达到最佳运行。在本书所讨论的先进控制系统中，就是用计算机完全取代了老式的记录型控制器，计算机连续不断地打印出各个过程变量（类似于商业计算机的打印机），把各个过程变量的整定值存放在存储器中（典型的存储器如磁带、磁盘及穿孔纸带等），并且可以根据需要修改这些整定值。当整定值修改后，计算机将传感输出的信号与新整定值相比较，然后输出适当的信号到各执行元件以进行调节。

- (1) 双位置开关
- (2) 开度可调节的阀门
- (3) 执行机械和电气操作的电磁装置
- (4) 可启停和正反转的调速马达（步进马达）

在控制系统的第一环节和最后一个环节之间，即在传感器和执行元件之间，还有许多元件，这些元件如开关、阀、筒状线圈、继电器、电子管和固态控制电路等。每个元件在系统中担负着一定的任务。在第二章将讨论一些通用元件，并说明它们的作用及其在现代控制系统中的应用。

1-1.4 测试设备、读出装置和计算机

笼统地讲，本书讨论的所有装置都可称为测试设备或仪器。但这里所提到的测试设备，则是指那些在系统各环节之间起着指示、传送或记录信号作用的装置。在老式简单的控制系统中，指示器是压力计、温度计、电表、配电板闪光指示器（例如，容器中液面高度达到一定值时发出红色闪光）及类似器件。在计算机控制系统中，指示器则往往是数字显示、终端屏幕显示或打印输出。在第四章和第五章我们将讨论一个在台式计算器上打印输出的例子（该台式计算器也起着控制器终端的作用）。

由于微机的复杂性，全面论述微机已超出本书范围，可是，有关微机的各个环节，特别是它在检测和控制系统中的应用将在第三章中讨论。读者可参考作者所著的《*Handbook of Microprocessors, Microcomputers, and Minicomputers*》或《*Handbook of Digital Electronics*》，该书对现代计算机基础进行了详尽的论述。

如果你已经熟悉检测与控制系统基础——传感器、信号检测单元及执行元件等，则可跳过第二章。此外，如果你已经完全掌握了微机系统，还可不必阅读第三章。不过，在你对其余章节的系统和电路进行详细探讨前，建议你至少将这两章浏览一遍。

1-2 自动检测和控制系统的类型

各行各业都有适应自身工艺要求的自动控制系统，而且每一个控制系统都有许多型式。但是，所有控制系统（无论含有计算机或不含有计算机）都可按如下两种通用类型来划分：**开环**或**闭环**系统。此外，每一类又可分为**连续**系统和**断续**系统。下面各节，我们将分别阐述这四种基本系统，然后对一个简单的控制系统作一些解释，这个系统虽然简单，但却包含了典型微机控制系统的全部基本环节——传感器、信号变换器、指示器、记录仪、控制器和执行元件等。

1-2.1 基本的断续开环控制系统

所谓开环控制系统，是指控制元件的动作与被控的过程变量无关。图 1-3 表示了一个断续开环控制系统的例子，在图中，开关是控制元件，室温是被控的过程变量。当开关接通时，电流流过加热器，使室温升高；当开关断开时，加热器中没有电流，室温开始下降。因为开关的动作不受室温（即过程变量）的影响，所以该系统是一个开环系统；又因控制电路只

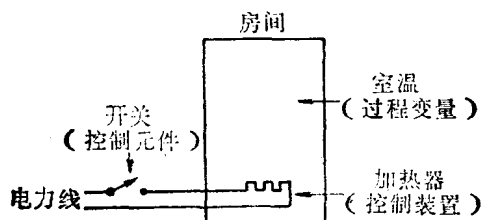


图 1-3 断续开环控制系统

能处于通或断两种不连续的状态，所以这个系统又是断续控制系统。

1-2.2 基本的连续开环控制系统

图 1-4 表示了一个连续开环系统的例子。图中可变电阻是控制元件，控制通过加热器的

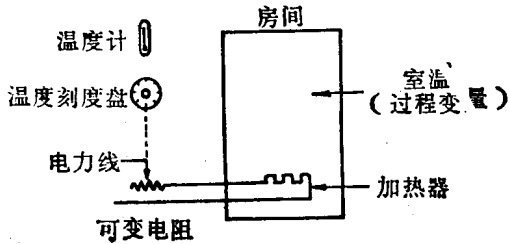


图 1-4 连续开环控制系统

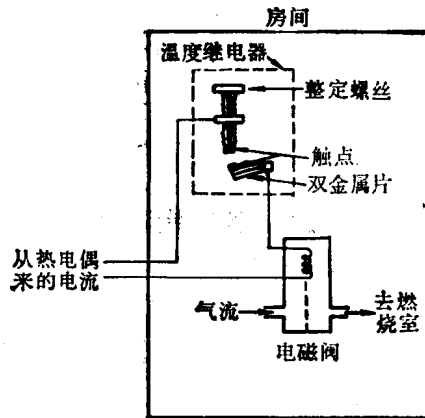


图 1-5 断续闭环控制系统

电流，而电流的大小又决定了室温。同样，由于被控的过程变量（即室温）不影响控制元件（可变电阻）的动作，所以这个系统是开环系统。但是，由于控制电路总是处于接通状态、连续运行，故该系统是一个连续控制系统。

在大多数连续开环控制系统中，常采用一种**带有刻度校准的控制元件**，按照刻度的大小将被控量（即过程变量）整定到期望值。例如在图 1-4 中，可将控制可变电阻的刻度盘，按所期望达到的室温来整定。不过，这样校准的室温将受到启闭门窗等情况变化的影响。实际上，可变电阻并无法感受到这种变化并作出相应的调整。

在大多数控制系统中，通常都希望用定值调节——使被调量保持在某一定值。如果用图 1-4 所示的开关系统，则必须用温度计这类**指示器**来经常监视被调量（室温），还要在机旁设一值班人员。当室温降到期望值以下时，机旁值班人员减小可变电阻（即增大通过加热器的电流），使室温恢复到期望值。当室温超过期望值时，则增大可变电阻。

1-2.3 断续闭环控制系统

开环系统的明显缺点在于不能实现自动调节。也就是说，如果没有人的干预，被调量（此处指室温）不能连续地得到调节，从而不能保持期望值。而用一个简单的闭环系统就能克服上述缺点。图 1-5 是一个简化的用热继电器控制加热器的调温方案。这里使用了气体加热器，进入燃烧室的气流受到阀门控制，而阀门又由流过**温度继电器**的电流所操纵（值得注意的是，电流是由装在加热器控制元件旁的热电偶产生，有关热电偶的问题将在第二章讨论，现在，我们的兴趣集中在用温度继电器控制燃烧室气流）。

在图 1-5 中，温度继电器（即控制元件）是一个双金属片，它随着所呈受的温度而弯曲。这是因为温度继电器是用两片膨胀系数不同的金属片粘结在一起，所以，当温度变化时，金属片将呈现弯曲。这种温度继电器通常装在室内墙上，且远离加热器调温装置。图 1-5 中，调节**整定螺丝**，使温度继电器的触点刚好在**所期望的温度值**时接触，从而使控制加热器阀的电路接通。这样，期望温度值即为整定值。

当室温超过整定值时，双金属片弯曲度加大，从而使触点分开，控制加热器阀门的电路被

切断，于是控制阀关闭了送往燃烧室的气体，室温开始降低。当室温降至整定值以下时，双金属片变直，使触点再次接触，于是电路闭合，控制阀门打开，气体被送往燃烧室，室温又向整定值回升。用这种控制系统，室温就能被保持在期望值附近。

图 1-5 所示的系统为一个**全自动控制系统**。其控制元件（即温度继电器）是将过程变量的实际值（室温）与相应的整定值相比较，两者的偏差（包括大小和极性）得到检测，然后控制器按一定方向调节，使偏差减至零。

图 1-5 系统中应用了**反馈**，即把过程变量的信号送至控制元件。此处，反馈至温度继电器的是房间的温度。由于采用了反馈系统（亦称**误差控制系统**），因此，闭环系统适用于无人干预的自动过程控制。采用闭环系统不仅可降低成本，而且没有人为因素存在，因此，这个系统一般较为可靠。即使在危险的、操作人员不能迅速干预的环境下，自动控制也能发挥作用。

1-2.4 微机控制的闭环系统

现在让我们来讨论与现代工业或其它行业更为接近的控制系统，图 1-6 表示了这种系统的一个实例。

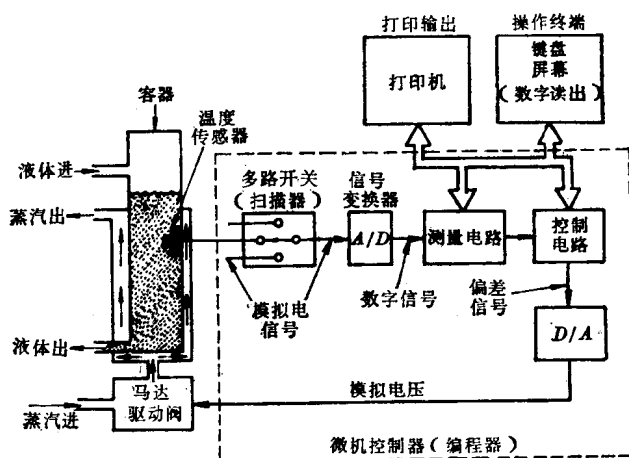


图 1-6 微机控制闭环系统

该系统用来使液体的温度（即过程变量）保持于定值。图中，流过容器的液体由蒸汽加热，而沿容器外壁的蒸汽通道又受阀门控制，自动控制系统调节着阀门的开度。

传感器的作用是检测过程变量。在图 1-6 所示系统中，传感器用来检测液体的温度并输出一个相应的电信号。该信号通过多路开关（即扫描采样器）进入信号变换器。采用多路开关是为了使控制器对复杂系统的多路传感信号进行采样。在老式控制系统中，多路开关是一种旋转式控制器。在现代控制系统中，多路开关则是一种固态电子扫描器，它可在 1 秒钟内对数百个甚至上千个信号采样。

传感器输出的是电压或电流模拟信号，而微机控制器只能处理数字信号。因此，图 1-6 中，在传感器和测量电路之间插入信号变换器 A/D，将模拟信号转换成数字信号。应该注意，信号的变换可由传感器本身来进行，也可由控制器实现，还可由传感器和控制器共同来完成，这需视控制系统的情况而定。很多情况下，信号变换要求很简单，仅需把传感器输出的毫伏信号转换成一个较高的电压信号（例如大多数微机中所采用的 5V 电压）；或是把直

流电流变成交流电流，或者相反。在微机控制系统中，信号变换常常还包含着模-数转换 A/D 和数-模转换 D/A。

控制器（即可编程序器）内的测量和信号检测电路是将过程变量的数字信号与整定值（或其它基准值）相比较。在典型的场合，还采用某些终端来操作控制器。有时，终端是一个带键盘和荧光屏的计算机。有时，终端仅仅是一个键盘和数字显示器。还有的控制器能自行控制而不需要任何终端。第四章和第五章将阐述一个通用编程器，该系统受台式计算机操纵，而该计算机既有显示器（数字显示）又有记录器（纸带打印输出）。

不论采用什么系统，测量和信号检测电路的输出总是加到控制器内的控制电路上，如图 1-6 所示。控制电路不但要接收上述输出信号，而且还要接收由终端或其它控制装置（如计算机键盘等）来的、对应于过程变量预置值的信号（即基准信号），控制电路对这两个信号进行比较，输出偏差量（包括大小和极性）。

简言之，控制器算出过程变量是大于还是小于预置值后，输出一个数字偏差信号（反映大小和极性），该信号被转换为模拟电压，用来驱动控制阀门开度的马达。根据偏差信号的极性，决定阀门开度是增大还是减小，从而改变了流入容器外壁的蒸汽量，达到调节过程变量（此处为液体的温度）的目的。

控制电路使偏差量减小到零。若过程变量的实际值大于预置值，阀门将被关闭，蒸汽流被截断，结果，过程变量（液体温度）将降低，当其下降至预置值以下时，阀门又被打开，蒸汽流又增加，这样，过程变量（温度）被保持在所要求的预置值允许误差范围内。

实用中，经常希望将过程变量连续地记录下来并加以保存。为此，测量信号不仅送往终端或数字显示装置，而且还可送往其它常用的记录仪器。图 1-6 所示的输出打印机很普通，它与字符处理器（即电传打字机）类似，提供书写记录。其它的普通记录仪磁带（磁盘记录仪），用来提供永久性的磁性存贮。还有 X-Y 绘图仪，用以提供永久性的图形记录。在第四章和第五章所述的系统，将采用计算机的纸带来记录全部过程变量。

第二章 检测与控制系统中的元件

这一章，我们将扼要地介绍检测与控制系统中常见的检测元件和变送器。此外，还将讨论信号变换基础、测量电路以及典型的工业自动化系统中通用的控制元件（包括执行机构和发送器）。

2—1 基本的测量和控制系统

如图 2-1 所示，基本的测量系统是由变送器组成。变送器将**被测量**或被测工况转换成电气信号。应注意，在本书和控制检测领域中，经常将术语**变送器**和**传感器**混用。准确地说，

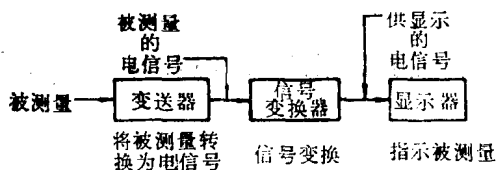


图 2-1 基本电子测量系统

变送器是一个完整的装置，其输出反映被测量大小，而传感器实际上是变送器中检测被测量的元件。因此，变送器可能仅包含一个传感器，也可能既包含传感器又包含变换元件，甚至还可包含信号变换电路。

变送器的输出信号有时可直接使用。可是，更多的情况是，变送器的输出信号需经信号变换电路变换。就图 2-1 所示的简单测量系统而言，信号变换器的输出加到显示器上（如模拟式或数字式仪表、图表记录仪、数字打印输出等），从显示器上可读出被测量的大小。

对于图 2-2 所示的控制系统，信号变换电路的输出加到控制器（或其它控制装置）的输

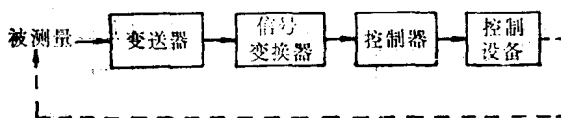


图 2-2 基本的电子控制系统

入端，控制器又根据被测的输入量大小产生输出，来使阀门、执行机构、马达等控制设备动作。例如，在一个十分简单的控制系统中，变送器测量油箱内的压力，并将其输出通过信号变换电路加到控制器的输入端。控制器的输出又去操纵阀门，调节油箱内的压力。在闭环控制的情况下（见第一章），油箱内压力可保持在一期望值附近。

信号变换电路可设在变送器内，也可设在控制器内，还可在两者中均设置。这是因为：第一，控制器可能是继电器之类的简单电磁装置，也可能是象数字计算机（在本书中，为微型计算机，简称微机）这样的复杂设备。各种控制器所要求的输入信号截然不同，继电器可用电阻型变送器输出的直流电压控制，而微机却要求输入数字脉冲。第二，即使只使用一种控制器，可是，由于所用的变送器会有多种，因此，各种变送器的输出必须与控制器的输入相匹配。例如，假定控制器需要直流输入信号，而控制系统中有些变送器输出的是交流信号，在

这种情况下，交流信号必须经**整流**或**检波**而变为直流。又如，假定控制器需要 5V 范围的信号，而变送器的输出是毫伏级，显然，必须将变送器的信号**放大**为 5V 才行。

2-2 变送器定义和传感方法

这一节，我们将讨论变送器怎样分类，并扼要地介绍常用的传感方法。

2-2.1 变送器分类

变送器有许多分类法，其中一种方法是根据下列问题分类：

1. **被测量**是什么（加速度、位移等）？
2. 变送器的**传感原理**是什么（电阻性、电容性等）？
3. **传感元件**是什么（波纹管、滑动臂等）？
4. 被测量的**上下限**是什么（ $\pm 5g$ 的重力、 $\pm 50^\circ$ 的转角等）？
5. **输出信号**的上下限是什么（ $\pm 5V$ 的电压、 $0 \sim 10mV$ 等）？
6. 变送器的**特性**是什么（信号变换电路为变送器的一部分、防水容器等）？

2-2.2 传感方法概述

下面对常用的传感方法进行概要介绍。用这些传感方法构成变送器的例子，将从第 2-3 节开始讨论。

电阻传感

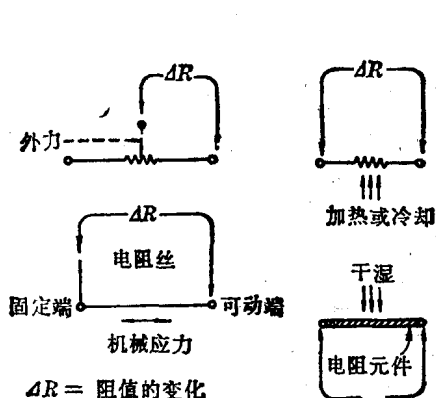


图 2-3 电阻传感

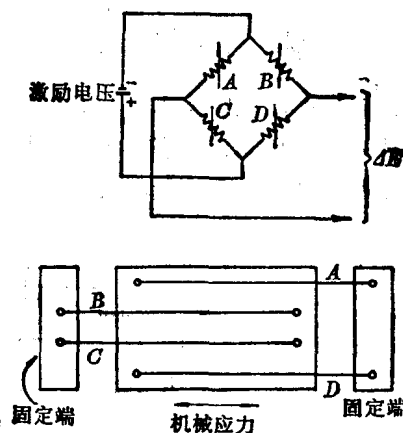


图 2-4 应变仪传感

如图 2-3 所示，电阻传感是将被测量转换成电阻的变化，这种电阻的变化可在导体或半导体中用各种方法实现。最常用的方法是由外力推动电阻器上的滑动臂使电阻变化，也可通过改变湿度、温度或加以机械应力，而使电阻元件的阻值发生变化。

应变仪传感

如图 2-4 所示，应变仪是电阻传感器的一种特殊形式。图中，应变仪将机械应力转换成电阻的变化。应变仪传感器通常接成**桥式电路**，桥的输入端加上恒定的参考电压，该电压可为直流，也可为交流。这取决于输出的要求（与系统其它传感器相匹配）。桥的输出电压幅值与应力大小成比例。

图 2-4 中分别表示了桥式应变仪传感的传感器结构图和电路图。在电路图中，箭头向上表示增大电阻，箭头向下表示减小电阻。应该注意，在某一方向的应力下，电阻 A、D 增

大，而电阻 B、C 减小。如果应力方向改变，那么，电阻 A、D 就减小，B、C 增加。电阻的这种变化使输出电压的极性改变。因此，输出电压既反映应力的大小，也反映应力的方向（分别由输出的大小和极性表示）。

电位计传感

如图 2-5 所示，电位计传感是电阻传感的另一种形式。图中，电阻元件接成了电位计，而不是象图 2-4 那样的可变电阻。电位计滑臂的移动使电阻的比率 B/A 发生变化。在典型应用中，电位计两端加上直流或交流基准电压，输出是电压比。例如，若参考电压是 10V，滑臂处于电阻元件的中点，那么，输出电压就是 5V。如果被测量使滑臂向上移动到 75% 的位置，那么输出电压就是 7.5V。

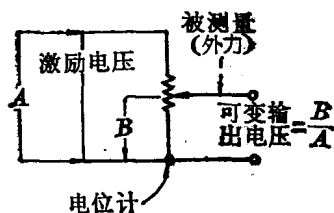


图 2-5 电位计传感

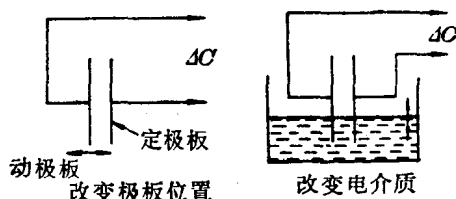


图 2-6 电容传感

电容传感

如图 2-6 所示，电容传感是将测量转换成电容的变化。电容器是由中间夹着电介质的两块极板组成。在电容传感中，当检测元件的移动使得一块极板相对于另一块极板发生位移时，电容就会发生变化。另外，若电容器的两块极板都是静止的，那么，当极板间的电介质发生变化（如液体电介质的升高或降低）时，电容也会发生变化。电容传感器经常接成类似于图 2-4 那样的桥式电路；不过，这时须加上交流激励电压。

电感传感

如图 2-7 所示，电感传感是将测量转换成线圈自感的变化。当与机械检测元件相连的线圈铁心发生位移时，自感就发生变化。电感传感器也经常接成类似于图 2-4 那样的桥式电路，且在输入端加上交流激励电压。

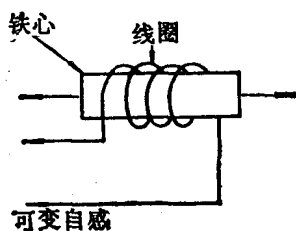


图 2-7 电感传感

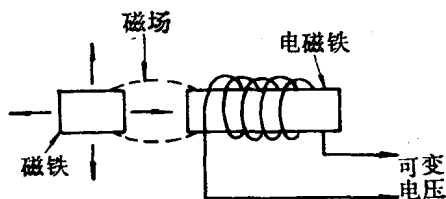


图 2-8 电磁传感

电磁传感

如图 2-8 所示，电磁传感是将测量转换成线圈中的感应电势（由于磁通变化而形成的）。这种传感器能自激励，因此它不需激励电源。当磁铁和具有铁心的电磁线圈之间发生相对位移时，就产生磁通的变化。电唱头和话筒就是电磁传感器的实例。话筒将声波转换成电压信号，而电唱头是将机械运动转换成电压。

磁阻传感

如图 2-9 所示，磁阻传感是将被测量转换成交流电压的变化。图中，线圈原边加上交流激励电压，随着磁阻的变化，副边的两个（或多个）线圈的感应电压就发生变化。通常，磁阻传感器接成桥式电路，或差动变压器形式。当与机械检测元件连在一起的磁心（有时称为电枢）发生位移时，磁阻就会变化。

压电传感

如图 2-10 所示，压电传感是将被测量转换成晶体所产生的电压。在一些压电传感器中，被测量改变两块极板间的静电荷（两块极板紧压着晶体）。两块极板间的晶体受拉力、压力或弯曲都会形成机械应力，这些外力又由与极板相连的检测元件产生。压电传感器能自激，因而不需外加激励电源。

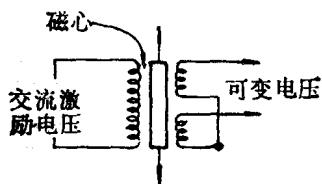


图 2-9 磁阻传感

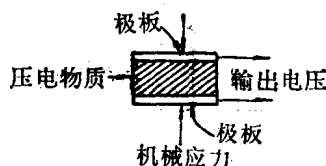


图 2-10 压电传感

光导传感

如图 2-11 所示，光导传感是将被测量转换成半导体材料（如硅、硒、锗）的电阻变化。随着光通量的变化，材料的电阻发生变化。在一些光导传感器中，光栅与检测元件相连，当光源和半导体材料间的光栅位置移动时，就产生光的变化。在另外一些光导传感器中，电阻的变化是由于半导体材料周围光的变化而产生。光导传感器经常接成带有直流激励电源的桥式电路。

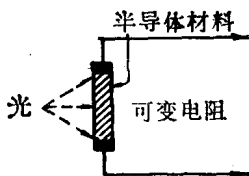


图 2-11 光导传感

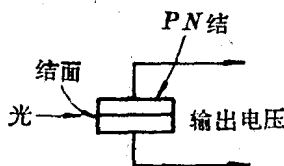


图 2-12 光电传感

光电传感

如图 2-12 所示，当光照射到不同半导体材料组成的 PN 结上时，被测量就被转换成电压。由于光电传感器能自激，故不需外加激励电压，而直接用来测量光的强度。有些传感器中，光电传感元件的光源是固定的，而由被测量的检测元件来移动光栅位置。

2—3 位移和力传感器

位移和力传感器可按传感的方法或传感的工况来分类。本节中，我们将采用后一种分类法，并对一些传感装置，如直线位移传感器、角位移传感器、转速传感器、压力传感器、张力传感器、扭矩传感器、加速度传感器、振动传感器以及方位传感器等，进行讨论。

2-3.1 直线位移传感器