

高等院校高素质技术技能型人才培养
规划教材



传感器技术 及应用

CHUANGANQI JISHU
JI YINGYONG

蔡莉莎 韩宝如 主 编
陈 雷 潘云霞 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高等院校高素质技术技能型人才培养
规划教材



传感器技术 及应用

主 编 蔡莉莎 韩宝如
副主编 陈 雷 潘云霞
参 编 林尔敏 曾维鹏
黄 果 何 玲



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以传感器应用为研究对象,采用“学习情境+项目”的编排方式,以传感器技术的应用场所为载体设计学习情境,每个学习情境由若干个项目组成,每个项目以典型项目为主线。本书内容包括:认识传感器、传感器在家居生活中的应用、传感器在公共场所的应用、传感器在工农业生产中的应用。本书是一本实现教、学、做一体化的教材。

本书内容体现实践性,强调应用性,既可作为高职高专院校电子、电气、自动化和机电一体化等专业的教材和教学参考书,也可供相关领域的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感器技术及应用/蔡莉莎,韩宝如主编. —北京:中国电力出版社,2016.5

高等院校高素质技术技能型人才培养规划教材

ISBN 978-7-5123-9339-4

I. ①传… II. ①蔡…②韩… III. ①传感器-高等学校-教材
IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 103658 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

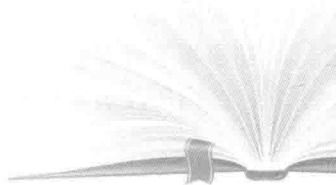
2016 年 5 月第一版 2016 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.5 印张 279 千字
定价 32.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

前言



本书是为适应高等职业教育教学改革的需求而编写,为了满足社会对高素质技能型人才的要求,用工作过程系统化课程开发方法,重构传感器技术的知识点和技能要求,以传感器技术应用场所为载体设计学习情境,用与职业岗位相对应的工程项目构建课程知识体系,并针对学习情境环节来设计学习单元,充分体现课程内容的职业性,突破了以学科为中心的课程内容体系。全书采用学习情境+项目化的编写模式,并邀请了企业人员参与编写。既是理论教材,也是一本应用性较强的实践教材。

传感器技术是现代信息科学技术中的一个重要领域,也是一门涉及知识面广,与生产实践联系紧密,综合性很强的课程,但对于一般的技术人员来说,重点在于传感器的应用,即选择应用各类传感器的能力,组成各种检测系统的能力和各種测试模块电路的设计制作能力,本书正是基于传感器的应用而编写。

在本书的编写过程中,与多家企业进行了紧密合作,并紧扣教育部课程改革的要求,具有以下特点:

(1) 在教材内容的安排上,根据职业能力目标的要求,以传感器应用为导向,以典型传感器产品为项目来设计学习情境,采用学习情境+项目化的编写模式。

(2) 在每个项目中,以传感器应用为主线,结合传感器的原理、技术参数及选用原则,并通过具体的应用电路来加深对以上内容的理解。

(3) 在每个项目的内容组织上,适当保留传统的理论知识,每个项目以一个具体的项目为主线,每一个项目则介绍一种不同传感器的应用。

(4) 让学生在每个教学项目的学习过程中,学会完成相应工作任务;在内容安排上也是由简到繁,逐步深入,以应用性教学为主,注重增强学生的实践动手能力。

全书分为五个学习情境,学习情境一认识传感器,学习情境二传感器在家居生活中的应用,学习情境三传感器在公共场所的应用,学习情境四传感器在工农业生产中的应用,学习情境五实验项目。

本书由海南软件职业技术学院蔡莉莎、韩宝如老师担任主编,东北石油大学秦皇岛分校陈雷、海南软件职业技术学院潘云霞担任副主编,海南软件职业技术学院吴恒玉担任主审,参加编写的还有海南软件职业技术学院的林尔敏、曾维鹏、黄果,广东水利电力职业技术学院的何玲等。其中蔡莉莎编写学习情境二、学习情境三的项目三、项目四,韩宝如编写学习情境一、学习情境五、学习情境三的项目一,陈雷编写附录A,附录B,潘云霞编写学习情境四,林尔敏编写学习情境三的项目二、附录C。海南软件职业技术学院曾维鹏、黄果,广东水利电力职业技术学院的何玲参与部分内容整理。全书由蔡莉莎统稿,并得到海南软件职

业技术学院的领导和老师的大力帮助，在此表示感谢！

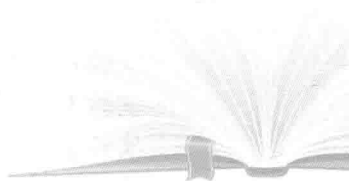
在本书的编写过程中，还得到了深圳市金聚宝科技有限公司和杭州沃福思电子科技有限公司的大力支持，海南软件职业技术学院领导对教材的出版给予了极大的支持和帮助，同时还参考了许多教材、文献及网络资料，在此深表感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2015.12

目 录



前言

学习情境一 认识传感器	1
项目一 测量误差的处理	1
项目二 传感器的选用	9
项目三 差动放大电路的制作与调试	16
思考与练习	21
学习情境二 传感器在家居生活中的应用	23
项目一 简易电子秤的设计制作	23
项目二 煤气漏气报警器的设计与制作	32
项目三 电热毯自动保护恒温器的设计制作	39
项目四 碎玻璃报警器的设计与制作	50
思考与练习	59
学习情境三 传感器在公共场所的应用	61
项目一 热释电子狗报警器的设计与制作	61
项目二 磁敏入侵报警器的设计制作	70
项目三 声光控节电公共照明开关的设计与制作	77
项目四 红外烘手器的设计与制作	87
思考与练习	99
学习情境四 传感器在工农业生产中的应用	100
项目一 霍尔计数器的设计与制作	100
项目二 电感式金属探测仪设计与制作	108
项目三 储水池液位检测电路的设计与制作	115
项目四 大棚湿度报警器的设计与制作	123
思考与练习	130
学习情境五 实验项目	132
实验一 单臂电桥性能实验	132
实验二 半桥性能实验	134
实验三 全桥性能实验	135
实验四 电容式传感器的位移特性实验	136
实验五 差动变压器性能实验	137

实验六	压力传感器的压力测量实验·····	138
实验七	霍尔传感器的特性实验·····	140
实验八	电涡流传感器的特性实验·····	141
实验九	光纤传感器特性实验·····	142
实验十	智能调节仪温度控制实验·····	143
实验十一	K 型热电偶测温实验·····	146
实验十二	气敏传感器实验·····	147
实验十三	湿敏传感器实验·····	148
实验十四	智能调节仪转速控制实验·····	149
综合实训	——转速的测量·····	150
附录 A	新型传感器·····	154
附录 B	无线传感器网络·····	168
附录 C	现代检测系统·····	173
参考文献	·····	178

学习情境一

认识传感器

项目一 测量误差的处理



【知识目标】

- (1) 知晓自动检测系统基本概念。
- (2) 知晓测量误差的概念。
- (3) 了解测量误差的分类及表示方法。



【能力目标】

- (1) 掌握误差的表示方法。
- (2) 能够根据测量结果计算各误差。

1.1.1 项目要求

测量约 90V 的电压。实验室现有 0.5 级 0~300V 和 1.0 级 0~100V 的电压表，根据需要确定选择哪种电压表。

1.1.2 项目引入

测量和检测问题广泛地存在于各行各业，存在于生产、生活等领域，而且随着生产力水平与人类生活水平的不断提高，对测量和检测问题提出了越来越高的要求。

由于测量方法和仪器设备的不完善，周围环境的影响以及人的观察力等限制，实际测量值和真值之间，总是存在一定的差异。人们常用绝对误差、相对误差等来说明一个近似值的准确程度。为了评定实验测量数据的准确性或误差，认清误差的来源及其影响，需要对测量的误差进行分析和讨论。由此可以判定哪些因素是影响实验准确度的主要方面，进一步改进测量方法，缩小实际测量值和真值之间的差值，提高测量的准确性。

1.1.3 预备知识

(一) 检测系统的组成

自动检测系统或者自动检测装置是实现信息提取、信息转换以及信息处理的系统或装置。信息提取是从自然界、社会、生产过程或科学实验中获取人们所需要的信息。信息处理是自动检测的真正目的，是指人们把已经获得的信息进行加工、运算、分析或综合，以便进行预报、报警、检测、计量、保护、控制、调度和管理等，达到预防自然灾害、防止事故发生、提高劳动生产率、正确计量、改善产品质量、顺利进行科学实验、进行文明生产和科学

管理等目的。

当今信息社会，人们对信息的提取、处理、传输以及综合等要求愈加迫切。作为信息提取的功能器件——仪表或传感器与人类的关系愈来愈密切。例如，用温度传感器对温度进行监测，用气敏传感器对煤气溢出进行监测等。

在自动检测系统中，各个组成部分是以信息流的过程来划分。检测时，首先需要获取被测量的信息，并通过信息的转换把获得的信息变换为电量，然后进行一系列的处理，再用指示仪或显示仪将信息输出，或由计算机对数据进行处理，最后把信息输送给执行机构。所以一个



图 1-1-1 自动检测系统的组成

检测系统主要分为信息的获得、信息的转换、信息的处理和信息的输出等几个部分。要完成这些功能主要依靠传感器、信号处理电路、显示装置、数据处理装置和执行机构等。其具体组成框图如图 1-1-1 所示。

1. 传感器

传感器是把被测量（如物理量、化学量、生物量等）变换为另一种与之有确定对应关系，并且容易测量的量（通常为电学量）的装置。它是一种获得信息的重要手段，它所获得信息正确与否，关系到整个检测系统的准确度，因而在非电量检测系统中占有重要的地位。

2. 信号处理电路

通常传感器输出信号是微弱的，需要由信号处理电路加以放大、调制、解调、滤波、运算以及数字化处理等。信号处理电路的主要作用就是把传感器输出的电学量变成具有一定功率的模拟电压（或电流）信号或数字信号，以推动后级的输出显示或记录设备、数据处理装置及执行机构。

根据测量对象和显示方法的不同，信号处理电路可以是简单的传输电缆，也可以是由许多电子元件组成的数据采集卡，甚至包括计算机在内的装置。

3. 显示装置

测量的目的是使人们了解被测量的数值，所以必须有显示装置。显示装置的主要作用是使人们了解检测数值的大小或变化的过程。目前常用的显示方式有模拟显示、数字显示、图像显示 3 种方式。

4. 数据处理装置和执行机构

数据处理装置就是利用微机技术，对被测结果进行处理、运算、分析，对动态测试结果进行频谱、幅值和能量谱分析等。

在自动测控系统中（见图 1-1-2 和图 1-1-3），经信号处理电路输出的与被测量对应的电压或电流信号还可以驱动某些执行机构动作，为自动控制系统提供控制信号。

随着计算机技术的发展，微机在自动检测系统中已得到了非常广泛的应用。微机在检测技术分支领域中的应用主要有：自动测试仪器及系统、智能仪器仪表和虚拟仪器等。

被检测的各种参数（如温度、流量、压力、位移、速度等）由传感器变换成易于后续处理的电信号。如果传感器输出信号太弱或信号质量不高，则应先经过前端预处理电路进行放大、滤波等，再经过数据采集子系统转换成数字量，并通过接口送入微机子系统，经过微机

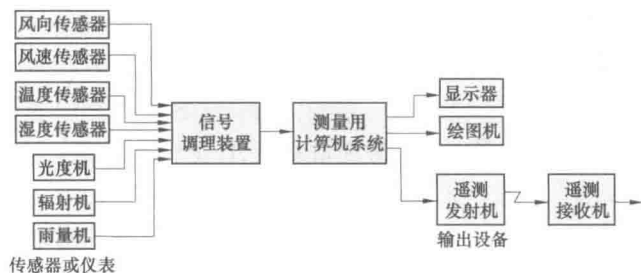


图 1-1-2 气象参数自动检测系统组成框图

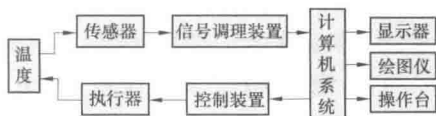


图 1-1-3 电炉温度自动检测与控制系统组成框图

运算、变换处理后，由数据分配子系统和接口输出到执行机构，以实现要求的自动控制；或由基本 I/O 子系统及其接口输出用于显示、记录、打印或绘制成各种图表、曲线等。另外，基本 I/O 子系统还可完成状态、参数的设置和人-机联系。

微机自动检测技术不仅能解决传统的检测技术不能或不易解决的问题，而且能简化电路、增加功能、提高准确度和可靠性等，还能实现人脑的部分功能，使自动检测系统具有智能化，达到代替人工的自动检测目的。随着微机自动检测技术的不断发展，自动检测系统会变得更加智能化、多功能化。

(二) 测量误差

1. 测量误差的定义

测量的目的是希望得到被测对象的真值（实际值）。但由于检测系统（仪表）不可能绝对准确、测量原理的局限、测量方法的不尽完善、环境因素和外界干扰的存在以及测量过程可能会影响被测对象的原有状态等，也使得测量结果不能准确地反映被测量的真值而存在一定的偏差，这个偏差就是测量误差。测量误差的主要来源可以概括为工具误差（又称仪器误差）、环境误差、方法误差和人员误差等。

测量的目的就是为了求得与被测量真值最接近的测量值。在合理的前提下，这个值越逼近真值越好。但不管怎么样，测量误差不可能为零。在实际测量中，只需达到相应的准确度就可以了，绝不是准确度越高越好。必须清楚地知道，提高测量准确度是要付出人力、物力，是要以牺牲测量可靠性为代价的。那种不计工本，不顾场合，一味追求越准越好的做法是不可取的，要有技术与经济兼顾的意识，应追求最高的性价比。

2. 真值

一个量严格定义的理论值通常叫理论真值，如三角形三内角和为 180° 等。许多量由于理论真值在实际工作中难以获得，通常用约定真值或相对真值来代替理论真值。

(1) 约定真值

根据国际计量委员会通过并发布的各种物理参量单位的定义，利用当今最先进科学技术复现这些实物单位基准，其值被公认为国际或国家基准，称为约定真值。

(2) 相对真值

如果高级检测仪器（计量器具）的误差仅为低一级检测仪器误差的 $1/3 \sim 1/10$ ，则认为前者是后者的相对真值。

(3) 标称值

计量或测量器具上标注的量值，称为标称值。

(4) 示值

检测仪器（或系统）指示或显示（被测参量）的数值叫示值，也叫测量值或读数。

3. 测量误差的表示方法

(1) 绝对误差。绝对误差（用 δ 表示）是指测量值 A_x 与被测量真值 A_0 之间的差值，即

$$\delta = A_x - A_0 \tag{1-1-1}$$

由式（1-1-1）可知，绝对误差的单位与被测量的单位相同，且有正负之分。用绝对误差表示仪表的误差大小也比较直观，它被用来说明测量结果接近被测量真值的程度，但不能作为衡量测量准确度的标准。在实际使用中，被测量真值 A_0 是得不到的，一般用理论真值或计量学约定真值 X_0 来代替 A_0 。则式（1-1-1）可写成

$$\delta = A_x - X_0 \tag{1-1-2}$$

(2) 相对误差。相对误差（用 γ 表示）是指绝对误差 δ 与被测量真值 A_0 的百分比。即

$$\gamma = \frac{\delta}{A_0} \times 100\% \tag{1-1-3}$$

在实际测量中，由于被测量真值是未知的，而指示值又很接近真值，因此也可以用指示值 A_x 代替真值 A_0 来计算相对误差。

绝对误差是有单位的，和被测量具有相同的量纲。用绝对误差无法比较不同的量程、不同测量结果的误差，因此，多数场合评价仪表准确度都用相对误差。例如：用天平测得两个物体的质量分别是 100.0g 和 1.0g，两次测量的绝对误差都是 0.1g。从绝对误差来看，对两次测量的评价是相同的，但是前者的相对误差为 0.1%，后者则为 10%，后者的相对误差是前者的一百倍。

(3) 引用误差。引用误差是绝对误差 δ 与仪表量程 L 的比值，通常以百分数表示，即

$$\gamma_0 = \frac{\delta}{L} \times 100\% \tag{1-1-4}$$

如果以测量仪表整个量程中，可能出现的绝对误差最大值 δ_m 代替 δ ，则可得到最大引用误差 γ_{0m} ，即

$$\gamma_{0m} = \frac{\delta_m}{L} \times 100\% \tag{1-1-5}$$

对一台确定的仪表或检测系统，出现的绝对误差最大值是一个定值，所以其最大引用误差就是一个定值，由仪表本身性能所决定。一般用最大引用误差来确定测量仪表的准确度等级。工业仪表常见的准确度等级有 0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.0 级、2.5 级、5.0 级等。在具体测量某一个值时，其相对误差可以根据仪表允许的最大绝对误差和仪表指示值进行计算。选用测量仪表时，应当根据被测量的大小和测量准确度要求，合理地选择仪表量程和准确度等级，只有这样才能提高测量准确度，做到最好的性价比。

(三) 误差分类

误差产生的原因多种多样，根据误差的性质和产生的原因，一般分为三类：

1. 系统误差

系统误差是指在测量和实验中由未发觉或未确认的因素所引起的误差，而这些因素影响结果总朝一个方向偏移，其大小及符号在同一组实验测定中完全相同，当实验条件确定，系统误差就获得一个客观上的恒定值。当改变实验条件时，就能发现系统误差的变化规律。

系统误差产生的原因：测量仪器不良，如刻度不准，仪表零点未校正或标准表本身存在偏差等；周围环境的改变，如温度、压力、湿度等偏离校准值；实验人员的习惯和偏向，如读数偏高或偏低等引起的误差。针对仪器的缺点、外界条件变化影响的大小、个人的偏向，待分别加以校正后，系统误差是可以消除的。

2. 随机误差

在已消除系统误差的一切量值的观测中，所测数据仍在末一位或末两位数字上有差别，而且它们的绝对值和符号的变化，时而大时而小，时正时负，没有确定的规律，这类误差称为偶然误差或随机误差。随机误差产生的原因不明，因而无法控制和补偿。但是，倘若对某一量值作足够多次的等准确度测量后，就会发现偶然误差完全服从统计规律，误差大小或正负的出现完全由概率决定。因此，随着测量次数的增加，随机误差的算术平均值趋近于零，所以多次测量结果的算术平均值将更接近于真值。

3. 粗大误差

粗大误差是一种显然与事实不符的误差，它往往是由于实验人员粗心大意、过度疲劳和操作不正确等原因引起的。此类误差无规则可寻，只要加强责任感、多方警惕、细心操作，粗大误差是可以避免的。

（四）误差的处理及消除方法

从工程实践可知，测量数据中含有系统误差和随机误差，有时还含有粗大误差。它们的性质不同，对测量结果的影响及处理方法也不同。在测量中，对测量数据进行处理时，首先判断测量数据中是否含有粗大误差，如有，则必须加以剔除。再看数据中是否存在系统误差，对系统误差可设法消除或加以修正。对排除了系统误差和粗大误差的测量数据，则利用随机误差性质进行处理。总之，对于不同情况的测量数据，首先要加以分析研究，判断情况，再经综合整理，得出合乎科学的结果。

1. 随机误差的处理

在相同条件下，对某个量重复进行多次测量，排除系统误差和粗大误差后，如果测量数据仍出现不稳定现象，则存在随机误差。

在等准确度测量情况下，得到 n 个测量值 $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，设只含有随机误差 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ ，这组测量值或随机误差都是随机事件，可以用概率数理统计的方法来处理。随机误差的处理目的就是从这些随机数据中求出最接近真值的值，对数据准确度的高低（或可信度）进行评定并给出测量结果。

2. 粗大误差的判别与坏值的舍弃

在重复测量得到的一系列测量值中，首先应将含有粗大误差的坏值剔除后，才可进行有关的数据处理。但是也应当防止无根据地随意丢掉一些误差大的测量值。对怀疑为坏值的数据，应当加以分析，尽可能找出产生坏值的明确原因，然后再决定取舍。实在找不出产生坏值的原因，或不能确定哪个测量值是坏值时，可以按照统计学的异常数据处理法则，判别坏值并加以舍弃。

3. 消除系统误差的常用方法

（1）在测量结果中进行修正。对于已知的系统误差，可以用修正值对测量结果进行修正；对于变值系统误差，设法找出误差的变化规律，用修正公式或修正曲线对测量结果进行修正；未知系统误差，则按随机误差进行处理。

(2) 消除产生系统误差的根源。在测量之前，仔细检查仪表，正确调整和安装；防止外界干扰影响；选择环境条件比较稳定时进行读数等。

(3) 在测量系统中采用补偿措施。找出系统误差的规律，在测量系统中采取补偿措施，自动消除系统误差。如用热电偶测量温度时，热电偶参考端温度变化引起系统误差，消除此误差的方法之一是在热电偶回路中加一个冷端补偿器，进行自动补偿。

(4) 实时反馈修正。由于微机自动测检技术的发展，可用实时反馈修正的方法来消除复杂变化的系统误差。当查明某种误差因素的变化对测量结果有明显的复杂影响时，应尽可能找出其影响测量结果的函数关系或近似的函数关系。在测量过程中，用传感器将这些误差因素的变化转换成某种物理量形式（一般为电量），及时按照其函数关系，通过计算机算出影响测量结果的误差值，对测量结果进行实时的自动修正。

1.1.4 项目实施

欲测量约 90V 的电压，实验室现有 0.5 级 0~300V 和 1.0 级 0~100V 的电压表。问选用哪一种电压表进行测量为好？

用 0.5 级 0~300V 的电压表测量 90V 的相对误差为

$$\gamma_{m0.5} = a_1 \% \times \frac{U_n}{U} = 0.5 \% \times \frac{300V}{90V} = 1.7 \%$$

用 1.0 级 0~100V 的电压表测量 90V 的相对误差为

$$\gamma_{m1.0} = a_2 \% \times \frac{U_n}{U} = 1.0 \% \times \frac{100V}{90V} = 1.1 \%$$

本项目中选用 1.0 级 0~100V 的电压表测量更合适。

项目说明：用量程范围适当的 1.0 级仪表进行测量，能得到比用量程范围大的 0.5 级仪表更准确的结果。因此，在选用仪表时，应根据被测量值的大小，在满足被测量数值范围的前提下，尽可能选择量程小的仪表，并使测量值大于所选仪表满刻度的 2/3，即 $X > 2X_u/3$ 。这样就可以达到既满足测量误差要求，又可以选择准确度等级较低的测量仪表，从而降低仪表的成本。

1.1.5 项目评价

完成项目后，对学生电压表的选择结果进行检查与验收。按照表 1-1-1 项目评价的评价要求进行评价。

表 1-1-1 项目评价

学习情境		地 点		
班 级		项目成员		
项目名称				
工作时间		年 月 日 —— 年 月 日		
评价项目		评价依据		分值 评分
自我评价	学习态度	1. 上课没有旷课、迟到早退现象 2. 学习期间认真完成各项任务，积极参与讨论 3. 尊重其他同学和指导教师		5
	项目情况	1. 知识目标的完成 2. 能力目标的完成		10

续表

个人自评总分			合计	
团队评价	学习态度	1. 查阅资料和学习能力 2. 认真完成各项任务	5	
	团队协作	1. 团队合作精神 2. 提出正确有效的建议 3. 能够有效地评价成员的学习	10	
小组评价总分			合计	
指导教师评价	电压表的选择	1. 能正确分析仪表的准确度等级 2. 能正确选择电压表	60	
	组织和管理	1. 根据示值误差公式计算测量 100V 电压的示值误差 2. 根据计算结果选择合适的电压表	5	
	职业素质	1. 良好的工作责任心、严谨的工作作风 2. 认真细致、实事求是、积极探索的科学态度 3. 严格遵守实训操作规程	5	
指导教师评价总分			合计	

1.1.6 能力拓展

衡量测量结果的好坏通常用准确度来表示，衡量测量准确度的主要指标是精密度和准确度。准确度高意味着系统误差和随机误差都很小。

(1) 精密度。精密度是指在测量过程中所测数据重复一致的程度。它说明了在一个测量过程中，在同一条件下进行重复测量时，所测结果的不一致程度。

(2) 准确度。准确度是指测量结果与被测真值的偏离程度。系统误差的大小是衡量测量准确度的重要指标，系统误差越小，则准确度越高，但准确不一定精密。

(3) 精确度。精确度是衡量测量结果的最佳指标，精确度高则系统误差和随机误差都小，一切测量都应力求既精密又准确。

1.1.7 知识扩展

电工常用测量仪表有绝缘电阻表、万用表和钳形电流表。这些仪表在测量时若不注意正确的使用方法和稍有疏忽，不是将表烧坏，就是使被测元件损坏，甚至还危及人身安全。因此，掌握常用电工测量仪表的正确使用方法是非常重要的。

(一) 绝缘电阻表

绝缘电阻表又称兆欧表，其用途是测试线路或电气设备的绝缘状况。使用方法及注意事项如下：

① 首先选用与被测元件电压等级相适应的绝缘电阻表，对于 500V 及以下的线路或电气设备，应使用 500V 或 1000V 的绝缘电阻表。对于 500V 以上的线路或电气设备，应使用 1000V 或 2500V 的绝缘电阻表。

② 用绝缘电阻表测试高压设备的绝缘时，应由两人进行。

③ 测量前必须将被测线路或电气设备的电源全部断开，即不允许带电测绝缘电阻。并且要确定线路或电气设备上无人工作后方可进行操作。

④ 绝缘电阻表使用的表线必须是绝缘线，且不宜采用双股绞合绝缘线，其表线的端部应有绝缘护套；绝缘电阻表的线路端子“L”应接设备的被测相，接地端子“E”应接设备外壳及设备的非被测相，屏蔽端子“G”应接到保护环或电缆绝缘护层上，以减小绝缘表面泄漏电流对测量造成的误差。

⑤ 测量前应对绝缘电阻表进行开路校检。绝缘电阻表“L”端与“E”端空载时摇动绝缘电阻表，其指针应指向“ ∞ ”；绝缘电阻表“L”端与“E”端短接时，摇动绝缘电阻表其指针应指向“0”。说明绝缘电阻表功能良好，可以使用。

⑥ 测试前必须将被试线路或电气设备接地放电。测试线路时，必须取得老师允许后方可进行。

⑦ 测量时，摇动绝缘电阻表手柄的速度要均匀以 120r/min 为宜；保持稳定转速 1min 后，取读数，以便避开吸收电流的影响。

⑧ 测试过程中两手不得同时接触两根线。

⑨ 测试完毕应先拆线，后停止摇动绝缘电阻表。以防止电气设备向绝缘电阻表反充电导致绝缘电阻表损坏。

⑩ 雷电时，严禁测试线路绝缘。

（二）万用表

万用表是综合性仪表，可测量交流或直流的电压、电流，还可以测量元件的电阻以及晶体管的一般参数和放大器的增益等。因此，万用表转换开关的接线较为复杂，必须要掌握其使用方法。

① 使用万用表前要校准机械零位和电气零位，若要测量电流或电压，则应先调表指针的机械零位；若要测量电阻，则应先调表指针的电气零位，以防表内电池电压下降而产生测量误差。

② 测量前一定要选好挡位，即电压挡、电流挡或电阻挡，同时还要选对量程。初选时应从大到小，以免打坏指针。禁止带电切换量程。量程的选择原则是“ U 、 I 在上半部分、 R 在中间较准”，即测量电压、电流时指针在刻度盘的 $1/2$ 以上处，测量电阻时指针指在刻度盘的中间处才准确。

③ 测量直流时要注意表笔的极性。测量高压时，应把红、黑表笔分别插入“2500V”和“—”插孔内，把万用表放在绝缘支架上，然后用绝缘工具将表笔触及被测导体。

④ 测量晶体管或集成件时，不得使用“ $R \times 1$ ”和“ $R \times 10k$ ”量程挡。

⑤ 带电测量过程中应注意防止发生短路和触电事故。

⑥ 不用时，切换开关不要停在欧姆挡，以防止表笔短接时将电池放电。

（三）钳形电流表

钳形电流表分高、低压两种，用于在不拆断线路的情况下直接测量线路中的电流。其使用方法如下：

① 使用高压钳形表时应注意钳形电流表的电压等级，严禁用低压钳形表测量高电压回路的电流。用高压钳形表测量时，应由两人操作，测量时应戴绝缘手套，站在绝缘垫上，不得触及其他设备，以防止短路或接地。

② 观测表时，要特别注意保持头部与带电部分的安全距离，人体任何部分与带电体的距离不得小于钳形表的整个长度。

③ 在高压回路上测量时,禁止用导线从钳形电流表另接表测量。测量高压电缆各相电流时,电缆头线间距离应在 300mm 以上,且绝缘良好,待认为测量方便时,方能进行。

④ 测量低压可熔保险器或水平排列低压母线电流时,应在测量前将各相可熔保险或母线用绝缘材料加以保护隔离,以免引起相间短路。

⑤ 当电缆有一相接地时,严禁测量。防止出现因电缆头的绝缘水平低发生对地击穿爆炸而危及人身安全。

⑥ 钳形电流表测量结束后须把开关拨至最大量程挡,以免下次使用时不慎过流;并应保存在干燥的室内。

项目二 传感器的选用



【知识目标】

- (1) 知晓传感器的概念和组成。
- (2) 明确传感器的分类。
- (3) 了解传感器的基本特性。
- (4) 掌握传感器的应用知识。



【能力目标】

- (1) 掌握传感器的技术指标。
- (2) 掌握传感器的选择和使用。

1.2.1 项目要求

(1) 对一个高温箱(温度为 $50\sim 80^{\circ}\text{C}$)的温度进行实时监测:检测结果的准确度要达到 1°C 。

(2) 从三种带数字显示表的温度传感器(量程分别是 $0\sim 500^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 300^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$,准确度等级分别是 0.2 级、0.5 级和 1.0 级)中选出能满足工作要求的传感器。

1.2.2 项目引入

传感器是利用各种物理、化学、生物现象将非电量转换为电量的器件。传感器可以检测自然界的非电量,它在社会生活中发挥着不可替代的作用。传感器技术是自动控制技术的核心技术。

实时监测一个高温箱的温度,需要选择和使用温度传感器。如何正确选择和使用传感器非常重要。

1.2.3 预备知识

(一) 概念与组成

传感器是一种能感受规定的被测量,并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。常用传感器的输出信号多为易于处理的电信号,如电压、电流和频率等。

传感器一般由敏感元件、转换元件和信号调理与转换电路组成(见图 1-2-1)。其中,

敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分；转换元件是指传感器中将敏感元件感受或响应的被测量转换成适用于传输或测量的电信号部分。由于传感器的输出信号一般都很微弱，因此需要有信号调理与转换电路对其进行放大、运算和调制等。随着半导体器件与集成技术在传感器中的应用，传感器的信号调理与转换电路可安装在传感器的壳体里或与敏

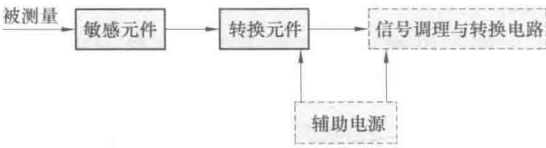


图 1-2-1 传感器的组成

感元件一起集成在同一芯片上，构成集成传感器（如美国 ADI 公司生产的 AD22100 型模拟集成温度传感器）。此外，信号调理与转换电路以及传感器工作时必须有辅助电源。

(二) 分类

传感器的工作原理各种各样，其种类十分繁多，分类方法也很多。按被测量的性质不同，主要分为位移传感器、压力传感器、温度传感器等。按传感器的工作原理，主要分为电阻应变式、电感式、电容式、压电式、磁电式传感器等。习惯上常把两者结合起来命名传感器，比如电阻应变式压力传感器、电感式位移传感器等。

按被测量的转换特征，传感器又可分为结构型传感器和物性型传感器。结构型传感器是通过传感器结构参数的变化而实现信号转换的。如电容式传感器依靠极板间距离变化引起电容量的变化。物性型传感器是利用某些材料本身的物理性质随被测量变化的特性而实现参数的直接转换。这种类型的传感器具有灵敏度高、响应速度快、结构简单、便于集成等特点，是传感器的发展方向之一。

按能量传递的方式，还可分为能量控制型传感器和能量转换型传感器两大类。能量控制型传感器的输出能量由外部供给，但受被测输入量的控制，如电阻应变式传感器、电感式传感器、电容式传感器等。能量转换型传感器的输出量直接由被测量能量转换而得，如压电式传感器、热电式传感器等。

(三) 基本特性

在测试过程中，要求传感器能感受到被测量的变化并将其不失真地转换成容易测量的量。被测量一般有两种形式：一种是稳定的，即不随时间变化或变化极其缓慢，称为静态信号；另一种是随时间变化而变化的，称为动态信号。由于输入量的状态不同，传感器所呈现出来的输入—输出特性也不同。因此，传感器的基本特性一般用静态特性和动态特性来描述。

1. 静态特性

传感器的静态特性是指对静态的输入信号，传感器的输出量与输入量之间的关系。因为输入量和输出量都和时间无关，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来表示，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：线性度、灵敏度、分辨力和迟滞等，传感器的参数指标决定了传感器的性能以及选用传感器的原则。

(1) 灵敏度。灵敏度是指传感器在稳态工作情况下输出量变化 Δy 对输入量变化 Δx 的比值。即，输出—输入特性曲线的斜率 K ： $K = dy/dx$ 。

如果传感器的输出和输入之间呈线性关系，则灵敏度 K 是一个常数，即特性曲线的斜率。否则，它将随输入量的变化而变化。