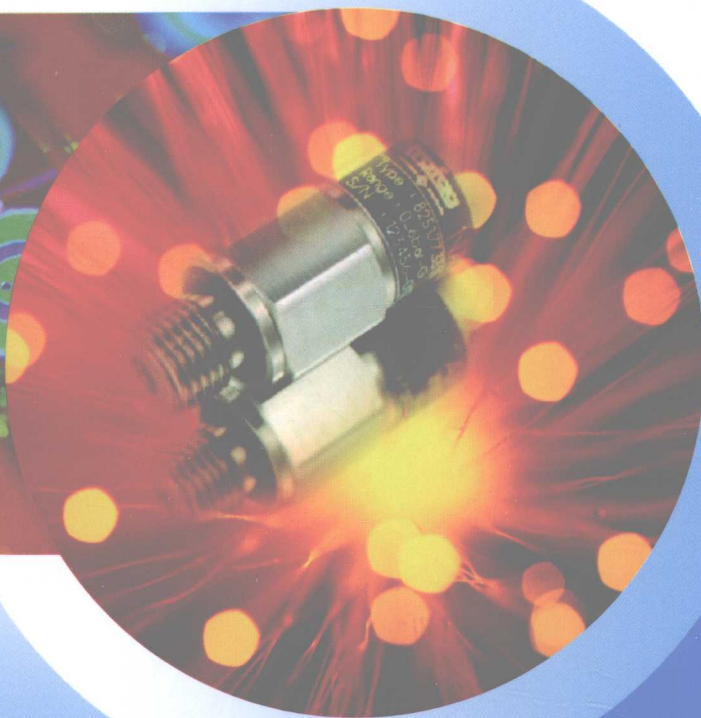




21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

传感器及其应用

主编 刘 民



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

传感器及其应用

主 编 刘 民

副主编 于海燕 刘美玉
王 新 丁 强

北京邮电大学出版社

北京·北京·北京

图书在版编目(CIP)数据

传感器及其应用/刘民主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008.2(2009.6重印)

ISBN 978-7-5635-1641-4

I. 传… II. 刘… III. 传感器—高等学校—教材 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 010253 号

传感器及其应用

刘 民 主 编

周 堃 赵延玲 副主编

书 名 传感器及其应用

主 编 刘 民

责任编辑 周 堃 赵延玲

出版发行 北京邮电大学出版社

社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876

经 销 各地新华书店

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 960 mm 1/16

印 张 8.75

字 数 176 千字

版 次 2008 年 5 月第 1 版 2009 年 6 月第 2 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5635-1641-4

定 价 15.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系 电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

出版说明

传感器是新技术革命和信息社会的重要技术基础,是现代科技的开路先锋,发达国家都把传感器技术列为国家重点开发的关键技术之一。在我国,科学技术的发展和社会进步的需要,推动着传感器技术迅猛发展,研制开发各种传感器,运用传感器技术服务于社会发展已成燎原之势。

为了使读者对传感器及其应用有一个较为全面的认识,本书共分六章,系统阐述了各种传感器的工作原理及常用测量电路。本书力求避免深奥生涩的理论推导,通过典型应用实例深入浅出地分析传感器应用系统的基本组成和工作原理,以期使广大读者理解书中所涉及的内容。本书理论与实践并重,内容浅显易懂,可作为中等职业学校仪器仪表、自动控制、电子技术和机电技术等专业的教科书,也可供从事检测、控制技术等相关专业的工程技术人员参考。

本书由济南信息工程学校刘民担任主编,于海燕、刘美玉、王新、丁强担任副主编。第1、5章由刘民编写,第3章由于海燕编写,第4章由刘美玉编写,第2章、第6章由刘民、于海燕、王新共同编写。另外,济南市供电局丁强工程师也参与了本书部分内容的编写,并对书中涉及到的应用实例进行了审核校对。在编写过程中,还得到许多学校老师的大力支持,在此一并感谢。

由于传感器技术是一门交叉学科,涉及知识面相当广泛,加之编者水平所限,书中难免有不当与错误之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 传感器概述	1
1.1 引言	1
1.2 传感器的定义及组成	2
1.3 传感器的基本特性	4
1.4 传感器的基本误差	8
本章小结	11
思考与练习题	12
第 2 章 传感器的基本应用	13
2.1 电阻应变式传感器	13
2.2 热电阻传感器	20
2.3 电容式传感器	23
2.4 电感式传感器	29
2.5 电涡流式传感器	37
2.6 压电式传感器	41
2.7 热电式传感器	45
2.8 磁电式传感器	50
2.9 霍尔传感器	54
2.10 气敏传感器	56
2.11 光电式传感器	58
2.12 超声波传感器	67
2.13 数字式传感器	72
本章小结	80
思考与练习题	82

第3章 抗干扰技术	85
3.1 干扰的来源与途径	85
3.2 抗干扰技术	88
3.3 抗干扰技术的设计	96
本章小结	98
思考与练习题	98
第4章 传感器的信号处理	99
4.1 传感器信号的预处理	99
4.2 仪表放大器及 A/D 转换器的选择	102
4.3 传感器信号非线性校正及标度变换	105
本章小结	107
思考与练习题	108
第5章 传感器在机电设备中的应用	109
5.1 传感器在汽车工业中的应用	109
5.2 家用电器中的传感器	115
本章小结	123
思考与练习题	123
第6章 传感器实验	124
实验1 应变式传感器测力实验	124
实验2 差动变压器测位移实验	126
实验3 电容式传感器测位移实验	127
实验4 电涡流式传感器位移测量实验	128
实验5 霍尔传感器的应用	130
实验6 光电转速传感器的转速测量实验	131
实验7 热电式传感器温度测量实验	132

第1章 传感器概述

学习目标

1. 了解传感器的作用及分类。
2. 理解传感器的定义和组成。
3. 掌握传感器的基本特性及误差处理。

1.1 引言

随着新技术革命的推进,人类社会逐步进入信息时代。信息技术相关产业如雨后春笋般蓬勃发展,逐步渗透到人类生产、生活的各个角落,如军事、科研、航空、航天、工业、交通、医疗、气象、海洋、家用电器等。信息技术的关键是信息的获取和信息的处理。在这一过程中,首先就是要利用传感器准确、可靠地获取信息,而后通过计算机进行信息加工处理。如果我们把计算机比作“大脑”,那么传感器就应比作“五官”。传感器技术与计算机技术相互作用,相互促进,共同影响着信息技术的发展。

传感器的重要性集中体现在它是自动检测和自动控制系统的首要环节。现代工业生产,尤其是自动化生产过程,需要采用各种传感器来检测、监视和控制各种静、动态参数,使设备或系统能正常运行并处于最佳状态,从而保证生产的高效率、高质量。因此可以说,如果没有众多性能优异的传感器,现代自动化生产也就失去了基础。

近30年来,随着IC技术快速发展和计算机的普及,传感器的地位日渐突出,在推进经济发展和社会进步过程中发挥着举足轻重的作用。所以,世界各国都将传感器技术列为尖端技术,尤其是在科技发达的美、英、德、俄、日等国,对传感器及其技术的发展更是倍加重视。在我国传感器技术亦是方兴未艾,研制开发出各种传感器,运用传感器技术服务于社会发展已成燎原之势。

传感器是新技术革命和信息社会的重要技术基础,是现代科技的开路先锋,科学技术的发展和社会进步的需要,推动着传感器技术迅速发展。新技术、新材料以及物理、化学、生物等领域的各种新发现不断应用到传感器设计和制造之中。

目前传感器技术的发展方向主要有以下几个趋势。

1. 集成化

集成传感器是新型传感器的重要发展方向之一。它利用微加工技术、集成加工技术将

敏感元件、测量电路、放大器及温度补偿元件等集成在一个芯片上。它们的体积只有传统传感器的几十乃至几分之一,质量从千克级下降到几十克乃至几克。这样的传感器不仅具有体积小、重量轻、可靠性高、响应速度快、稳定性好等特点,而且具有成本低、功耗小、便于批量生产和安装使用等优点。

2. 数字化

随着现代化的发展,传感器的功能已突破传统的功能,其输出不再是一个单一的模拟信号(如 $0\sim 10\text{mV}$),而是经过处理的数字信号。这种输出数字信号的传感器被称为数字化传感器。这类传感器具有测量精度高、分辨率高、测量范围广、抗干扰能力强、稳定性好、自动化程度高、便于动态和多路检测、性能可靠等特点。

3. 智能化

智能传感器是测量技术、半导体技术、计算技术、信息处理技术、微电子学和材料科学互相结合的综合密集型技术。智能传感器与一般传感器相比具有自补偿能力、自校准功能、自诊断功能、数值处理功能、双向通信功能、信息存储、记忆和数字量输出功能。随着科学技术的发展,智能传感器的功能将逐步增强,它将利用人工神经网络、人工智能和信息处理技术(如传感器信息融合技术、模糊理论等),使传感器具有更高级的智能,具有分析、判断、自适应、自学习的功能,可以完成图像识别、特征检测、多维检测等复杂任务。它可充分利用计算机的计算和存储能力,对传感器的数据进行处理,并能对它的内部行为进行调节,使采集的数据最佳。

4. 传感器的网络化

传感器网络化是传感器领域发展的一项新兴技术,传感器网络化是利用 TCP/IP 协议,使现场测控数据就近登临网络,并与网络上有通信能力的节点直接进行通信,实现数据的实时发布和共享。由于传感器的自动化、智能化水平的提高,多台传感器联网已推广应用,虚拟仪器、三维多媒体等新技术开始实用化。因此,通过互联网,传感器与用户之间可异地交换信息,厂商能直接与异地用户交流,及时完成如传感器故障诊断、指导用户维修或交换新仪器改进的数据、软件升级等工作,传感器操作过程更加简化,功能更换和扩展更加方便。传感器网络化的目标是采用标准的网络协议,同时采用模块化结构将传感器和网络技术有机地结合起来。

1.2 传感器的定义及组成

1.2.1 传感器的定义

根据国家标准(GB7665—87),传感器的定义是:能感受规定的被测量,并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置。由此定义可见:①传感器是一种检测装置,能完成检测任

务;②它能感受到被测量的信息,被测量可能是物理量、化学量,也可能是生物量等;③它能将感受到的信息按一定的规律变换成为电信号或其他所需形式的信号输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录、控制等要求;④输入输出有明确的对应规律,且应有一定的精度。需要指出的是,电信号最易于处理又便于传输,因此在当今信号处理技术中,定义中的“可用信号”通常是指电信号。同时在使用传感器检测时,被测信号可能是电量也可能是非电量,但绝大多数为非电量。因此也可把传感器狭义地定义为能把外界非电信息量转换成电量输出的器件。非电量的种类很多,常见的非电量有:位移、力、速度、温度、浓度等。

关于传感器,我国曾出现过许多名称,如发送器、传送器、变送器。有些国家和有些学科领域将传感器称为变换器、检测器或探测器。它们的内涵基本相同或相近,所以目前已经逐渐趋向统一,大都使用传感器这一名称了。

1.2.2 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路三个基本部分组成。

1. 敏感元件

敏感元件是能直接感受被测量,并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。例如弹性元件,当感测到力的作用时,会产生与力的大小对应的位移量。光敏电阻感测到光照后会产生与光照强度对应的电阻量。

2. 转换元件

转换元件是传感器的核心部分,是利用各种物理、化学、生物效应等原理制成的。敏感元件的输出就是它的输入,它能将接收到的非电量转换为电量。如应变计、压电晶体、热电偶等。

需要指出的是,不是所有的传感器都有敏感元件与转换元件。例如,热电偶传感器,它既是直接感知温度变化的敏感元件,又能直接将温度转换成电压输出,两种元件合二为一。还有许多光电式传感器也是如此。

3. 转换电路

转换元件的输出量一般非常微弱,不便于传输和使用。通过转换电路的处理,使转换元件的输出电参量转换为标准的、易于传输、易于应用的电信号。

4. 传感器的分类

在实际工程应用中,传感器应用领域极为广泛,种类不计其数,传感器的分类方法更是多种多样。按不同的方法对传感器进行分类,有助于从总体上认识和掌握传感器的原理、性能与应用。目前比较常用的分类方法如表 1.2-1 所示。

表 1.2-1 传感器的分类

分类方法	传感器的名称
按被测量分类	位移传感器、速度传感器、压力传感器、加速度传感器、气体传感器、流量传感器、温度传感器等
按工作原理分类	电阻应变式传感器、压电式传感器、电容式传感器、涡流式传感器、动圈式传感器、电磁式传感器、差动变压器式传感器等。
按输出信号的性质分类	模拟传感器、数字传感器、开关传感器
按照能量的传递方式分类	有源传感器、无源传感器

1.3 传感器的基本特性

根据被测量的变化状态,可以把传感器的输入量分为静态量和动态量。静态量是指稳定状态信号或者是变化极其缓慢的信号;动态量是指随时间变化的信号。无论是静态输入量还是动态输入量,传感器的输出量都应精确地反映出被测量的变化。这取决于传感器的基本特性:静态特性和动态特性。

1.3.1 传感器的静态特性

传感器的静态特性是指对静态输入信号,传感器的输出量 y 与输入量 x 之间所具有的相互关系。因为这时输入量和输出量都和时间无关,所以它们之间的关系(即传感器的静态特性)可用一个不含时间变量的代数方程,或以输入量作横坐标、把与其对应的输出量作纵坐标而画出的特性曲线来描述。表征传感器静态特性的主要参数有:量程、线性度、灵敏度、分辨力和迟滞、重复性等。

1. 测量范围和量程

传感器所能测量的最大被测量的数值为测量上限,最小被测量的数值称为测量下限。测量上限和测量下限所构成的区间称为测量范围。测量上限和测量下限的代数差称为量程,即

$$\text{量程} = \text{测量上限} - \text{测量下限}$$

2. 传感器的线性度

图 1.3-1 所示为传感器的理想特性曲线。通常情况下,传感器的实际静态特性输出是条曲线而非直线。在实际工作中,为使仪表具有均匀刻度的读数,常用一条拟合直线近似地代表实际的特性曲线,如图 1.3-2 所示。线性度(非线性误差)就是用来描述实际特性曲线和拟合直线之间的相似程度的一个性能指标。它采用实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差与满量程输出的百分比表示:

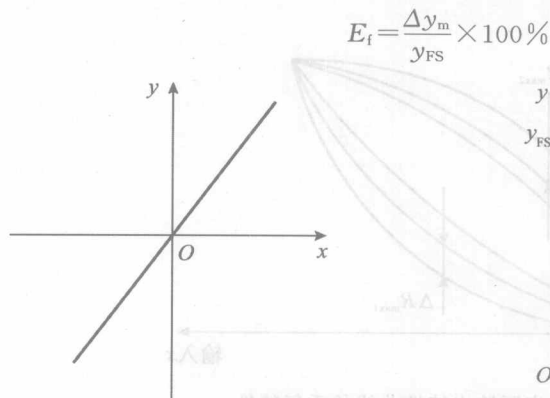


图 1.3-1 传感器理想线性特性图

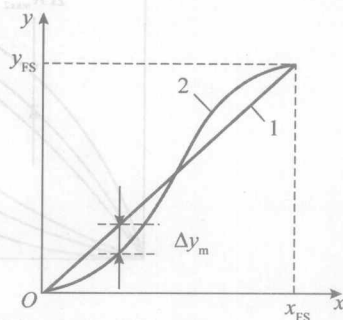


图 1.3-2 特性曲线与线性度关系曲线

1—拟合曲线;2—实际特性曲线

拟合直线的选取有多种方法。如将零输入和满量程输出点相连的理论直线作为拟合直线,或将与特性曲线上各点偏差的平方和为最小的理论直线作为拟合直线,此拟合直线称为最小二乘法拟合直线。

3. 灵敏度

灵敏度是指传感器在稳态工作情况下,传感器输出量的变化量与输入量变化量的比值,其表达式为

$$S = \Delta y / \Delta x$$

可见传感器特性曲线的斜率就是其灵敏度。以拟合特性曲线作为其特性的传感器的灵敏度为一常数,与输入量的大小无关。

4. 分辨力

分辨力是指传感器在规定测量范围内所能检测到的最小输入增量。也就是说,输入量的变化值如果未超过某一数值时,传感器的输出不会发生变化,只有输入量的变化超过了分辨力的量值时,其输出才会发生变化。分辨力的高低同时也反映了传感器的精度。

5. 重复性

重复性是指当传感器在相同的条件下,输入量按同一方向全量程连续多次测试时,所得到的特性曲线不一致的程度。

如图 1.3-3 所示为实际输出特性曲线的重复特性,正行程的最大重复性偏差为 $\Delta R_{\max 1}$,反行程的最大重复性误差为 $\Delta R_{\max 2}$,在两个偏差之中取较大者作为 $\Delta R_{\max}$ 。重复性通常用 $\Delta R_{\max}$ 与满量程输出值比的百分数表示,即

$$\gamma_R = \pm \frac{\Delta R_{\max}}{y_{FS}} \times 100\%$$

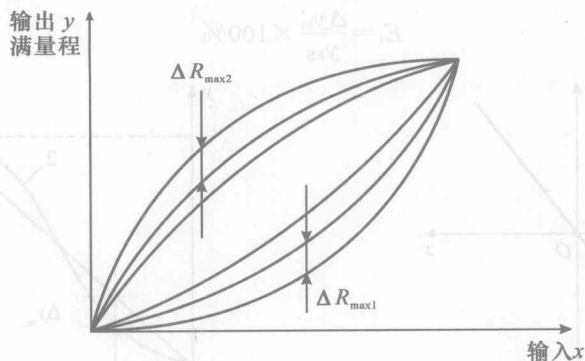


图 1.3-3 实际输出特性曲线的重复特性

6. 迟滞

迟滞现象是指传感器正向特性曲线(输入量增大)和反向特性曲线(输入量减小)的不一致程度。如图 1.3-4 所示,迟滞一般用两曲线之间的最大差值 Δy_m 与满量程输出 y_{FS} 的百分比表示,即 $E_t = (\Delta y_m / y_{FS}) \times 100\%$ 。迟滞可由传感器内部元件存在能量的吸收造成。

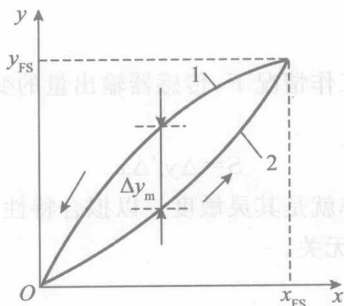


图 1.3-4 迟滞特性图

1—正向; 2—反向

7. 传感器的精度等级

传感器的精度等级是为了简单表示传感器测量结果的可靠程度而引用的。常见的精度等级有 0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.0 级、2.5 级、5.0 级。数值越小,精度等级越高,测量越精确。

1.3.2 传感器的动态特性

所谓动态特性是指传感器在输入变化时的输出的特性。在实际工作中,很多被测量要随时间的变化而变化,如果此时传感器不能快速响应并提取信号,测量工作就无法进行。所以必须研究传感器的动态特性,只有这样才能判断选用的传感器是否恰当,并可计算在使用时的误差大小。传感器的动态特性常用它对某些标准输入信号的响应来表示。这是因为传

传感器对标准输入信号的响应容易用实验方法求得,并且它对标准输入信号的响应与它对任意输入信号的响应之间存在一定的关系,往往知道了前者就能推定后者。最常用的标准输入信号有阶跃信号和正弦信号两种,所以传感器的动态特性也常用阶跃响应和频率响应来表示。

1. 阶跃响应

输入为阶跃信号时,传感器的响应被称为阶跃响应。从阶跃响应中我们可以得到传感器在时间域内的响应特性。如图 1.3-5 所示输入信号是幅值为 A 的阶跃信号,此时传感器阶跃响应如图 1.3-6 所示。

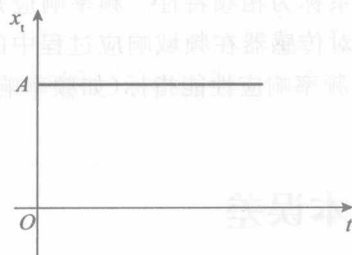


图 1.3-5 幅值为 A 的阶跃信号

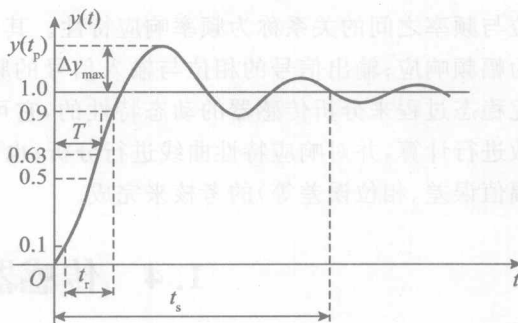


图 1.3-6 传感器阶跃响应

整个响应分为动态响应和稳态响应两个过程。动态响应是指传感器从初始状态到最终状态的输出响应过程。稳态响应是指传感器经过足够长的时间状态稳定后的输出响应。阶跃响应主要是通过分析动态响应过程来研究传感器的动态特性。主要参数有时间常数 T 、上升时间 t_r 、响应时间 t_s 、超调量 δ 、震动次数 N 、稳态误差 e_s 等。

(1) 时间常数 T

它是指输出量上升到稳态值的 63% 所需的时间。

(2) 上升时间 t_r

通常是指输出量由稳态值的 10% 上升到 90% 所需的时间。它反映了传感器的响应速度, t_r 越小响应速度越快。

(3) 响应时间 t_s

响应时间是指从输入量开始起作用到输出进入稳定值所需的时间。一般情况下 $t_s \approx (3 \sim 5)T$ 。

(4) 超调量 δ

它是指在过渡过程中,输出量与稳态值的最大偏差与稳态值之比的百分数。超调量反映了传感器的动态精度,超调量越小,说明传感器的过渡过程进行得越平稳。

(5) 振荡次数 N 它是指在响应时间内, 输出量在稳态值上、下摆动的次数。振荡次数越少, 传感器的稳定性越好。

(6) 稳态误差 e_s 。

它是指当传感器输出稳定以后, 传感器的实际输出值与期望值之差, 它反映了传感器的稳态精度。

2. 频率响应

将各种频率不同而幅值相等的正弦信号输入到传感器, 传感器输出正弦信号的幅值、相位与频率之间的关系称为频率响应特性。其中输出信号的幅值与输入信号的频率的关系称为幅频响应; 输出信号的相位与输入信号的频率的关系称为相频特性。频率响应是通过研究稳态过程来分析传感器的动态特性的, 它可以通过对传感器在频域响应过程中的波形参数进行计算, 并对响应特性曲线进行分析; 也可通过对频率响应性能指标(如频率响应范围、幅值误差、相位误差等)的考核来完成。

1.4 传感器的基本误差

测量是人类认识客观世界, 获取定量信息的重要手段。测量结果是指由测量所获得的被测量的值。测量结果可以用数值、曲线或图形形式表示出来。任何测量都不可能绝对准确, 都存在误差, 只要误差在允许范围内即可认为符合标准, 传感器也不例外。所谓传感器的误差, 即传感器的输出值与理论输出值的差值。因此要求设计与制造传感器时, 允许有误差, 但必须在规定的误差范围之内。为了使传感器能满足一定的精度要求, 我们要掌握误差的种类及分析产生误差的原因、克服与减少误差的方法。

1.4.1 测量数据的表述方法

测量数据的表述通常采用的方法有表格法、图示法和经验公式法。通过数据的表述, 将被测量的变化规律反映出来, 以便于进一步分析和应用。

1. 表格法

表格法是根据检测的目的和要求, 把一系列测量数据列成表格, 然后再进行其他的处理。

表格法的优点是简单、方便、数据易于参考比较, 同一表格内可以同时表示多个变量之间的变化关系; 缺点是不直观, 不易看出数据变化的趋势。因此, 不适宜进行深入的分析。表格法是图示法和经验公式法的基础。

2. 图示法

图示法是用图形或曲线表示数据之间的关系, 它能形象直观地反映数据变化的趋势, 如

递增或递减、极值点、周期性等。但是图形不能进行数学分析。

在工程测试中,多采用直角坐标系绘制测量数据的图形,也可采用其他坐标系(如对数坐标系、极坐标系等)来描述。在直角坐标系中,将测量数据描绘成图形或曲线时,应该使曲线通过尽可能多的数据,曲线以外的数据尽可能靠近曲线,曲线两侧数据点数目大致相等,最后应得到一条平滑曲线。

3. 经验公式法

测量数据不仅可以用图示法表示各变量之间的关系,还可以用与图形对应的数学公式来描述变量之间的关系,从而进一步分析和处理数据,该数学模型称为经验公式。要建立一个能正确表达测量数据函数关系的公式,很大程度上取决于测量人员的经验和判断能力,有时需要反复多次才能得到与测量数据接近的公式。

1.4.2 传感器的基本误差

1. 测量误差的基本概念

(1)真值 真值是指某被测量的真实数值。被测量的真值是客观存在,是一个理想的概念,一般是不可测量的。在测量中,一方面无法获得真值,而另一方面又往往需要运用真值。因此,在实际测量中,经常采用“约定真值”和“相对真值”。在实际测量中,被测量的实际值、已修正过的算术平均值均可作为约定真值。相对真值叫实际值,是在满足规定准确度时用来代表真值使用的值。

(2)标称值 标称值是指测量器具(仪器)上标志的量值。如标准砝码上标出的 1kg,受制造、测量(或检定)及环境条件变化的影响,标称值不一定等于它的实际值。为此,在给出标称值的同时,通常也给出它的误差范围或精度等级。

(3)示值 示值是指由测量仪器(系统)给出或提供的量值,也称测量值。

(4)测量结果 测量结果是指由测量所得的测量值。在测量结果的表述中,还应包括测量不确定度和有关影响量的值。

(5)测量精度 即测量结果的精度,是指反映测量结果与真值接近程度的量。它与测量误差相对应,即误差大,精度低;误差小,精度高。也就是说,测量精度是从另一角度评价测量误差大小的量。

(6)测量误差 测量误差是测量结果与被测量真值之差,即:测量误差=测量结果-真值。

2. 误差的分类

在测量中由不同因素产生的误差是混合在一起同时出现的。为了便于分析研究误差的性质、特点和消除方法,下面将对各种误差进行分类讨论。

(1)按表示方法分类

①绝对误差

绝对误差可定义为

$$\Delta = X - L$$

式中, Δ 为绝对误差; X 为测量值; L 为真值。对测量值进行修正时要用到绝对误差。修正值实际上是与绝对误差符号相反、大小相等的值。实际值等于测量值加上修正值。

② 相对误差

相对误差可定义为

$$\delta = \frac{\Delta}{L} \times 100\%$$

式中, δ 为相对误差, 通常用百分数表示; Δ 为绝对误差; L 为真值。

当实际测量中被测量的真值 L 无法知道时, 则用测量值 X 代替真值 L 进行误差计算, 得出的相对误差定义为标称相对误差, 即

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \times 100\%$$

③ 引用误差

引用误差是表示相对满量程的一种误差表示方法, 用仪表测量时常采用这种误差表示方法。引用误差也用百分数表示, 即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_{\max} - A_{\min}} \times 100\%$$

式中, γ 为引用误差; Δ 为绝对误差; $A_{\max}$ 为仪表量程上限; $A_{\min}$ 为仪表量程下限。

仪表精度等级是根据引用误差来确定的。我国电工仪表精度分七个等级, 即 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。例如, 某一个仪表的精度等级为 0.1 级, 表示该仪表的引用误差的最大值不超过 $\pm 0.1\%$; 同样, 1.0 级仪表的引用误差的最大值不超过 $\pm 1\%$ 。

真正反映实际测量精度的是实际相对误差。从最大满度(引用)误差和实际相对误差的定义公式不难看出, 被测量的大小愈接近量程, 相对误差就愈接近于最大满度(引用)误差, 因此对于同等级精度的仪表, 选择适当的量程, 使被测量位于仪表量值的上限附近, 将能充分利用仪表精度获得较精确的测量结果。

④ 容许误差

根据技术条件的要求, 规定某一传感器误差不应超过的最大范围。

(2) 按误差出现规律分类

通常将测量误差按其性质分为三类: 随机误差、粗大误差和系统误差。

① 随机误差

由于偶然因素的影响而引起的, 其数值大小和正负号不定, 而且难以估计。它往往是由许多未被掌握或不便控制的微小因素综合作用造成的, 它不能通过实验方法加以消除, 但是总体仍服从一定的统计规律, 能用统计处理方法减少其影响。随机误差表现了测量结果的分散性。在误差理论中常用精密度来表征随机误差的大小。随机误差愈小, 精密度愈高。

②粗大误差

指在一定的条件下测量结果显著地偏离其实际值时所对应的误差。它常常由某些突发性的异常因素所造成。例如:读数、记录、计算等明显性过错,以及在测量进行过程中受到较大的突然冲击、震动和干扰的影响等。这些异常的误差因素,显著地歪曲了测量结果,应当按一定的准则判定,并将含有粗大误差的数据剔除。

③系统误差

指误差的数值是一个常数或按一定规律变化的值。它又可分为恒值误差和变值误差。恒值误差是指在一定条件下,误差的数值及符号都保持不变的系统误差;变值误差是指在一定条件下,误差按某一确定规律变化的系统误差。

系统误差主要由以下几个因素引起:材料、零部件及工艺缺陷;环境温度和湿度;压力变化及其他外界干扰。系统误差表明了一个测量结果偏离真值和实际值的程度。系统误差愈小,测量愈准确,所以常常用准确度来表征系统误差的大小。系统误差是有规律的,它可以通过实验方法或引入修正值方法予以修正。

(3)按被测量随时间变化的速度分类

①静态误差

指在测量过程中,被测量随时间变化很缓慢或基本不变时的测量误差。

②动态误差

在被测量随时间变化时所测得的误差。动态误差是在动态测量时产生的。例如用笔式记录仪测得的结果,由于记录笔有惯性量,输出量在时间上不能与被测量的变化一致,而造成的误差就属于动态误差。

(4)按使用条件分类

①基本误差

指检测系统在规定的标准条件下使用时所产生的误差。所谓标准条件指一般传感器在实验室、制造厂或计量部门标定刻度时所保持的工作条件,如电源电压 $220\text{ V}(\pm 5\%)$; 温度 $20 \pm 5^\circ\text{C}$; 湿度小于 80% ; 电源频率 $50 \pm 1\text{ Hz}$ 等。基本误差是检测仪表在额定条件下工作所具有的误差,检测仪表的精度就是由基本误差决定的。

②附加误差

当使用条件偏离规定标准条件时,除基本误差外还会产生附加误差,例如由于温度超过标准引起的温度附加误差、电源附加误差以及频率附加误差等。这些附加误差在使用时会叠加到基本误差上去。

本章小结

信息技术的关键就在于信息的采集和处理,传感器处于研究对象与测控系统的接口位置,它提供系统赖以进行决策和处理所必需的原始数据。