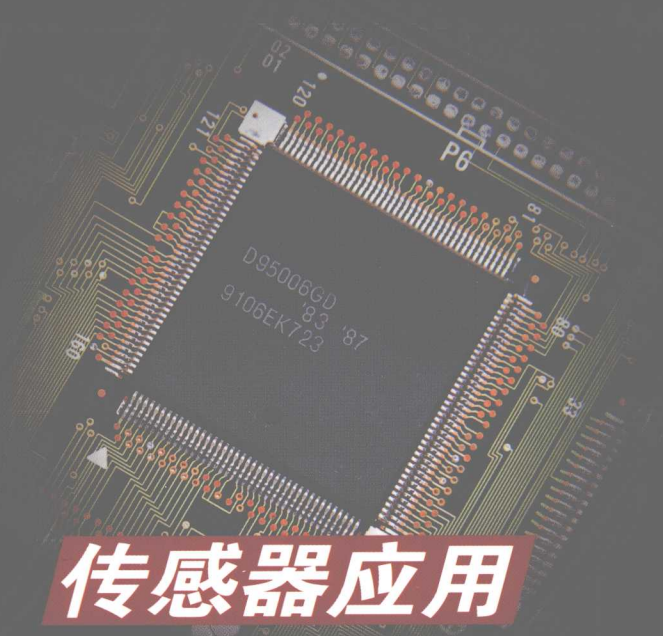




传感器应用

易读通

周云水 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

传感器应用

易读通

周云水 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了生产、生活中常用传感器的基本知识、主要技术参数、应用实例及修理技术,内容包括磁敏、光敏、红外、温度、湿度、力敏、气敏、超声波、位置及位移、流量与测速等传感器,书中收集和制作了大量照片和图片,具有很强的实用性。

本书可作为从事电类、机电一体化等工种的技术工人、企业电工初学者的技术参考和自学用书,也可以作为中等职业学校、高等职业院校电子电工、自动化、机电一体化等专业学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器应用易读通/周云水编著. —北京:中国电力出版社, 2007

ISBN 978-7-5083-5563-4

I. 传… II. 周… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 080262 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.75 印张 177 千字

印数 0001—4000 册 定价 13.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



传感器技术成为一门面向普通技工和职业学校在校生的独立学科,是最近几年的事。其实,在电子电工应用领域,传感器早就被当成一个基本元器件应用于各个方面,如把声信号转换成电信号的话筒、用来对电动机进行过载保护的热继电器、冰箱内部控制温度的温控器、各种位置开关等,这样说的目的是希望读者,特别是刚起步的从事与电相关工作的人员,不要对传感器有一种畏惧感,把传感器统统看成是什么尖端的、高科技的东西而敬而远之。当然,随着集成电路技术、计算机技术与机械微加工技术的快速发展,传感器元件中的技术含量越来越高,人们制造更精巧、更精确、更稳定的传感器来满足现代技术的要求,这也是事实。但作为普通电工或者职业学校学生,主要面对的不是传感器的开发与生产,而是传感器的应用与维护。电工在日常维修工作中,由于不懂传感器而造成无法开启机器或设施,传感器出故障后不会检测或修复,影响了正常的生产,这样的事屡有发生。所以,了解传感器的基本知识、主要技术参数,学会传感器的简单应用与维护,是从事电工职业的技工与职业学校学生必须掌握的知识与技能。

本书主要介绍生产、生活中常见的磁敏、光敏、红外、湿度、温度、力敏、气敏、超声波、位置及位移、测速与流量等传感器的基本知识、主要技术参数和典型应用实例。列举的传感器市场上均能见到,所选实例都是经过生产实践环节验证的具体电路或成熟的产品。当然,读者通过阅读本书后,也可以在书中提供的实例基础上举一反三,结合生产实际,自己设计、制作传感器应用电路。

对从事简单电工操作的人员来说，我们一直主张在传感器的应用方面不用去研究它是怎么制造的、内部结构如何，我们要做的只是去应用。加上一点基本的维修、替换技术。据此，本书在相关章节后，附加了一些根据作者平时检修传感器的经验而总结出来的内容，供读者参考，也欢迎读者就此与作者交流。

本书的特点是通俗易懂，图文并茂，实用性强。在编写过程中，参考了多位作者的资料，详见书末“参考文献”，在此表示感谢。俞伟忠花费大量时间在计算机上完成了主要的制图工作，在此深表谢意。

由于编者水平有限，书中不妥之处恳请读者和专家批评指正。

编 者



前言

第一章 传感器应用基本知识	1
一、引子：传感器应用实例展示	1
二、传感器的概念	2
三、传感器的组成	2
四、传感器的分类	3
五、传感器的特性	4
六、传感器的选用	5
七、传感器的保养与维修	7
第二章 磁敏传感器及其作用	11
一、霍尔传感器及其应用	11
二、霍尔集成电路及其应用	17
三、磁敏电阻及其应用	20
四、磁敏传感器的检修	23
五、磁敏传感器性能、参数及应用特点	23
第三章 光敏传感器及其应用	25
一、光敏电阻及其应用	25
二、光敏二极管及其应用	30
三、光敏晶体管及其应用	33
四、光敏晶闸管及其应用	41
五、光耦合器及其应用	44

六、光电池及其应用	46
七、光电管和光电倍增管及其应用	49
八、光敏传感器的检修	51
九、光敏传感器性能、参数及应用特点	52
 第四章 红外传感器及其应用	54
一、热释电型红外传感器基本知识	55
二、热释电型红外线传感器使用注意事项	56
三、热释电型红外传感器应用实例	57
 第五章 温度传感器及其应用	60
一、热敏电阻器及其应用	60
二、温度传感器集成电路及其应用	65
三、铂电阻及其应用	71
四、热电偶及其应用	74
五、温度传感器的检修	85
六、温度传感器性能、参数及应用特点	86
 第六章 湿敏传感器及其应用	88
一、相对湿敏传感器及其应用	90
二、绝对湿敏传感器及其应用	98
三、结露传感器及其应用	99
四、湿敏传感器的检修	101
五、湿敏传感器性能、参数及应用特点	101
 第七章 力敏传感器及其应用	103
一、力敏传感器的主要特性参数	103
二、应变片传感器及其应用	104
三、压电传感器及其应用	112
四、电容式力敏传感器	118

五、电感式力敏传感器·····	119
六、力敏传感器的检修·····	122
七、力敏传感器性能、参数及应用特点·····	123
第八章 气敏传感器及其应用 ·····	125
一、半导体气敏传感器及其应用·····	126
二、接触燃烧型气敏传感器·····	130
三、热传导式气体传感器及其应用·····	131
四、烟雾传感器及其应用·····	132
五、气敏传感器的检修·····	134
六、气敏传感器性能、参数及应用特点·····	135
第九章 超声波传感器及其应用 ·····	136
一、超声波传感器的基本知识·····	136
二、超声波传感器的主要参数·····	138
三、超声波探头电路·····	139
四、超声波传感器的应用·····	140
五、超声波传感器的检修·····	145
第十章 流量与测速传感器及其应用 ·····	147
一、流量传感器·····	147
二、转速、速度传感器·····	153
三、测速及流量传感器性能、参数及应用特点·····	157
第十一章 位置及位移传感器及其应用 ·····	162
一、模拟式位置及位移传感器的应用·····	162
二、数字式位置及位移传感器·····	173
三、接近传感器及其应用·····	182
四、位置及位移传感器的检修·····	186
五、位置及位移传感器性能、参数及应用特点·····	186

第十二章 传感器接口技术	191
一、传感器的接口电路	191
二、传感器与微型计算机的连接	199
三、抗干扰技术	203
参考文献	208
第十三章 传感器的应用	211
一、传感器的应用	211
二、传感器的应用	211
三、传感器的应用	211
四、传感器的应用	211
五、传感器的应用	211
六、传感器的应用	211
第十四章 传感器的应用	211
一、传感器的应用	211
二、传感器的应用	211
三、传感器的应用	211
四、传感器的应用	211
五、传感器的应用	211
第十五章 传感器的应用	211
一、传感器的应用	211
二、传感器的应用	211
三、传感器的应用	211
四、传感器的应用	211
五、传感器的应用	211
第十六章 传感器的应用	211
一、传感器的应用	211
二、传感器的应用	211
三、传感器的应用	211
四、传感器的应用	211
五、传感器的应用	211
第十七章 传感器的应用	211
一、传感器的应用	211
二、传感器的应用	211
三、传感器的应用	211
四、传感器的应用	211
五、传感器的应用	211
第十八章 传感器的应用	211
一、传感器的应用	211
二、传感器的应用	211
三、传感器的应用	211
四、传感器的应用	211
五、传感器的应用	211

第一章

传感器应用基本知识



一、引子：传感器应用实例展示

为了形象地了解传感器应用的全过程，在第一章的开头处先介绍一个典型的传感器应用实例——液位自动控制器。其工作原理如图 1-1 所示。

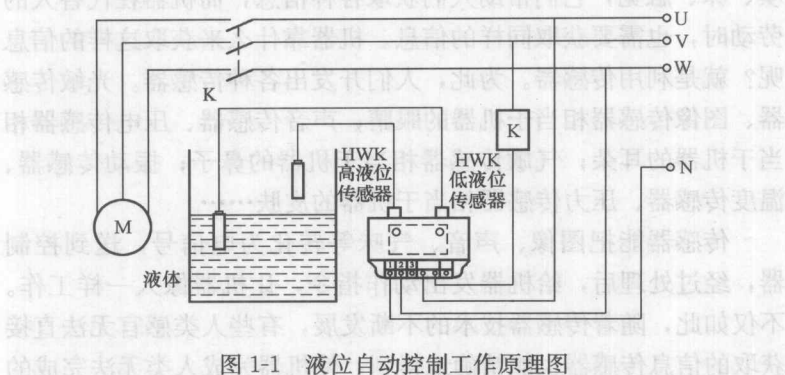


图 1-1 液位自动控制工作原理图

在图中，需控制的液体中放置着两个传感器，传感器为电容式传感器，其实物照片如图 1-2 所示。当液体即将接触高液位或低液位传感器的感应面时，该传感器就会发出一个信号到控制处理器，然后按照一定的程序断开或闭合接触器 K，通过接触器 K 的主触点关闭或者启动水泵电动机 M，这样液体储量就可以控

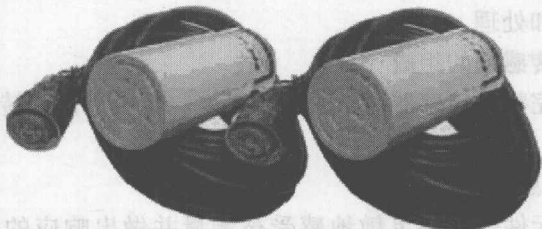


图 1-2 电容式液位传感器

制在需要的范围内，不用人去控制，整个系统能一直处在自动控制的状态，大大改善了工作环境，降低了劳动强度。

二、传感器的概念

科学技术的发展总是在不断地帮助人们从繁重、紧张的劳动中解放出来，由机器来代替人的劳动。我们知道，人们在劳动时，总是要通过各种感觉器官来获取外界的信息，从而决定做什么。人的“五官”——眼、耳、鼻、舌、皮肤分别具有视、听、嗅、味、触觉，它们帮助人们获取各种信息，而机器在代替人的劳动时，也需要获取同样的信息。机器靠什么来获取这样的信息呢？就是利用传感器。为此，人们开发出各种传感器。光敏传感器、图像传感器相当于机器的眼睛；声音传感器、压电传感器相当于机器的耳朵；气敏传感器相当于机器的鼻子；振动传感器、温度传感器、压力传感器相当于机器的皮肤……

传感器能把图像、声音、气味等转化为电信号，送到控制器，经过处理后，给机器发出动作指令，让机器像人一样工作。不仅如此，随着传感器技术的不断发展，有些人类感官无法直接获取的信息传感器也能精确地得到，使机器完成人类无法完成的工作，为人们的生活和社会的进步带来前所未有的发展前景。

在我国的国家标准中，是这样来定义传感器的：“能够感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置”。通俗地说，传感器就是一种以一定的精确度把被测量转换成便于应用的某种物理量的装置，这里所指的物理量主要以电量为主。如电压、频率、电荷量、开关量等。因为电量最容易传输、转换和处理。

三、传感器的组成

一个完整的传感器通常由敏感元件、转换元件和转换器三部分组成。

1. 敏感元件

敏感元件是能够灵敏地感受被测量并做出响应的元件。例如：铂电阻能根据温度的升降而改变电阻值，电阻值的变化就是

对温度升降做出的响应,所以铂电阻就是一种温度敏感元件。

为了获得被测量的精确数值,不仅要求敏感元件对所测量的响应足够灵敏,还希望它不受或少受其他环境因素的影响。例如:铂电阻的电阻值除受温度影响外,也会受到力(应力)的影响。我们希望它只受温度的影响,把力的影响消除或者降到最低水平,这就要求用适当的工艺消除力的影响。

敏感元件的输出响应与输入量之间如果呈线性关系,即两者的关系成固定比例,两者的变化按固定比率值变化,这当然是最理想的状态。但如果不是线性关系,只要这种关系不随时间而变化,也是可以满足使用的基本要求的。

2. 转换元件

在传感器中,敏感元件通常与转换元件装在一起,把非电量直接转换成电量。转换元件就是完成非电量转换成电量的工作。如把位移量转变成电容极板的间隙变化、把声音转换成频率的变化。电容量和频率值都可以用导线传送到别处测量、显示,尤其是频率更适合远距离传送。

某些敏感元件的输出响应本来就是电量,不用转换就能够传送到别处,例如铂电阻的阻值、应变半导体的电阻值、热电偶的电动势等,这样的传感器就没必要再设置转换元件。

3. 转换器

转换器的作用是把非标准信号转换成标准信号。

为了加强通用性和灵活性,某些传感器的输出可以靠转换器把非标准信号转换成标准信号,使之与带有标准信号的输入电路或接口的仪表相配套。传感器与微型计算机的连接也要通过转换器来实现。

四、传感器的分类

目前,传感器的分类方法有很多,有按被测量的性质分的、有按传感器的结构分的、有按输出量的性质分的、有按传感器的材料分的,每一种分类都有其优点,同时,也存在其不足。本书在分类上结合以上多种分类的优点,借鉴国际上通用的做法,以



用途为主,同时兼顾工作原理对传感器进行分类。在具体操作时,不拘泥于条条框框,更多的是贴近市场。传感器的名称力求与生产厂家及销售市场上的名称相符,以利于初学者方便地应用。

五、传感器的特性

1. 静态特性

对传感器静态特性的基本要求是输入为0时,输出也应为0,或输出相对于输入应保持一定的对应关系。

(1) 灵敏度与 S/N (信/噪比)。灵敏度是传感器选用时首先要考虑的。如果达不到测量时所必须的灵敏度,这种传感器就不能用。但传感器的灵敏度不是越高越好,因为灵敏度越高,就越容易受环境噪声的干扰,反而得不到理想的测量效果。

传感器输出中的信号与噪声分量的平方平均值之比称为信噪比 (S/N)。 S/N 小,信号与噪声就难以分清。若 $S/N=1$,就完全分辨不出信号与噪声,因此,在实际应用中, S/N 的值至少要大于10。

(2) 线性。线性是指传感器的输入与输出成固定的比例关系,然而,拥有理想线性关系的传感器很少,多数传感器的输入与输出呈现非线性关系。其原因除了来自传感器自身外,补偿电路、放大器、运算电路等都会引起非线性,所以,在这方面也没必要过分苛求。

(3) 时滞。时滞也叫回差,其特性与磁滞类似。这种特性会造成传感器的输入与输出不是一一对应关系,因此,在选用时要尽可能选时滞小的传感器。

(4) 精度。精度分为准确度与精密度。所谓准确度是指测量值与真实值的偏离程度。为修正这种偏差需要进行校正,完全校正是一件非常麻烦也不容易做到的事,所以,使用时应尽可能减小误差。

所谓精密度是指离散偏差。即测量相同对象时,每次测量得到的值不一样。

(5) 稳定性。理想的传感器是加相同大小的输入量时, 输出量总是一致的, 然而, 实际情况是输出量常常会变化。传感器在连续工作时, 即使输入量恒定, 其输出量也会朝着一个方向发生偏移。通常把这种现象叫做温漂。需要注意的是, 除传感器本身存在温漂外, 电子电路也会出现温漂。

(6) 环境特性。目前, 许多传感器材料采用灵敏度高的半导体, 而半导体对温度非常敏感, 这种现象将导致传感器的性能变差, 所以, 环境对传感器的影响不可小视, 而这种来自环境的影响中, 又以温度的影响最为严重。

除温度外, 气压、湿度、振动、电源电压及频率等都会造成对传感器的影响。

2. 动态特性

动态特性也是传感器的重要特性, 它主要是指传感器的响应快慢。传感器要检测的信号随时间而变化, 传感器自身也应具有跟上这种变化的特性, 这样才可以获得准确的输出信号。

六、传感器的选用

各种传感器在原理与结构上差别很大, 如何根据具体的测量目的、测量对象以及测量环境合理地选用传感器是在进行测量前首先要解决的问题。当传感器确定之后, 与之相配套的测量方法和测量设备也就可以确定了。测量结果的成败在很大程度上取决于传感器的选用是否合理。

1. 根据测量对象与测量环境确定传感器的类型

要进行一个具体的测量工作, 首先要考虑采用何种原理的传感器, 这需要分析多方面的因素之后才能确定。因为即使是测量同一物理量, 也有多种原理的传感器可供选用, 哪一种原理的传感器更为合适, 则需要根据被测量的特点和传感器的使用条件考虑以下一些具体问题: 量程的大小; 被测位置对传感器体积的要求; 测量方式为接触式还是非接触式; 信号的引出方法, 有线或是非接触测量; 传感器的来源, 国产还是进口, 价格能否承受, 还是自行研制。

在考虑上述问题之后就能确定选用何种类型的传感器，然后再考虑传感器的具体性能指标。

2. 选择合适的灵敏度

通常，在传感器的线性范围内，希望传感器的灵敏度越高越好。因为只有灵敏度高时，与被测量变化对应的输出信号的值才比较大，有利于信号处理。但要注意的是，传感器的灵敏度高，与被测量无关的外界噪声也容易混入，也会被放大系统放大，影响测量精度。因此，要求传感器本身应具有较高的信噪比，尽量减少从外界引入的干扰信号。

传感器的灵敏度是有方向性的。如果被测量是单向量，而且对其方向性要求较高，则应选择其他方向灵敏度小的传感器；如果被测量是多维向量，则要求传感器的交叉灵敏度越小越好。

3. 频率响应特性要符合要求

传感器的频率响应特性决定了被测量的频率范围，传感器的频率响应高，可测的信号频率范围就宽，在频率范围内，信号能保持不失真。但在实际中，传感器的响应总有一定的延迟，所以在使用时希望延迟时间越短越好。

在动态测量中，应根据信号的特点（稳态、瞬态、随机等）来确定传感器的频率响应特性，以免产生过大的误差。

4. 有足够宽的线性范围

传感器的线性范围是指输出与输入成正比的范围。从理论上讲，在此范围内，灵敏度保持定值。传感器的线性范围越宽，则其量程越大，并且能保证一定的测量精度。在选择传感器时，当传感器的种类确定以后，首先要看其量程是否满足要求。

但实际上任何传感器都不能保证绝对的线性，其线性度也是相对的。当所要求测量精度比较低时，在一定的范围内可将非线性误差较小的传感器近似看作线性的，这会给测量带来极大的方便。

5. 根据环境来选择稳定性

传感器使用一段时间后，其性能保持不变化的能力称为稳定

性。影响传感器长期稳定性的因素除传感器本身结构外,主要是传感器的使用环境。因此,要使传感器具有良好的稳定性,传感器必须要有较强的环境适应能力。

在选择传感器之前,应对其使用环境进行调查,并根据具体的使用环境选择合适的传感器,或采取适当的措施,减小环境的影响。

传感器的稳定性有定量指标,在超过使用期后,在使用前应重新进行标定,以确定传感器的性能是否发生变化。

在某些要求传感器能长期使用而又不能轻易更换或标定的场合,所选用的传感器稳定性要求更严格,要能够经受住长时间的考验。

6. 精度适可而止

精度是传感器的一个重要的性能指标,它是关系到整个测量系统测量精度的一个重要环节。传感器的精度越高,其价格越昂贵,因此,传感器的精度只要满足整个测量系统的精度要求就可以,不必选得过高。这样就可以在满足同一测量目的的诸多传感器中选择比较便宜和简单的传感器。

如果测量目的是定性分析的,选用重复精度高的传感器即可,不宜选用绝对量值精度高的;如果是为了定量分析,必须获得精确的测量值,就需选用精度等级能满足要求的传感器。

对某些特殊使用场合,无法选到合适的传感器,则需自行设计制造传感器。自制传感器的性能应满足使用要求。

七、传感器的保养与维修

1. 传感器的使用保养

传感器的种类很多,使用场合也很广,在使用传感器之前,应特别注意阅读说明书和相关资料。

归纳起来,传感器的使用注意事项主要有以下几点:

(1) 精度较高的传感器都需要定期校准,一般每 3~6 个月校准一次。

(2) 传感器通过插头与供电电源和仪表连接时,应注意引线

不能接错。

(3) 各种传感器都有一定的过载能力,但使用时尽量不要超过量程。

(4) 在搬运和使用过程中,注意别碰坏传感器的探头。

(5) 传感器不使用时,应存放在温度为 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 85%、无酸、无碱和无腐蚀性气体的室内。

2. 传感器的维修

传感器的维修要坚持“从系统着手、整体重于局部”的原则。

以影片声音重放系统为例。图 1-3 所示是电影影片声音重放过程的工作系统图。先介绍工作原理,影片声音在录制时是将声音转换为机械振动,再通过光束宽度的变换记录在电影胶片上的,胶片上宽度不同的影像声迹包含着声音的信息。

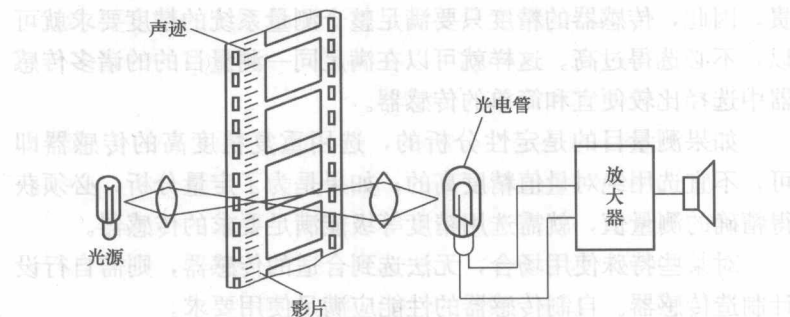


图 1-3 影片声音重放工作原理图

影片放音时,光源、胶片的声迹和光电管的位置被安放在同一条直线上,光源发出的光束,通过影片缘上声迹射入光电管中。由于声迹宽度的起伏变化,进入光电管的光线强弱也发生相应变化,光电流也就随着发生变化。光电流的这种变化经放大器放大后送入扬声器,就能把变化的电流还原成声音,在银幕放映画面的同时放出声音。