



高职高专“十二五”规划教材

传感器技术及应用

CHUANGANQI JISHU JI YINGYONG

任玉珍 主 编

李 瑜 张 勇 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



高职高专“十二五”规划教材

传感器技术及应用

CHUANGANQI JISHU JI YINGYONG

主 编 任玉珍
副主编 李 瑜 张 勇
编 写 王德志 张惠丽 邢砚田
主 审 何 萍 郭志平



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为高职高专“十二五”规划教材。本书结合实际项目设计了传感器技术基础、传感器信号处理技术、温度测量、压力测量、速度测量、位移测量、气体成分和湿度的测量、流量测量和物位检测等学习任务,体现了专业领域学习的针对性和适用性。

本书可作为高职院校电气自动化、检测技术及应用、机电一体化、电力系统自动化、应用电子技术等专业和其他相关专业的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器技术及应用/任玉珍主编. —北京:中国电力出版社, 2014. 8

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-6190-4

I. ①传… II. ①任… III. ①传感器—高等职业教育—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 151475 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 246 千字

定价 22.00 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

传感器是获取信息的工具,是现代工业自动化生产过程的重要部件,现代生产过程自动化程度越高,对传感器的依赖性越大,传感器技术在工科学生人才培养中的地位和作用也越重要。

本书编写遵循的理念是,根据综合职业能力发展的培养目标,以实际工程系统为指导,教学做一体化为典型特征设计学习内容。

本书共分为9章,由任玉珍担任主编,李瑜、张勇担任副主编,王德志、张惠丽、邢砚田参编。任玉珍编写了第1章、第2章、附录并统稿,李瑜编写了第4章和第8章,张勇编写了第3章和第9章,张惠丽编写了第5章,王德志编写了第6章,邢砚田编写了第7章。本书提供电子课件,联系邮箱 12070005@qq.com。本书由包头职业技术学院何萍副教授和一机集团车辆研究所郭志平高级工程师主审。

在编写本书的过程中得到了相关企业专家和技术人员的指导,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平及编写时间,书中难免有疏漏之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2014年4月



目 录

前言

1 传感器技术基础	1
1.1 传感器的认识项目说明	1
1.2 相关知识	1
1.3 传感器的认识实践操作	10
1.4 传感器认识项目的评价	11
1.5 综合应用	12
巩固与练习	12
2 传感器信号处理技术	14
2.1 单臂电桥、双臂电桥和全桥的性能项目说明	14
2.2 基本知识	14
2.3 单臂电桥、双臂电桥和全桥的性能项目实践操作	22
2.4 单臂电桥、双臂电桥和全桥的性能项目的评价	26
巩固与练习	27
3 温度测量	28
3.1 温度测量项目说明	28
3.2 基本知识	28
3.3 温度测量项目实践操作	48
3.4 温度测量项目的评价	49
巩固与练习	50
4 压力测量	53
4.1 压电传感器的认识和项目说明	53
4.2 相关知识	53
4.3 压阻传感器实践操作	74
4.4 项目的检测与评估	76
巩固与练习	77
5 速度测量	80
5.1 项目说明	80
5.2 基本知识	80
5.3 项目实施过程	98
5.4 霍尔传感器测转速项目的检测与评估	99
巩固与练习	100

6 位移测量	102
6.1 位移测量项目说明	102
6.2 相关知识	102
6.3 电容传感器测量位移实践操作	109
6.4 电容式传感器的位移特性实验项目评价	111
巩固与练习	112
7 气体成分和湿度的测量	113
7.1 气体成分和湿度项目说明	113
7.2 相关知识	113
7.3 气敏、湿敏传感器实践操作	121
7.4 气敏传感器项目的检测与评估	122
巩固与练习	123
8 流量测量	125
8.1 流量测量项目说明	125
8.2 相关知识	125
8.3 传感器的认识实践操作	131
8.4 传感器认识项目的评价	132
巩固与练习	133
9 物位检测	135
9.1 物位检测项目说明	135
9.2 基本知识	135
9.3 物位检测项目实践操作	146
9.4 物位检测项目的评价	148
巩固与练习	149
附录 A Pt100 热电阻分度表	150
附录 B Cu50 分度表	151
附录 C K 型热电偶分度表	152
参考文献	157

1 传感器技术基础



知识目标

- (1) 了解传感器的地位和作用。
- (2) 掌握传感器的定义及分类。
- (3) 掌握传感器的基本特性。
- (4) 了解传感器的选用及标定。



技能目标

- (1) 对测控系统有初步的认识,通过案例熟悉测控系统的组成。
- (2) 认识常用传感器。
- (3) 能读懂传感器性能指标说明书。
- (4) 根据测试目的和实际条件了解传感器的选用。

1.1 传感器的认识项目说明

1.1.1 项目目的

- (1) 掌握传感器的定义及分类。
- (2) 掌握传感器的基本特性。
- (3) 认识常用传感器。

1.1.2 项目条件

现场参观学校的传感器实验室、机电一体化实验室、过程控制系统实验室。

1.1.3 项目内容及要求

通过现场参观和基本知识的学习,了解测控系统及其组成,掌握传感器在系统中所起到的重要作用。能通过实物认识常用传感器,阅读相关的技术资料,熟悉传感器的技术指标。根据仪器设备提供的有关数据,了解并掌握计算传感器的性能指标的方法。

1.2 相关知识

1.2.1 传感器的地位与作用

人们为了从外界获取信息,必须借助于人类特有的感官系统。但人们自身感觉器官的功能,在研究自然现象和规律,以及生产活动是远远不够的。为了更好地获取外界信息,就需要借助传感器。因此可以说,传感器是人类感觉器官的重新定义。

当今世界开始进入信息时代。在利用信息的过程中,首先要解决的就是要获取准确可靠的信息,而传感器是获取自然和生产领域中信息的主要途径与手段。

在现代工业生产尤其是自动化生产过程中,需要利用各种传感器来监视和控制生产过程中的各个参数,使设备工作在正常状态或最佳状态,并使产品达到最好的质量。因此可以说,没有众多的优良的传感器,现代化生产也就失去了保障。

在基础学科研究中,传感器更具有突出的地位。现代科学技术的发展,进入了许多新领域,例如在宏观上要观察上千光年的茫茫宇宙,微观上要观察小到厘米(cm)的粒子,纵向上要观察长达数十万年的天体演化,短到秒(s)的瞬间反应。此外,还出现了一些对深化物质认识、开拓新能源、新材料等具有重要作用的极端技术研究,如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等。因此要获取大量人类感官无法直接获取的信息,没有相适应的传感器是不可能完成的。许多基础科学研究的障碍就在于研究对象信息的获取存在困难,而一些新机理和高灵敏度的检测传感器的出现,使得科学研究在该领域内有了突破。一些传感器的发展,通常是一些边缘学科开发的先驱。

传感器的应用领域极其广泛,包括工业生产、宇宙开发、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程及文物保护等领域。几乎每一个现代化项目,从茫茫的太空,到浩瀚的海洋,以至各种复杂的工程系统,都离不开各种各样的传感器。

由此可见,传感器技术在发展经济、推动社会进步方面有着十分重要的作用。世界各国都非常重视传感器技术这一领域的发展。在不久的将来,传感器技术将会出现一个飞跃,达到一个新水平。

1. 传感器的地位

随着科学技术的发展,计算机的普及和应用使人类进入到信息时代。现代信息技术的基础包括信息的采集、信息的传输和信息处理,与之对应的现代信息产业是传感器技术、通信技术和计算机技术,分别充当信息系统的“感官”、“神经”和“大脑”。传感器是测控装置和控制系统的首要环节,是获取信息的主要手段和途径。传感器获得信息的准确程度,关系到测控系统的精度,在测控系统中占有很重要的地位。可以说,没有精确可靠的传感器,就没有精确可靠的测控系统。

2. 传感器的作用

传感器能将各种非电量(如压力、位移、温度、流量等)转换成电量,从而实现非电量的电测技术。传感器涉及的应用领域包括现代工业生产、宇宙开发、海洋探测、军事国防、环境保护、医学诊断、汽车、家用电器、生物工程等。

在自动化生产过程中,通常使用各种传感器来监视和控制生产过程中的各个参数,保证产品质量。例如,加热炉的温度控制系统、机床中对工件的切削速度的在线检测等。

在交通领域,传感器在汽车中的应用越来越多,如利用传感器检测汽车的行驶速度、燃料剩余量、机油油压和汽车防滑、防盗、防抱死控制等,如图1-1所示。

在家用电器中,如全自动洗衣机、电饭煲和微波炉等都离不开传感器。

总之,传感器已广泛应用于工业、国防、交通等各个方面,在信息的采集和处理过程中发挥出巨大的作用。

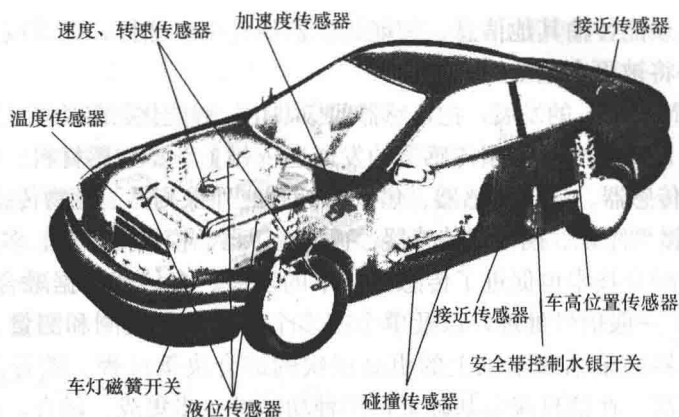


图 1-1 传感器在汽车中的应用

3. 传感器的发展

近年来,传感器正处于传统型向新型传感器转型的发展阶段。传感器正向着微型化、高精度、高可靠性、低功耗、智能化、数字化方向发展。传感器的发展促进了传统产业的改造,是未来新的经济增长点。

(1) 向微型化发展。各种控制仪器设备的功能越来越多,要求各个部件体积所占位置越小越好,因此希望传感器的体积也是越小越好。这就要求发展新的材料及加工技术,目前利用硅材料制作的传感器体积很小。如传统的加速度传感器是由重力块和弹簧等制成的,体积较大、稳定性差、寿命也短,而利用激光等各种微细加工技术制成的硅加速度传感器体积非常小、互换性可靠性都较好

(2) 向高精度发展。随着自动化生产程度的不断提高,对传感器的要求也在不断提高。新型传感器必须具有灵敏度高、精确度高、响应速度快、互换性好等特点才能确保生产自动化的可靠性。目前能生产万分之一以上的传感器的厂家很少,其产量也远远不能满足要求。

(3) 向高可靠性、宽温度范围发展。传感器的可靠性直接影响到电子设备的抗干扰等性能,研制高可靠性、宽温度范围的传感器将是永久性的方向。提高温度范围历来是大课题,大部分传感器其工作范围都在 $-20\sim+70^{\circ}\text{C}$,在军用系统中要求工作温度范围在 $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$,而汽车、锅炉等对传感器的温度要求更高,因此发展新兴材料(如陶瓷)的传感器是十分必要的。

(4) 向低功耗及无源化发展。传感器一般都是非电量向电量的转化,工作时离不开电源,在野外现场或远离电网的地方,通常使用电池供电或用太阳能等供电。开发低功耗的传感器及无源传感器是必然的发展方向,既可以节省能源又可以提高系统寿命。目前,低功耗损的芯片发展很快,如T12702运算放大器,静态功耗只有 $1.5\mu\text{A}$,而工作电压只需 $2\sim 5\text{V}$ 。

(5) 向智能化、数字化发展。随着现代化的发展,传感器的功能已突破传统的功能,其输出不再是单一的模拟信号(如 $0\sim 10\text{mV}$),而是经过微电脑处理好的数字信号,有的甚至带有控制功能,称之为数字传感器。

智能传感器是具有信息处理功能的传感器。智能传感器带有微处理机,具有采集、处理、交换信息的能力,是传感器集成化与微处理机相结合的产物。一般智能机器人的感觉系统由多个传感器集合而成,采集的信息需要计算机进行处理,而使用智能传感器就可将信息分散处理,从而降低成本。智能传感器必须具备通信功能,除了满足最基本应用的反馈信

号,智能传感器必须能传输其他信息。智能传感器拥有很多优势,随着嵌入式计算功能的成本减少,智能器件将被更多地应用。

机电系统(MEMS)的发展,把传感器的微型化、智能化、多功能化和可靠性水平提高到了新的高度。除MEMS外,新型传感器的发展还依赖于新型敏感材料、敏感元件和纳米技术,如新一代光纤传感器、超导传感器、焦平面阵列红外探测器、生物传感器、纳米传感器、新型量子传感器、微型陀螺、网络化传感器、智能传感器、模糊传感器、多功能传感器等。

多传感器数据融合技术也促进了传感器技术的发展。多传感数据融合技术形成于20世纪80年代,不同于一般信号处理,以及单个或多个传感器的监测和测量,多传感数据融合技术是在多个传感器测量结果基础上的更高层次的综合决策过程。随着传感器技术的微型化、智能化程度提高,在信息获取基础上,多种功能进一步集成、融合,是必然趋势,把分布在不同位置的多个同类或不同类传感器所提供的局部数据资源加以综合,采用计算机技术对其进行分析,消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾,加以互补,降低不确实性,获得被测对象的一致性解释与描述,从而提高系统决策、规划、反应的快速性和正确性,使系统获得更充分的信息。

传感器技术所涉及的知识非常广泛,渗透到各个学科领域,如何采用新技术、新工艺、新材料以及探索新理论,达到高质量的转换效能,是未来总的发展方向。

1.2.2 测控系统

测控系统就是非电量的测量与控制系统。一般由传感器、信号处理电路和显示记录装置等组成,如图1-2所示。



图 1-2 自动测控系统的组成

传感器处于被检测对象和检测系统的接口位置,主要作用是将被测非电量转换成与其有一定关系的电量。

信号处理电路的作用是将传感器的输出信号转换成具有一定驱动和传输能力的电压或电流信号。包括整形、放大、阻抗匹配、微分、积分、线性化电路等。

显示记录装置包括模拟显示、数字显示、图像显示和记录仪等。

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

执行机构是指各种继电器、调节阀、伺服电动机等,在系统中具有通断、控制、保护作用。

1.2.3 传感器的定义、组成和分类

1. 传感器的定义

GB/T 7665—2005《传感器通用术语》中传感器的定义为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。

一般传感器狭义的定义为：能将外界非电量按照一定的规律转换为电量的器件或装置。传感器的定义包含了以下几个含义：

- (1) 传感器是能完成测量任务的测量装置。
- (2) 输入量是被测的非电量。
- (3) 输出量是便于传输、转换、处理和显示的电量。
- (4) 输出与输入有一定的对应关系，这种关系有一定的规律。

2. 传感器的组成

传感器通常由敏感元件、转换元件、信号调理电路和辅助电源组成，如图 1-3 所示。



图 1-3 传感器组成框图

如图 1-3 所示，敏感元件是指传感器中能直接感受被测量，并输出与被测量成确定关系的某一物理量的部分。转换元件是指传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的电信号的部分，由于转换元件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、运算调制等。

3. 传感器的分类

传感器技术是一门知识密集型技术，与许多学科有关，分类方法也很多，广泛采用的分类方法如表 1-1 所示，基本被测量和派生被测量如表 1-2 所示。按输入信号分类的优点是明确地表达了传感器的用途，便于使用者根据其用途选择。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	传感器种类	说 明
按输入信号	位移传感器、温度传感器、压力传感器、速度传感器等	传感器以被测物理量命名
按工作原理	应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、热电式传感器等	传感器以工作原理命名
按物理现象	结构型传感器	传感器依赖其结构参数变化实现信息转换
	特性型传感器	传感器依赖其敏感元件物理特性的变化实现信息转换
按能量关系	能量转换型传感器	直接将被测量的能量转化为输出量的能量
	能量控制型传感器	由外部供给传感器能量，而由被测量来控
按输出信号	模拟式	输出为模拟量
	数字式	输出为数字量

表 1-2 基本被测量和派生被测量

基本被测量		派生被测量
位移	线位移	长度、厚度、应变、震动、磨损、平面度
	角位移	旋转角、偏转角、角振动
速度	线速度	振动、流量、动量
	角速度	转速、角振动
加速度	线加速度	振动、冲击、质量
	角加速度	角振动、转矩、转动惯量
力	压力	重量、应力、力矩
时间	频率	周期、计数、统计分布
温度		热容、气体速度、涡流
光		光通量与密度、光谱分布
湿度		水汽、水分、露点

1.2.4 传感器的技术指标

1. 误差与准确度等级

测量的目的是得到被测量的真值。任何检测系统的测量结果都有一定的误差。测量值（也叫示值）与真值之间的差值称为测量误差。

误差按表示方法的分类有两种。

(1) 绝对误差 Δx 。绝对误差 Δx 是测量值 x 与真值 A_0 之间的差值，即

$$\Delta x = x - A_0 \tag{1-1}$$

因为真值一般无法得到，一般用高精度等级的标准仪器所测得的实际值 A_x 代替被测量的真值 A_0 ，则

$$\Delta x = x - A_x \tag{1-2}$$

绝对误差表示了测量值偏离真实值的程度，但不能表示测量的准确程度。

(2) 相对误差。相对误差也称为百分比误差，用来说明测量精度的高低。分为实际相对误差、示值相对误差和满度相对误差。

1) 实际相对误差 r_A 。实际相对误差用绝对误差与真值的百分比来表示，即

$$r_A = \frac{\Delta x}{A_0} \times 100\% \tag{1-3}$$

2) 示值相对误差 r_x 。示值相对误差用绝对误差与测量值的百分比来表示，即

$$r_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \tag{1-4}$$

对于一般的工程测量，用 r_x 来表示测量的准确度较为方便。

3) 满度相对误差 r_m 。满度相对误差也叫满度误差或引用误差。用绝对误差 Δx 与测量仪器（仪表）满度值 x_m 的百分比值来表示，即

$$r_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% \tag{1-5}$$

(3) 准确度等级 r_M 。准确度是最大满度误差，用仪器（仪表）量程内最大绝对误差 Δx_m 与测量仪器（仪表）满度值 x_m 的百分比值来表示，即

$$r_M = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\%$$

(1-6)

最大满度误差常被用来确定仪表的准确度等级 S ，即

$$S = \frac{|\Delta x_m|}{x_m} \times 100$$

(1-7)

准确度习惯上称为精度，准确度等级习惯上称为精度等级。仪表的精度等级 S 规定一系列标准值，我国的工业仪表有下列 7 个级别，如表 1-3 所示。可从仪表面板标志上判断仪表的等级。仪表精度与精度等级不同，精度越高，精度等级越小，误差越小，价格越高。

表 1-3 仪表的精度等级 S 和基本误差

等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 2.5\%$	$\pm 5.0\%$

为了减小测量中的示值误差，在进行量程选择时应尽可能使示值接近满度值，一般以示值不小于满度值的 $2/3$ 为宜。

2. 传感器的基本特性

传感器的基本特性是指输出与输入之间的关系，由于被测量的状态不同，分为静态特性和动态特性两种。

(1) 传感器的静态特性。传感器的静态特性是指被测量的值处于稳定状态时，传感器的输出与输入之间的关系。主要有以下指标。

1) 线性度。线性度是指输出量与输入量之间的实际关系曲线（即标定曲线）偏离理论拟合直线的程度，又叫非线性误差。

一般用标定曲线与拟合直线偏差的最大值与系统的标称输出范围（全量程）的百分比表示，即

$$\delta_L = \frac{(\Delta y_L)_{\max}}{y_{FS}} \times 100\%$$

(1-8)

确定非线性误差的主要问题是拟合直线的确定，拟合直线确定的方法不同会得到不同的非线性误差。拟合直线的确定，常用的有两种，即端基直线如图 1-4 所示和最小二乘直线如图 1-5 所示。

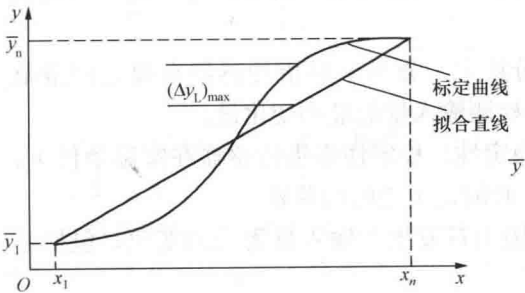


图 1-4 端基直线

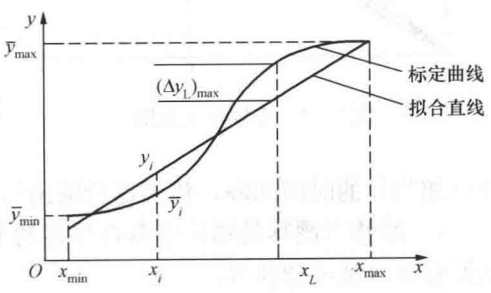


图 1-5 最小二乘直线

端基直线是标定过程获得的两个端点的连线。最小二乘直线是使标定直线上的所有点与拟合曲线上相应点的偏差平方和最小。

2) 灵敏度。灵敏度是指传感器在稳态下的输出变化量与引起此变化的输入变化量的比值, 即

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} \times \frac{dy}{dx} \quad (1-9)$$

线性传感器的灵敏度为常数, 即静态特性曲线的斜率, 斜率越大, 其灵敏度就越高。非线性传感器的灵敏度为一变量, 输入量不同, 灵敏度就不同, 如图 1-6 所示。

3) 迟滞。迟滞指传感器在正向行程和反向行程期间, 输出与输入曲线不重合的现象, 如图 1-7 所示。产生这种现象的主要原因是传感器敏感元件材料的物理性质和机械零部件的缺陷, 例如, 弹性敏感元件的弹性滞后、运动部件的摩擦、传动机构的间隙和紧固件松动等。

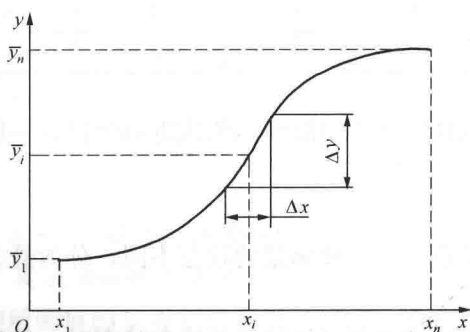


图 1-6 灵敏度示意图

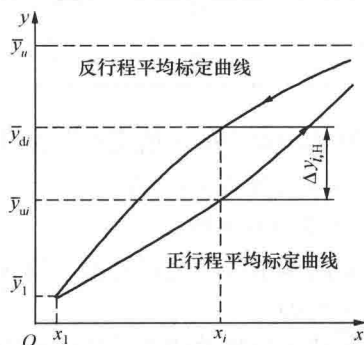


图 1-7 传感器的迟滞特性

迟滞的大小最大输出差值对满量程输出的百分比表示, 即

$$\delta_H = \frac{\max(\Delta y_{i,H})}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-10)$$

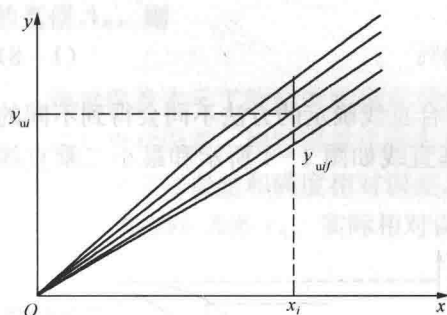


图 1-8 重复性示意图

4) 重复性。重复性是指传感器在输入量按同一方向做全量程多次测试时, 所得特性曲线不一致性的程度。同一个测点, 测试系统按同一方向做全量程的多次重复测量时, 每一次的输出值都不一样, 是随机的。如图 1-8 所示。

重复性反映的是标定值的分散性, 属于随机误差性质的。

5) 分辨率。分辨率是指传感器在规定测量范围内所能检测输入量的最小变化量。

6) 稳定性。稳定性是指传感器在室温条件下, 经过相当长的时间间隔, 传感器的输出与起始标定时输出之间的差异。

7) 漂移。漂移是指传感器在外界干扰下, 输出量发生与输入量无关的变化, 包括零点漂移和灵敏度漂移等。

(2) 传感器的动态特性。动态特性是指被测量随时间变化时传感器的输出响应, 主要介绍阶跃响应法。

阶跃响应法是以阶跃信号作为传感器的输入, 通过对传感器输出响应的测试, 从中计算出其动态特性参数。与动态响应有关的参数有: 一阶传感器有时间常数 τ , 一阶系统阶跃响

应特性如图 1-9 所示；二阶传感器有延迟时间 t_d 、上升时间 t_r 、超调量 σ 、超调时间 t_p 和响应时间 t_s 等，二阶系统阶跃响应特性如图 1-10 所示。

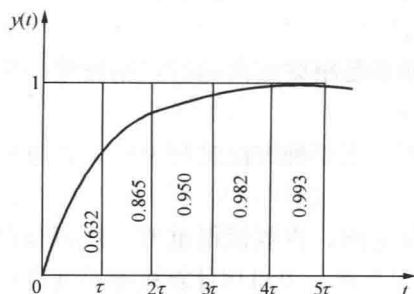


图 1-9 一阶系统阶跃响应特性

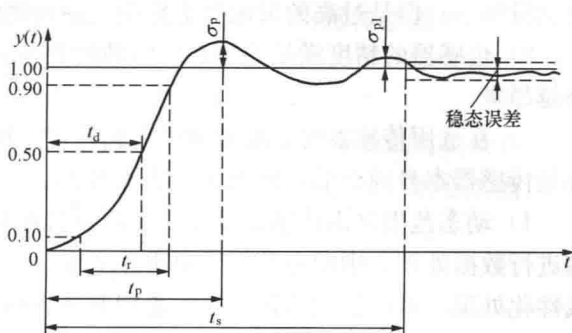


图 1-10 二阶系统阶跃响应特性

一阶、二阶传感器主要动态性能指标有：

1) 时间常数 τ ：传感器输出值上升到稳态值的 63.2% 所需的时间。 τ 越小，响应速度越快。

2) 延迟时间 t_d ：输出达到稳态值的 50% 所需的时间。

3) 上升时间 t_r ：输出由稳态值的 10% 上升到稳态值的 90% 所需的时间。

4) 超调量 σ_p ：输出第一次超过稳态值的最大值。

5) 超调时间 t_p ：输出超过稳态值达到最大值的时间。

6) 响应时间 t_s ：输出值达到允许误差范围所经历的时间。

7) 衰减比 n ： σ_p 与 σ_{p1} 的比，一般表示成 $n:1$ 。

其中，时间常数 τ 、上升时间 t_r 和响应时间 t_s 表征系统的响应速度，也就是快速性；超调量 σ_p 和衰减比 n 表征系统的稳定性能。

(3) 基本要求。传感器是检测系统的首要环节，其性能的好坏直接关系到系统的性能，因此对传感器性能的基本要求是：

- 1) 传感器的工作范围或量程要足够大，且具有一定的过载能力。
- 2) 转换灵敏度高，在其测量范围内的输出信号与被测输入信号呈线性关系。
- 3) 传感器的准确度满足要求，并能长期稳定地工作。
- 4) 反应速度快，工作可靠性高。
- 5) 抗干扰能力强，适应性好。

1.2.5 传感器的正确选用及标定

1. 传感器的正确选用

传感器的型号、种类繁多，对于相同的被测物理量，可以选择不同类型的传感器。如何选择满足要求的传感器，应考虑以下几个方面。

(1) 根据测量对象与环境确定传感器的类型。传感器在实际条件下的工作方式，是选择传感器应考虑的重要因素。①应根据被测量的特点和传感器的使用条件确定传感器的类型，如现场环境条件（高温、有毒、易燃易爆、高压、冲击、振动）；②确定测量方式是接触式还是非接触式；③被测位置确定传感器的体积。

(2) 根据技术指标确定传感器的型号。确定了传感器的类型之后,再考虑传感器的技术指标,确定传感器的型号,主要从线性、灵敏度、精度、响应特性和稳定性等方面考虑。

1) 一般来说,传感器的灵敏度越高越好,因为灵敏度越高,意味着传感器所能感知的变化量越小。但是过高的灵敏度会影响其使用的测量范围。

2) 传感器的精度满足测量系统的精度要求就可以,并不是精度越高越好,精度越高价格越昂贵。

3) 在选用传感器时,要着重考虑精密度。因为准确度可用某种方法进行补偿,而重复性是传感器本身固有的,外电路无能为力。

4) 动态范围是由传感器本身决定的。若配用一般测量电路,直线性很重要,若用微电脑进行数据处理,则动态范围需要重点考虑。即便非线性很严重,也可用计算机等对其进行线性化处理。对所使用的传感器,希望其动态响应快,时间滞后少。

此外,还要考虑购买和维修等因素。

2. 传感器的标定与校准

利用某种标准器具对新研制或生产的传感器进行全面的技术检定和标度,称为标定。对传感器在使用中或储存后进行的性能复测,称为校准。

标定和校准的基本方法是:利用标准仪器产生已知的非电量,输入到待标定的传感器中,然后将传感器输出量与输入的标准量作比较,获得一系列校准数据或曲线。

(1) 静态标定。指输入信号不随时间变化的静态标准条件下,对传感器的静态特性,如灵敏度、非线性、滞后、重复性等指标的检定。

(2) 动态标定。对被标定传感器输入标准激励信号,测得输出数据,做出输出值与时间的关系曲线。由输出曲线与输入标准激励信号比较可以标定传感器的动态响应时间常数、幅频特性、相频特性等。

1.3 传感器的认识实践操作

1.3.1 工作计划

查询自动分拣控制系统中位置传感器,锅炉温度控制系统中温度传感器和管道压力控制系统中压力传感器的有关资料,参观相关的实训室,了解自动检测及控制系统,具体见表1-4。

表 1-4 传感器的认识工作计划表

序号	内容	负责人	起止时间	工作要求	完成情况
1	研讨任务	全体组员		分析项目的具体要求	
2	制订计划	小组长		学生根据项目要求,制定分工计划和工作任务实施步骤,确定完整的工作计划	
3	确定检测系统	全体组员		确定自动分拣控制系统,锅炉温度控制系统和管道压力控制系统	
4	实际操作	全体组员		画出各控制系统方块图	
5	效果检查	小组长		检查组员所画的方块图	
6	检测评估	老师		学生自查、互查,教师考核,记录成绩并对学生工作结果做出评价	

1.3.2 方案分析

- (1) 温度控制系统：热电阻检测锅炉内胆温度。
- (2) 压力控制系统：扩散硅压力计检测管道压力。
- (3) 自动分拣控制系统：光电传感器检测皮带上是否有物料，电感传感器检测金属物料，磁性传感器用于气缸的位置检测。

1.3.3 操作分析

参观自动分拣控制系统、锅炉温度控制系统、管道压力控制系统，并查询有关资料，认识各种检测装置，把应用到的传感器的类型和作用记录在表 1-5 中。根据控制要求画出控制系统方块图，说明各环节的作用。

表 1-5 传感器的认识

传感器类型	安装位置	作用

1.4 传感器认识项目的评价

1.4.1 检测方法

- (1) 现场指出使用到的位移、温度和压力传感器。
- (2) 画出自动检测系统框图，并对照原理框图检查自己画的原理框图是否正确。
- (3) 找出两组同学讲解和分析项目内容和结果。

1.4.2 评估策略

评估内容见表 1-6，小组互评和指导教师评议，填写在评估表中。

表 1-6 传感器的认识评估表

班级		组号		姓名		学号		成绩	
评估项目		扣分标准						小计	
1. 信息收集能力（10 分）	能根据任务要求收集 3 类传感器的相关资料不扣分								
	收集 2 类传感器的相关资料扣 4 分								
	不收集资料的不得分								
2. 确定检测系统（15 分）	能正确的说明控制系统中的传感器类型的不扣分								
	每说错一类扣 5 分								
3. 具体操作（20 分）	画出的控制系统方块图正确的不扣分								
	每画错一处扣 5 分								
4. 性能指标的计算（10 分）	计算全部正确的不扣分								
	每算错一项扣 5 分								