

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 刘子嘉
责任编辑 胡思佳
封面设计 刘文东

传感器应用技术

CHUANGANQI YINGYONG JISHU

高等职业教育机电系列精品教材

传感器应用技术

主编 蒋万翔 毋丽丽



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

高等职业教育机电系列精品教材

传感器应用技术

CHUANGANQI YINGYONG JISHU

主编 蒋万翔 毋丽丽
主审 宁玉伟 代俊杰

免费提供

★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-29787-7



9 787313 297877 >

定价: 49.90元



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

高等职业教育机电系列精品教材

传感器应用技术

主 编 蒋万翔 毋丽丽

副主编 高艳强 荣华良

陈一帆 沈占彬

主 审 宁玉伟 代俊杰



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书着重介绍生产、科研、生活中常用传感器的工作原理、测量转换电路以及在检测技术领域的应用，分别对湿度/气体浓度传感器、力/压力传感器、温度传感器、物位/液位传感器、位移传感器、光电传感器等测量传感器的原理及应用进行了阐述。全书以项目为引领，以任务为驱动，共分为7个项目，各项目以某一个或某一类被测量的检测为主题，通过工单将任务逐步分解，引领学生去完成一个个小任务，最终完成整个任务，从而提高学生的职业技能和职业水平，力争做到学生易学、教师易教。

本书既可作为高职院校机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教材，也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感器应用技术 / 蒋万翔, 毋丽丽主编. -- 上海 :
上海交通大学出版社, 2024. 10
ISBN 978-7-313-29787-7

I. ①传… II. ①蒋… ②毋… III. ①传感器 IV.
①TP212

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 002676 号

传感器应用技术

CHUANGANQI YINGYONG JISHU

主 编: 蒋万翔 毋丽丽

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

印 制: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1 / 16

字 数: 465 千字

版 次: 2024 年 10 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-29787-7

定 价: 49.90 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 15.75

印 次: 2024 年 10 月第 1 次印刷

电子书号: ISBN 978-7-89424-925-8

版权所有 侵权必究

告读者: 如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0316-8836866

随着制造业智能化、信息化的改造升级,物联网产业以及社会信息化的迅猛发展,作为信息获取的工具,传感器在生产和生活中的地位越来越重要,相关领域技术人员必须加强对传感器及其检测技术相关知识的理解和应用。同时,为贯彻落实党的二十大精神,根据“以学生为主体,以能力为本位,以就业为导向”的指导思想,本书编写组组织了既有企业生产经验又有丰富教学经验的教师,联合编写了这本高等职业教育教材。

在编写本书过程中,编者到多家企业调研了仪表、机电类岗位对高职学生的要求,听取了多所高职院校教师的意见和建议,降低了教材的难度,删除了过时及不常用的传感器相关内容,压缩了公式推导内容(只给出简要结论)。本书增加了在教学实践中应用的工单,利用工单的指导作用使学生一步步自主完成项目的相关任务;通过每个任务的完成,学生可以提升对学习的掌控感,提高学习兴趣。在考虑取材深度和广度时,编者主要着眼于提高高职学生的应用能力,使学生在学完本书后能获得作为生产一线的管理、维护和运行技术人员所必须掌握的传感器检测技术等方面的基本知识和基本技能,以培养高素质技术技能人才。

本书吸收了国内外专利文献、国家或行业标准、科技论文、公司产品介绍等各类资料,在此向相关作者表示诚挚的感谢。本书部分任务使用的电路和实例是编者从事科研开发、教学改革成果总结,因此本书具有较高的实践性和参考性。

本书由许昌职业技术学院蒋万翔、毋丽丽任主编,许昌职业技术学院高艳强、荣华良,郑州城建职业学院陈一帆,平顶山工业职业技术学院沈占彬任副主编。其中,蒋万翔编写了项目一和项目二,毋丽丽编写了项目三和项目四,高艳强编写了项目六,荣华良编写了项目五,陈一帆编写了项目七单元一,沈占彬编写了项目七单元二。全书由蒋万翔统稿。许昌职业技术学院宁玉伟教授、河南中烟工业有限责任公司许昌卷烟厂代俊杰担任本书的主审,对书稿进行了认真、负责、全面的审阅。本书的编写还得到了许昌中意电气科技有限公司王建民、张海涛、张军伟,浙江天煌科技实业有限公司等的大力支持。

由于近年来传感器技术发展较快,加之编者水平有限,本书可能存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

项目一	传感器基础知识	1
	单元一 初识传感器	1
	任务一 单元相关知识	2
	任务二 了解身边的传感器	6
	单元二 认识传感器	13
	任务一 单元相关知识	14
	任务二 传感器的特性参数识读	20
	单元三 测量与误差处理	27
	任务一 单元相关知识	28
	任务二 电压和电阻的测量	34
项目二	湿度/气体浓度传感器的应用	43
	单元一 湿敏电阻式传感器的应用	43
	任务一 单元相关知识	44
	任务二 雨滴报警器的制作	49
	单元二 气敏电阻式传感器的应用	59
	任务一 单元相关知识	60
	任务二 酒精浓度测试仪的制作	62
项目三	力/压力传感器的应用	72
	单元一 电阻应变式传感器的应用	72
	任务一 单元相关知识	73
	任务二 三种电桥工作方式的测量及比较	81

任务三 电阻应变片简易称重电路的制作	87
单元二 压电式传感器的应用	95
任务一 单元相关知识	96
任务二 振动传感器的制作	102

项目四

温度传感器的应用	112
单元一 热电阻式传感器的应用	112
任务一 单元相关知识	113
任务二 温度报警电路的制作	118
单元二 热电偶式传感器的应用	127
任务一 单元相关知识	128
任务二 K 型、E 型热电偶测温电路的制作	137

项目五

物位/液位传感器的应用	142
单元一 电容式传感器的应用	142
任务一 单元相关知识	143
任务二 电容式拾音电路的制作	150
单元二 霍尔式传感器的应用	158
任务一 单元相关知识	159
任务二 转速传感器的制作	166

项目六

位移传感器的应用	176
单元一 电感式传感器的应用	176
任务一 单元相关知识	177
任务二 简易金属探测器电路的制作	189
单元二 超声波传感器的应用	197
任务一 单元相关知识	198
任务二 超声波测距电路的制作	203

项目七

光电传感器的应用	212
单元一 光敏二极管/三极管的应用	213
任务一 单元相关知识	214
任务二 光敏报警电路的制作	220
单元二 光敏电阻的应用	229
任务一 单元相关知识	230
任务二 声光控电路的制作	234

参考文献	244
-------------------	-----



项目一 传感器基础知识

项目简介

本项目主要讲述传感器的概念、组成及特性,测量及误差的基本知识。通过本项目的学习,学生应明白传感器在现代测控系统中的地位、作用,知道传感器的定义,了解其发展趋势,掌握与测量有关的名词、测量的分类、误差的表示形式及根据测量精度要求来选择仪表。由于传感器是现代测控系统的感知元件,一般情况下,要通过接口电路实现传感器与控制电路的连接,因此接口电路也非常重要。作为一名高职学生,我们尤其应理解并熟练掌握接口电路的形式、原理及作用,并且在工作中能根据故障现象判断故障的位置。

在开始本项目的学习前,同学们应复习一下电路基本理论、电子技术相关的知识,通过学习能制作一些简单的接口电路,以锻炼自己的动手和解决问题的能力。

项目目标

知识点:

1. 了解传感器的地位与作用;
2. 掌握传感器的概念、组成及特性;
3. 理解测量及误差的基本概念;
4. 掌握误差的计算方法,并能根据误差的分析结果合理选择测量仪器。

技能点:

1. 能进行误差的计算及分析;
2. 能根据误差选择精度合适的测量仪器、仪表。



单元一 初识传感器

一、单元简介

目前,全球制造业的竞争日趋激烈,为了提高企业生产效率、提升产品质量、缩短生产周期、降低人工成本,制造企业纷纷向智能化、信息化方向转型,自动化生产、大数据、工业互联网等技术不断创新。同时,在人们的生活场景中,智慧家电、物联网等技术的身影也越来越频繁地出现。所有这些都离不开对信息获取的依赖,因此作为信息获取环节的传感器技术也日益为人们所熟悉。通过本单元的学习,学生将会对传感器的概念、传感器在各个领

域的应用、传感器在现代社会的地位有初步的了解,对传感器技术这个领域有一个全景式的浏览,提高对后续内容的学习兴趣。

二、单元目标

1. 知识点

- (1)知道什么是传感器;
- (2)了解传感器的作用;
- (3)了解传感器的地位。

2. 技能点

- (1)掌握利用网络查找资料的能力;
- (2)学会利用已学知识对事物进行分析。

3. 素质点

- (1)培养学生合作解决问题的能力;
- (2)培养学生通过不同的渠道获取新知识的能力。

三、单元能力

1. 专业能力

- (1)了解什么是传感器;
- (2)掌握传感器的作用。

2. 个人能力

- (1)根据任务要求从各个渠道(产品说明书或网络)获取指定产品中传感器应用的相关资料;
- (2)分析传感器在产品中的作用。

3. 社会能力

- (1)与同伴讨论不同产品中传感器的应用情况,并完善任务书;
- (2)制订工作计划,进行讲解。

任务一 单元相关知识

在 21 世纪,随着信息化社会进入新的发展阶段,传统产业向着智能化、信息化的方向发展,物联网、大数据、人工智能等技术迅猛发展,作为信息获取第一环节的工具,传感器已无处不在,仅一个小小的智能手机中就存在重力传感器、光线传感器、加速度传感器、磁力传感器、气压传感器等多种传感器。

一、传感器的简单定义

传感器被称为连接现实世界与数字世界的桥梁,在现阶段的工程应用中,可以将传感器简单定义为“将检测的非电量转换为电量的器件”。传感器技术是自动控制技术的核心。



微课堂
初识传感器

二、传感器的应用

传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将其按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。传感器在很多工业领域、行业都有着重要的应用,而且现在有很多行业、企业正在开发利用传感器来实现自动化,其应用领域主要有以下 10 类。

- (1)汽车电子:汽车动力、汽车安全、智能网联等。
- (2)工业制造:工业自动化、机器人技术、检测仪器等。
- (3)网络通信:物联网、工业互联网等。
- (4)消费电子:智能穿戴、智能家居、家用电器等。
- (5)医疗电子:医疗诊断、医疗大健康、健康护理等。
- (6)环境监测:环境监测和预报、天气测试、水文测试、能源环保、地震测试等。
- (7)交通管理:交通运输、城市交通、智慧物流等。
- (8)消防安全:大型车间、仓库管理,机场、车站、码头、大型工业园区的安全监测等。
- (9)农畜牧业:农业现代化、畜牧养殖等。
- (10)其他领域:复杂机械监控、实验室监测等。

传感器目前最重要的应用行业主要是汽车电子、工业制造、网络通信、消费电子和医疗电子等,如图 1-1 所示。但是随着传感器的发展,越来越多的行业也在积极开发利用传感器,比如一些消费电子行业,在鞋子上安装跑步传感器,在护腕上安装脉搏传感器等。很多新型的传感器被广泛地开发利用。

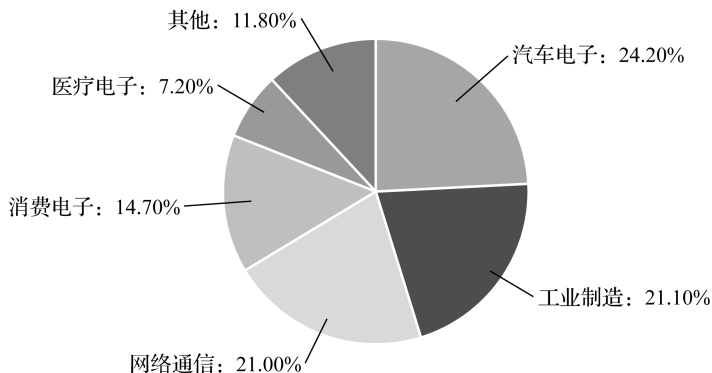


图 1-1 传感器应用行业分布

下面我们以汽车电子、工业制造两个行业为例来了解一下传感器的应用。

1. 传感器在汽车电子中的应用

汽车传感器是汽车检测系统的前置器件,可以将汽车动力、底盘、安全等诸方面的信息转换为能够进行测量的信号。根据汽车传感器的发展、作用等的不同,可以将汽车传感器分为传统汽车传感器和智能汽车传感器两大类。

在汽车发展的中期(20 世纪 60 年代),汽车上只有空气流量传感器、进气压力传感器、油量传感器和水/油温传感器等少数几种传感器,通常将传感器与仪表或指示灯连接,显示汽车的一些基本信息。进入 20 世纪 70 年代后,为了提高燃油的利用率、治理尾气污染问题,

人们增加了一些传感器来辅助控制汽车的动力系统,如在电子点火和燃油喷射等装置中添加了爆震传感器、氧浓度传感器、凸轮轴/曲轴位置传感器等来维持一定的空燃比,以控制燃料的经济及尾气排放;20 世纪后期,借助速度传感器、碰撞传感器等的防抱死系统和安全气囊装置提高了汽车的安全性能。

进入 21 世纪之后,汽车传感器应用得更加多样,集合计算机技术,对信号具备一定的测量、处理和自诊断等能力的智能汽车传感器开始在自动驾驶、车载网络等方面得到广泛应用。汽车传感器的分类和应用分别如图 1-2 和图 1-3 所示。

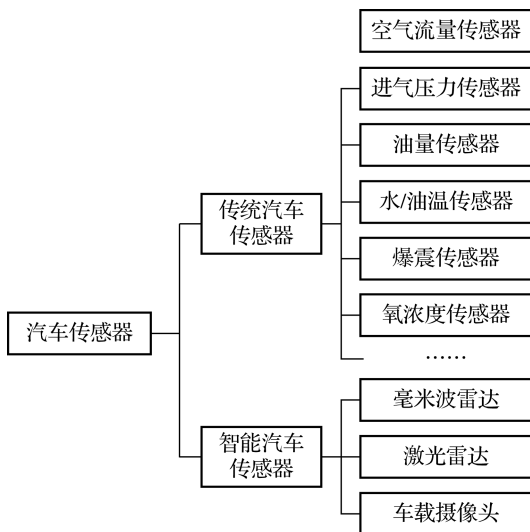


图 1-2 汽车传感器的分类



图 1-3 汽车传感器的应用

汽车工业是国民经济发展的支柱产业之一,现代汽车正由一个单纯交通工具朝着能满

足人类安全、舒适、方便需求及无污染的方向发展。当前,汽车电子技术已成为汽车工业发展的核心技术,据预测,未来汽车电子产品的费用将占整车费用的 30%,并认为汽车上 70% 的革新将来源于汽车电子。近 20 年来,汽车电子产品已广泛应用于汽车的各个独立的电子控制系统中,并向着可完成汽车各种功能的“汽车—人—公路—环境”综合电子控制系统发展。在汽车电子产品中,传感器已成为关键的基础配套产品。传感器的研发和生产单位采用新材料和新的加工技术开发和生产新一代的传感器及系统,以满足汽车工业的需求。

一辆中端汽车在动力总成中,一般会使用超过 90 个传统汽车传感器。例如,对于电喷发动机来说,主要的传感器包括空气流量传感器、进气压力传感器、节气门位置传感器、曲轴位置传感器(或凸轮轴位置传感器)、爆震传感器、进气温度传感器、水温传感器、氧浓度传感器等,通常超过 40 个。

空气流量传感器是将吸入的空气转换成电信号送至电子控制单元(electronic control unit, ECU),作为决定喷油的基本信号之一。根据测量原理不同,空气流量传感器可以分为旋转翼片式空气流量传感器、卡门涡流式空气流量传感器、热线式空气流量传感器和热膜式空气流量传感器。前两者为体积流量型,后两者为质量流量型。目前主要采用热线式空气流量传感器和热膜式空气流量传感器两种。

进气压力传感器可以根据发动机的负荷状态测出进气歧管内的绝对压力,并转换成电信号和转速信号一起送入计算机,作为决定喷油器基本喷油量的依据。目前广泛采用的是半导体压敏电阻式进气压力传感器。

节气门位置传感器安装在节气门上,用来检测节气门的开度。它通过杠杆机构与节气门联动,进而反映发动机的不同工况,如怠速工况或负荷工况。此传感器可把发动机的不同工况检测后输入 ECU,从而控制燃油的喷油量及其他辅助控制。常见的节气门位置传感器有三种类型:开关触点式节气门位置传感器、电位计式节气门位置传感器和综合式节气门位置传感器。

曲轴位置传感器也称为曲轴转角传感器,是计算机控制的点火系统中最重要传感器,其作用是检测上止点信号、曲轴转角信号和发动机转速信号,并将其输入 ECU,并且配合凸轮轴位置传感器进行判缸,从而使 ECU 能按气缸的点火顺序发出最佳点火时刻指令。曲轴位置传感器有三种类型:电磁脉冲式曲轴位置传感器、霍尔效应式曲轴位置传感器、光电效应式曲轴位置传感器。曲轴位置传感器的类型不同,其控制方式和控制精度也不同。曲轴位置传感器一般安装于曲轴皮带轮或链轮侧面,有的安装于凸轮轴前端,还有的安装于分电器。

爆震传感器安装在发动机的缸体上,随时监测发动机的爆燃情况,目前采用共振型和非共振型两大类。

进气温度传感器给 ECU 提供进气温度信号,进气温度信号一般作为喷油的补偿。

水温传感器主要提供冷却水的温度信号给 ECU,作为 ECU 控制喷油的重要信号,如果水未达到一定温度,ECU 将执行开环控制,也就是不受氧浓度传感器信号控制。

氧浓度传感器的作用主要是将空燃比反馈给 ECU,以保障燃油的燃烧充分,降低汽车尾气中有害气体的排放。

2. 传感器在工业制造中的应用

智能制造是在大数据、云计算、物联网等技术支持下,以数字化、网络化、智能化为特征

的制造方式。而智能制造离不开传感器的应用,传感器可以对生产制造过程中的各种信息进行监测和采集,如工件的位置、数量、颜色、形状等,通过采集的数据分析和算法,实现对生产过程的预测、优化和控制,从而提高生产效率和产品质量。

工业制造应用的传感器较为广泛,如使用于产品工艺控制、工业机械、专用设备以及自动化生产设备等中的各种测量工艺变量(如温度、液位、压力、流量等)、电子特性(电流、电压等)和物理量(运动、速度、负载以及强度)的传感器,以及传统的接近/定位传感器。传感器技术发展迅速,传感器的应用更是发挥了其独特的优势。同时,传感器也可以通过与其他控制元件相互配合,实现对生产线的自动控制,减少了人为因素的干扰,提高了生产效率和产品质量。

以上只是传感器在汽车电子、工业制造这两个行业的应用,今天的任务是利用网络及我们自己在生活中的感受,了解传感器的应用,开拓视野。

任务二 了解身边的传感器

针对身边常见的家用电器及生产设备,通过对项目资讯的查阅或通过互联网的各种媒体平台查找相关的资料,形成计划、决策、实施等文字材料,制作简单的 PPT 汇报演示文档,在课堂上就某一类家用电器或生产设备进行汇报讲解,举例说明日常生活和生产中存在哪些带有传感器的家用电器或生产设备,以及传感器在这些家用电器或生产设备运行过程中所起的作用。

单元	单元一 初识传感器		
任务	了解身边的传感器	学时	2
组长		小组成员	
小组分工			

一、任务描述

就某一种家用电器或生产设备说明用到了什么传感器,以及这些传感器在该家用电器或生产设备运行过程中所起的作用。

二、任务计划

(1)确定本工作任务需要使用的工器具和辅助设备,填写表 1-1。

表 1-1 工器具和辅助设备准备清单

任 务 名 称			
各工作流程	工器具	辅 助 设 备	备 注

(续表)

(2)讨论确定某一种日常生活和生产中带有传感器的家用电器或生产设备。通过阅读资料或互联网搜索明确传感器在这些家用电器或设备运行中所起的作用,进行汇报讲解。

讨论结果:选择_____。

(3)工作分工及计划制订见表 1-2。记录小组各成员的任务分工、任务完成情况等。

表 1-2 工作分工及计划制订

序 号	工作阶段/ 步骤	工 作 安 全	实 施 人 员	工 作 时 间	
				计 划	实 际
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

工作环境保护：

日期：

教师：

学生：

三、任务决策

- (1)分小组讨论,分析阐述各自制订的设计制作计划,确定实施方案。
- (2)指导教师指导确定最终方案。
- (3)每组选派一位成员阐述方案。

四、任务实施

- (1)什么是传感器? 谈谈它在我们的生产和生活中的存在情况。
- (2)就选择的某一种家用电器或生产设备说明用到了什么传感器,以及传感器在这些家用电器或生产设备运行过程中所起的作用。
- (3)发挥自己的想象力,谈谈你对未来社会中传感器地位的畅想。

(续表)

五、任务评价

(1)填写小组任务评价表(见表 1-3)。

表 1-3 小组任务评价表

序 号	评 价 项 目	评 价 手 段	0~10 分	权 重	总 分
1	信息阶段	学生工作页		×2.0	
2	计划决策	学生工作页		×2.0	
3	任务完成	学生工作页		×4.0	
4	5S 自查	检查表		×1.0	
5	成果介绍	谈话/观察		×1.0	
任务得分(0~100 分)					

(2)填写附件中的小组成员考核表(学生互评),如表 1-4 所示,根据小组中的每位成员在任务完成过程中的情况给出考核成绩。

六、任务总结

(1)小组讨论,自我评述任务完成情况及发生的问题,小组共同给出改良方案和提升效率的建议。

(2)小组准备汇报材料,每组选派一人进行汇报。

(3)指导教师对方案进行评价说明。

学生自我总结:

任务完成人签字:

日期: 年 月 日

指导教师评语:

指导教师签字:

日期: 年 月 日

附件:

表 1-4 小组成员考核表(学生互评)

专业:	班级:	组号:			
课程:传感器应用技术	任务:	组长:			
小组成员					
1:	2:	3:			
考核标准					
类 别	考 核 项 目	成 员 评 分			
		1	2	3	4
学习能力	学习目标明确				
	有探索和创新意识、学习新技术的能力				
	利用各种资源收集并整理信息的能力				
方法能力	掌握所学习的相关知识点				
	能做好课前预习和课后复习				
	能熟练运用各种工具或操作方法				
	能熟练完成任务				
社会能力	学习态度积极,遵守课堂纪律				
	能与他人良好沟通,互助协作				
	具有良好的职业素养和习惯				
累计(满分 100 分)					
小组考核成绩(作为个人考核系数)					
总评分(满分 100 分)					

注:1. 本表用于学习小组成员相互进行评分。

2. 每项评分从 1 分~10 分,每人总评累计为 100 分。

3. 每个成员的任务总评分=成员评分×(小组考核成绩÷100)。

拓展知识

一、传感器的发展趋势

科学技术的发展使得人们对传感器技术越来越重视,认识到它是影响人们生活水平的重要因素之一。随着世界各国现代化步伐的加快,对检测技术的要求也越来越高,因此对传感器的开发成为目前最热门的研究课题之一。而科学技术,尤其是大规模集成电路技术、微型计算机技术、机电一体化技术、微机械和新材料技术的不断进步,则大大促进了现代检测技术的发展。近年来,传感器正处于传统型传感器向新型传感器转型的发展阶段。新型传感器的特点是微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化,它不仅能促进系统产业的改造,而且可引导建立新型工业和军事变革,是 21 世纪新的经济增长点。

传感器技术发展趋势可以从以下几方面来看。

1. 开发传感器新材料

传感器材料是传感器技术的重要基础,随着传感器技术的发展,除了早期使用的材料,如半导体材料、陶瓷材料以外,光导纤维、纳米材料和超导材料等相继问世。人工智能材料更是把我们带入了一个新的天地,它同时具有三个特征:能感知环境条件的变化(传统传感器)的功能;识别、判断(处理器)功能;发出指令和自采取行动(执引器)功能。随着研究的不断深入,未来将会有更多更新的传感器材料被开发出来。

2. 开发新型传感器

传感器的工作机理是基于各种物理(化学或生物)效应和定律,启发人们进一步探索具有新效应的敏感功能材料,并以此研制具有新原理的新型传感器,这是发展高性能、多功能、低成本和小型化传感器的重要途径。

3. 开发多功能集成化传感器

传感器集成化包含两种含义:一种是同一功能的多元件并列,目前发展很快的自扫描光电二极管阵列、CCD(charged coupled device)图像传感器就属此类;另一种含义是功能一体化,即将传感器与放大、运算以及温度补偿等环节一体化,组装成一个器件,如把压敏电阻、电桥、电压放大器和温度补偿电路集成在一起的单块压力传感器。

多功能是指一器多能,即一个传感器可以检测两个或两个以上的参数,如国内已经研制的硅压阻式复合传感器,可以同时测量温度和压力等。

4. 开发智能化传感器

智能化传感器是将传感器与计算机集成在一块芯片上的装置,它将传感器技术与信息处理技术相结合,即除了感知的本能外,还具有认知能力。例如,将多个具有不同特性的气敏元件集成在一个芯片上,利用图像识别技术进行处理,可得到不同灵敏模式,然后将这些模式所获取的数据进行计算,与被测气体的模式类比推理或模糊推理,可识别出气体的种类和各自的浓度。

5. 多学科交叉融合

无线传感器网络是由大量无处不在的、具有无线通信与计算能力的微小传感器节点构成的自组织分布式网络系统,是能根据环境自主完成指定任务的“智能”系统。它是涉及微传感器与微机械、通信、自动控制、人工智能等多学科的综合技术,其应用已由军事领域扩展到反恐、防爆、环境监测、医疗保健、家居、商业、工业等众多领域,有着广泛的应用前景。因此,美国《商业周刊》(*Business Week*)和《麻省理工技术评论》(*MIT Technology Review*)在预测未来技术发展的报告中,分别于1999年和2003年将其列为21世纪最具影响的21项技术和改变世界的10大新技术之一。

6. 加工技术微精细化

随着传感器产品质量档次的提升,加工技术的微精细化在传感器的生产中占有越来越重要的地位。微机械加工技术是近年来随着集成电路工艺的发展而发展起来的,它是将离子束、电子束、激光束和化学刻蚀等应用于微电子加工的技术。目前微机械加工技术已越来越多地应用于传感器制造工艺。例如,溅射、蒸镀等离子体刻蚀、化学气相沉积(chemical vapor deposition, CVD)、外延生长、扩散、腐蚀、光刻等。越来越多的生产厂家将传感器作为

一种工艺品来精雕细琢。无论是一根导线,还是导线防水接头的出孔,无论是一个角落,还是一个细节,传感器的制作都达到了工艺品水平。例如,柱式传感器的底座一般易进沙尘及其他物质,而底座一旦进入沙尘或其他物质后,就会对传感器来回摇摆产生影响,日本久保田公司生产的柱式传感器,外加一个黑色的防尘罩,显然克服了上述弊端。这个附件的设计不仅充分考虑了用户使用现场环境要求,而且制作工艺、外观非常考究。

传感器微型化是建立在微机电系统(micro-electro-mechanical system, MEMS)技术基础上的,而 MEMS 的发展,将出现微传感器以外的微驱动器、微控制器、微能源等部件,集成的智能微系统具有感知、处理、决策和控制能力,可用于常规系统难于或无法工作的环境,所以美国把航空航天、通信和 MEMS 并列为三大科研重点项目。MEMS 加工技术具体包括体微机械加工技术、表面微机械加工技术、LIGA 技术(X 光深层光刻、微电铸和微复制技术)、激光微加工技术和微型封装技术等。MEMS 传感器配套的集成电路芯片,如“通用电容读出(VCR)芯片”可以测量小到 0.4 pF 的电容变化,此外,如下技术也得到了发展:微系统材料技术、微系统的单元和集成技术、微系统的设计技术、微系统的测试计量和评价技术。从世界范围来看,2000 年以前主要侧重于基础理论和基础工艺研究,而在 21 世纪将致力于集成化微系统的研究和产业化,全球 MEMS 形成了产业化规模。

二、传感器的市场变化趋势

1. 在电子产品中的应用

传感器在电子产品中的应用多见于智能穿戴、3C 电子,手机占比最大。手机产量的大幅增长及手机新功能的不断增加给传感器市场带来机遇与挑战,游戏手机和摄像手机市场份额的不断上升增加了传感器在该领域的应用比例。

在可穿戴式应用领域方面,传感器是必不可少的元器件。例如,健身追踪器和智能手表正逐渐成为一种日常生活方式设备,可帮助我们跟踪自己的活跃程度以及基本的健康参数。事实上,为了帮助人们衡量活动水平和心脏健康,戴在手腕上的那些微型设备中应用了很多技术。典型的健身追踪器或智能手表内置约 16 个传感器,根据产品价格的不同,传感器数量可能会有所变化。这些传感器与其他硬件组件(如电池、麦克风、显示器、扬声器等)以及功能强大的高端软件一起构成健身追踪器或智能手表。

如今可穿戴设备的应用领域正从外置的手表、眼镜、鞋子等向更广阔的领域扩展,如电子肌肤等。

2. 在环境监测中的应用

在环境监测和预报方面,无线传感器网络可用于监视农作物灌溉情况、土壤空气情况、家畜和家禽的环境和迁移状况、无线土壤生态学、大面积的地表等,可用于行星探测、气象和地理研究、洪水监测等。基于无线传感器网络,可以通过数种传感器来监测降雨量、河水水位和土壤水分,并依此预测山洪暴发,描述生态多样性,从而进行动物栖息地生态监测;还可以通过跟踪鸟类和昆虫进行种群复杂度的研究等。

随着人类对环境质量的重视和关注,在实际的环境监测过程中,人们往往需要既方便携带,又能够实现多种待测物持续动态监测的分析设备和仪器。借助新型的传感器技术,能够满足上述需求。

硫化物、氮氧化物等都是严重影响人们生产生活的污染物。 SO_2 是酸雨以及酸雾形成的主要原因,而且传统的方法虽然可以测出 SO_2 的含量,但是方法复杂而且不够准确。最近研究学者发现特定传感器能够将亚硫酸盐进行氧化,在进行氧化的过程中会消耗一部分的氧气,这就会使电极溶解氧下降从而生成电流。利用传感器可以有效得到亚硫酸盐的含量,不但速度快,而且可靠度高。

而针对氮氧化物,可利用氮氧化物传感器来监测。氮氧化物传感器的工作原理就是利用氧电极生成一种特定的消耗亚硝酸盐的细菌,通过计算溶解氧浓度的变化来计算出氮氧化物的含量。因为生成的细菌是以硝酸盐作为能源,而且只是以这种硝酸盐作为能源,因此,在实际的应用过程中具有唯一性,不会因为其他物质的干扰而受到影响。国外一些研究学者利用膜的原理进行了更加深入的研究,从而间接测出了空气中含量非常低的 NO_2 的浓度。

3. 在交通管理中的应用

在交通管理中,利用安装在道路两侧的无线传感网络系统,可以实时监测路面状况、积水状况以及公路的噪声、粉尘、气体等参数,达到道路保护、环境保护和行人健康保护的目的。

智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)是在传统的交通体系的基础上发展起来的新型交通系统,它将信息、通信、控制和计算机技术以及其他现代通信技术综合应用于交通领域,并将“人-车-路-环境”有机地结合在一起。在现有的交通设施中增加一种无线传感器网络技术,将能够从根本上缓解困扰现代交通的安全、通畅、节能和环保等问题,同时还可以提高交通工作效率。

4. 在医疗健康中的应用

国内外众多医疗研究机构在传感器技术应用于医疗领域方面已取得重要进展。例如,美国佐治亚理工学院正在开发具备压力传感器和无线通信电路等的体内嵌入式传感器,该器件由导电金属和绝缘薄膜构成,能够根据构成的共振电路的频率变化检测出压力的变化,发挥完作用之后就会溶解于体液中。

近年来,无线传感器网络在医疗系统和健康管理方面已有很多应用。例如,监测人体的各种生理数据,跟踪和监控医院中医生和患者的行动,以及医院的药物管理等。

5. 在家居生活中的应用

无线传感器网络的逐渐普及,促进了信息家电、网络技术的快速发展,家庭网络的主要设备已由单一机向多种家电设备扩展,基于无线传感器网络的智能家居网络控制节点为家庭内、外部网络的连接及内部网络之间信息家电和设备的连接提供了一个基础平台。

在家电中嵌入传感器节点,通过无线网络与互联网连接在一起,将为人们提供更加舒适、方便和更加人性化的智能家居环境。利用远程监控系统可实现对家电的远程遥控,也可以通过图像传感设备随时监控家庭安全情况。

6. 在农牧业中的应用

农业是无线传感器网络使用的另一个重要领域。例如,“西北优势农作物生产精准管理系统”实施以来,针对我国西部地区优势农产品苹果、猕猴桃、丹参、甜瓜和番茄等主要农作物,以及西部干旱少雨的生态环境特点开展专项技术研究、系统集成与典型应用示范,成功将无线传感器网络技术应用于精细农业生产中。这种实时采集作物生长环境的无线传感器网络先进技术,为发展现代农业提供了新的技术支撑。

7. 在建筑安全中的应用

由于建筑物不断进行修补,可能会存在一些安全隐患。虽然地壳偶尔的小震动可能不会带来看得见的损坏,但是也许会在支柱上产生潜在的裂缝,这个裂缝可能会在下一次地震中导致建筑物倒塌。用传统方法检查往往需要将大楼关闭数月,而安装传感器网络的智能建筑可以告诉管理部门它们的状态信息,并自动按照优先级进行一系列自我修复工作。

随着社会的不断进步,安全生产的观念已经深入人心,人们对安全生产的要求也越来越高。在事故多发的建筑行业,如何保证施工人员的的人身安全,以及工地的建筑材料、设备等财产的安全,是施工单位关心的头等大事。例如,在浇筑施工过程中,针对高大模板支撑系统中的模板沉降、顶杆失稳、扣件失效等安全隐患,采用应力计、倾角计等各种类型的传感器进行实时数据采集、分析,在施工过程中如果有危险情况的发生,可以迅速地进行预警,报告现场施工人员及监管人员,有效降低施工安全风险。

8. 在航空领域中的应用

在航空领域,对安装组件的安全性和可靠性要求极高。这尤其适用于在不同地方使用的传感器。例如,火箭在起飞时,由于起飞速度非常高,空气会在火箭表面和箭身上产生巨大的压力和作用力,形成极其苛刻的环境。因此需要压力传感器来监控这些作用力,以确保它们保持在箭身的设计限制范围内。起飞时,压力传感器会暴露于从火箭表面流过的空气中,从而测出数据。这些数据还用于指导未来的箭身设计,以使其更可靠、坚固和安全。此外,如果出现什么错误,压力传感器的数据还将成为极其重要的分析工具。

再比如,在飞机装配中,传感器可确保非接触式铆钉孔测量,还有可用于测量飞机起落架、机翼组件、机身和发动机位移和位置的传感器,可以提供可靠精准的确定测量值。

9. 在其他领域/特殊领域中的应用

无线传感器网络是当前信息领域中研究的热点之一,可用于特殊环境实现信号的采集、处理和发送;无线温湿度传感器网络以 PIC 单片机为核心,利用集成湿度传感器和数字温度传感器设计出温湿度传感器网络节点的硬件电路,并通过无线收发模块与控制中心通信,使系统传感器节点的功耗低,数据通信可靠,稳定性好,通信效率高,可广泛应用于环境检测之中。

单元二 认识传感器

一、单元简介

在 21 世纪,传感器的应用已经深入我们身边的各个领域,那么在不同的场合,对某个物理量进行检测的时候,如何来选取合适的传感器呢?对传感器定义、组成的理解,尤其是对体现传感器特性的各个参数的理解,对传感器的选用有着极为重要的意义。



微课堂
传感器特性 1

二、单元目标

1. 知识点

(1)理解传感器的定义;

- (2)理解传感器的组成,并了解各部分的作用;
- (3)了解传感器的静态特性;
- (4)理解灵敏度、线性度的含义。

2. 技能点

- (1)掌握分析传感器构成的能力;
- (2)学会计算传感器的灵敏度;
- (3)具有判别传感器线性度的能力。

3. 素质点

- (1)培养学生合作解决问题的能力;
- (2)培养学生通过不同的渠道获取新知识的能力。

三、单元能力

1. 专业能力

- (1)通过对国标中传感器定义的学习,与前一单元中传感器定义进行比较,更加深刻、准确地理解什么是传感器,并明确在工程领域中传感器的含义;
- (2)通过案例理解传感器的组成,并了解各部分的作用;
- (3)了解描述传感器静态特性的主要参数,包括线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨力、稳定性、漂移和可靠性等的含义,能计算传感器的线性度和灵敏度。

2. 个人能力

- (1)根据项目要求从厂家的产品说明书或网络中获取传感器相关参数;
- (2)根据应用的场景和获取的传感器相关资料,分析并选取合适的传感器。

3. 社会能力

- (1)与同伴讨论分析给定传感器适用的场合及应用方案;
- (2)制订工作计划,进行讲解。

任务一 单元相关知识

一、传感器的定义

国家标准《传感器通用术语》(GB/T 7665—2005)中对传感器的定义:“能感受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,通常由敏感元件和转换元件组成。”传感器是实现自动检测和自动控制的首要环节,传感器的输出信号多为易于传输和处理的电量,如电压、电流、频率等。传感器的定义包含了以下几方面的含义。

- (1)传感器是一种测量装置,能完成检测任务。
- (2)传感器的被测量(输入量)是某一测量对象的特定量,可能是物理量,也可能是化学量、生物量等。
- (3)传感器的输出信号(输出量)是某种可用物理量,这种量可以是光量、电量等,在现阶段主要是电量。
- (4)传感器的输出、输入之间有确定的规律,即输出量与输入量有一定的函数关系。

二、传感器的构成

传感器一般是利用物理、化学和生物等的效应或机理,并按照一定的工艺和结构制作出来的。所以,传感器的组成部分有较大差异。但是通常可以认为,传感器一般由敏感元件、转换元件和测量转换电路三部分组成,其构成框图如图 1-4 所示。

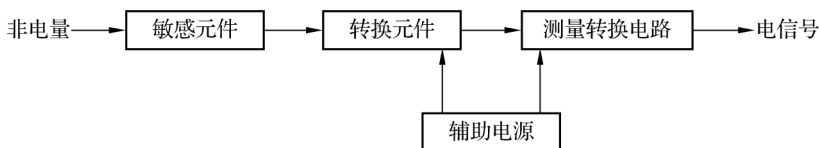
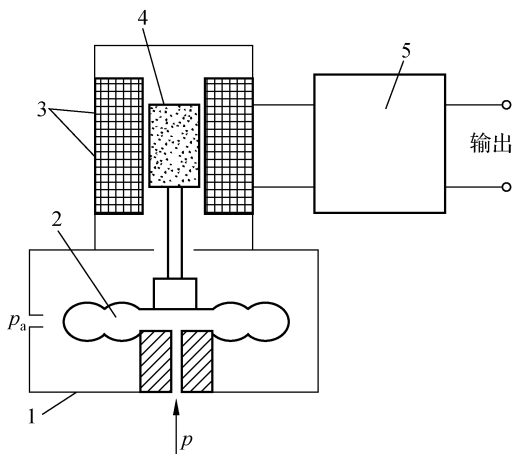


图 1-4 传感器构成框图

1. 敏感元件

敏感元件是指传感器中能直接感受被测量(通常为非电量)的变化,并输出与被测量成确定关系的另一物理量(另一非电量)的元件。敏感元件是传感器的核心,也是研究、设计和制作传感器的关键。图 1-5 所示为一种气体压力传感器的示意图。膜盒 2 的下半部与壳体 1 固定连接,上半部通过连杆与磁芯 4 相连,磁芯 4 置于两个电感线圈 3 中,电感线圈 3 接入转换电路 5。这里的膜盒 2 就是敏感元件,其外部与大气压力相通,内部感受被测压力 P 。当 P 变化时,引起膜盒 2 上半部移动,即输出相应的位移量。



1—壳体；2—膜盒；3—电感线圈；4—磁芯；5—转换电路。

图 1-5 气体压力传感器的示意图

2. 转换元件

敏感元件的输出就是转换元件的输入,转换元件把敏感元件的输出转换成电参量输出。在图 1-5 中,电感线圈 3 就是转换元件,它把输入的位移量转换成电感的变化量。

3. 测量转换电路

测量转换电路的作用是将转换元件输出的电参量进行转换和处理,如放大、滤波、线性化和补偿等,以获得更好的品质特性,便于后续电路实现显示、记录、处理及控制等功能。测量转换电路的类型由传感器的工作原理和转换元件的类型而定,一般有电桥电路、阻抗变换

电路和振荡电路等。

不是所有的传感器都由以上三部分组成。最简单的传感器是由一个敏感元件(兼转换元件)组成的,它感受被测量的变化时直接输出电量,如热电偶传感器。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,而没有测量转换电路,如压电式加速度传感器,其中质量块是敏感元件,压电片(块)是转换元件。有些传感器的转换元件不止一个,要经过若干次转换。一般情况下,测量转换电路的后续电路,如信号放大、处理、显示等电路就不应包括在传感器的组成范围之内。

三、传感器的分类

传感器技术是一门知识密集型技术,原理各种各样,因而传感器种类繁多。

1. 按被测量分

传感器按被测量可分为加速度传感器、速度传感器、位移传感器、压力传感器、负荷传感器、扭矩传感器和温度传感器等。这种分类方法对于用户来说是一目了然的。但是,这种分类方法的弊病是传感器的名目繁多,把原理互不相同的同一用途的传感器归为一类,这就很难找出各种传感器在转换原理上的共性与差异,不利于掌握对传感器的原理与性能的分析方法。

2. 按工作原理分

传感器按工作原理可分为电阻应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、霍尔式传感器、光电式传感器和热敏式传感器等。这种分类方法的优点是划分类别较少,有利于对传感器的工作原理与设计进行归纳性的分析与研究,使设计与应用更具有合理性与灵活性,缺点是对传感器不够了解的用户会感到使用不便。

3. 按能量的传递方式分

传感器按能量的传递方式可分为有源传感器和无源传感器。

(1)有源传感器。有源传感器可视为一台微型发电机,能将非电量转换为电量,它所配用的测量转换电路通常是信号放大器。所以有源传感器是一种能量变换器,如压电式传感器、热电式传感器(热电偶)、电磁式传感器和电动式传感器等。在有源传感器中,有些传感器的能量转换是可逆的,有些传感器的能量转换是不可逆的。有些有源传感器通常附有力学系统,只能用在接触式的测量中,如压电式加速度传感器;有些有源传感器不具有直流响应能力,只能用于动态测量中,如温度传感器中的热电偶,它是利用两种不同金属的温差所产生的电动势进行测量的。

(2)无源传感器。无源传感器不进行能量的转换,被测非电量仅对传感器中的能量起控制或调节的作用,所以它必须具有辅助能源(电源),如电阻式传感器、电容式传感器和电感式传感器等,遥感技术中的微波传感器和激光传感器等也可以归结为此类。无源传感器本身并不是一个信号源,因此,它所配用的测量转换电路与有源传感器不同,通常是电桥电路或谐振电路。由于无源传感器具有直流响应能力,一般不配力学系统,因而适用于静态测量和动态测量,有时还可以用在非接触的测量场合。

4. 按输出信号的性质分

传感器按输出信号的性质可分为模拟传感器与数字传感器。模拟传感器需通过 A/D 转换器才能用计算机进行信号分析、加工与处理,数字传感器则可直接送到计算机进行处理。

四、传感器的特性

在生产过程和科学实验中,传感器要对各种各样的参数进行检测和测量,这就要求传感器能感受被测非电量的变化并将其不失真地变换成相应的电参量,这取决于传感器的基本特性,即输入-输出特性。如果把传感器看作两端口网络,即有两个输入端和两个输出端,那么传感器的输入-输出特性是与其内部结构参数有关的外部特性。传感器的基本特性可用静态特性和动态特性来描述。

传感器的静态特性是指当被测量的测量值处于稳定状态时输入量与输出量的关系。只有传感器处于稳定状态时,输入量与输出量之间的关系式中才不含有时间变量。衡量静态特性的重要指标包括线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨力、稳定性、漂移和可靠性等。

1. 线性度

线性度是指传感器输入量与输出量之间的静态特性曲线偏离直线的程度,其又称为非线性误差。静态特性曲线可通过实际测试获得,在实际使用中,大多数传感器的静态特性曲线是非线性的,为了得到线性关系,常引入各种非线性补偿环节,如采用非线性补偿电路或计算机软件进行线性化处理等。但如果传感器非线性的阶数不高,输入量变化范围较小,则可用一条直线(切线或割线)近似地代表实际曲线的一段,这条直线称为拟合直线,如图 1-6 所示。静态特性曲线与拟合直线之间的偏差称为传感器的非线性误差(或线性度),通常用相对误差 γ_L 表示,即

$$\gamma_L = \pm \frac{\Delta L_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中, $\Delta L_{\max}$ 为最大非线性绝对误差; Y_{FS} 为满量程输出值。

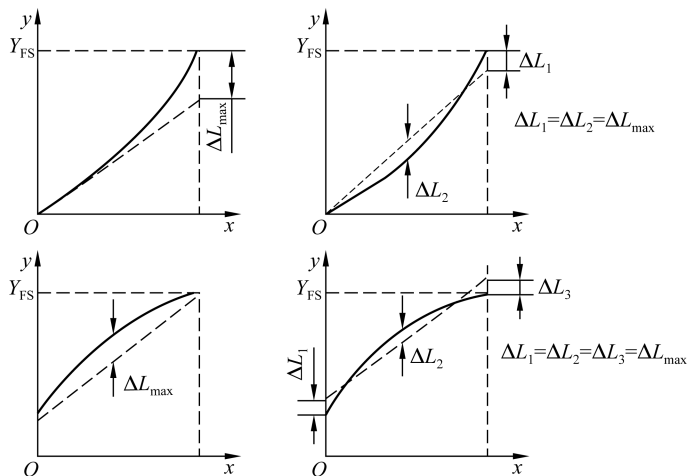


图 1-6 几种拟合直线

图 1-6 中即使是同类传感器,拟合直线不同,其线性度也是不同的。选取拟合直线的方法有很多,常用的有理论直线法、端点法、割线法、切线法、最小二乘法和计算机程序法等,其中,用最小二乘法求取拟合直线的拟合精度最高。

2. 灵敏度

灵敏度是指传感器输出量的增量与引起输出量增量的输入量的增量的比值,通常用 k

表示,即

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-2)$$

式中, Δy 为输出量的增量; Δx 为引起输出量增量的输入量的增量。

灵敏度是传感器对输入量变化反应能力的表征,可以理解为当输入量或输入量的变化量一定时,输出量或输出量的变化量越大,则传感器对输入量变化的反应能力越大,灵敏度越高。线性传感器的灵敏度就是其输入-输出特性曲线的斜率,是一个常数,与输入量的大小无关;而非线性传感器的灵敏度是一个随工作点而变的变量(该工作点切线的斜率),如图 1-7 所示。一般希望传感器具有较高的灵敏度,且在满量程的范围内是恒定的,这样就可保证在传感器输入量相同的情况下,输出信号尽可能大,从而有利于对被测量的转换和处理。

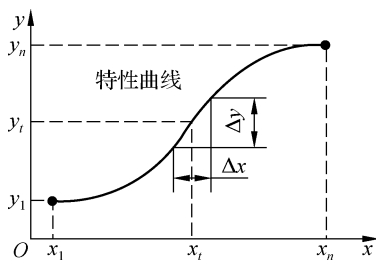


图 1-7 非线性传感器的输入-输出特性曲线

输出灵敏度是指传感器在额定载荷作用下,测量电桥供电电压为 1 V 时的输出电压。有时用输出灵敏度这个性能指标来表示某些传感器的灵敏度,如应变片式压力传感器。

3. 迟滞

迟滞是指传感器在输入量由小到大(正行程)及输入量由大到小(反行程)变化期间其输入-输出特性曲线不重合的程度,如图 1-8 所示。也就是说,对于同一大小的输入量,传感器正反行程的输出量的大小不等。产生这种现象的主要原因是传感器中敏感元件材料的物理性质和机械零部件有缺陷。



微课堂
传感器特性 2

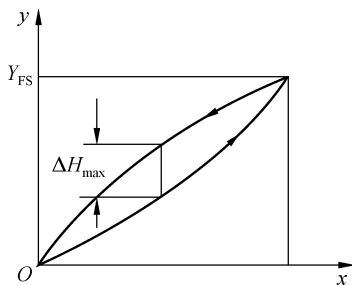


图 1-8 传感器的迟滞特性

迟滞误差是指对应同一输入量的正反行程输出值间的最大差值与满量程输出值的百分比,通常用 γ_H 表示,即

$$\gamma_H = \pm \frac{\Delta H_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中, $\Delta H_{\max}$ 为正反行程输出值间的最大差值; Y_{FS} 为满量程输出值。

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, 所得输入-输出特性曲线不一致的程度, 如图 1-9 所示。多次按相同输入条件测试的输出特性曲线越重合, 其重复性越好, 误差越小。

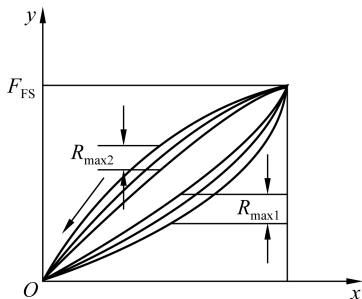


图 1-9 传感器的重复性

重复性误差是指各测量值正行程标准偏差的两倍至三倍与满量程输出值的百分比, 通常用 γ_R 表示, 即

$$\gamma_R = \pm \frac{(2 \sim 3)\sigma}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中, σ 为正行程标准偏差。

此外, 重复性误差也可用正反行程中的最大偏差 $\Delta R_{\max}$ 表示, 即

$$\gamma_R = \pm \frac{1}{2} \frac{\Delta R_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中, $\Delta R_{\max}$ 为正反行程中的最大偏差。

5. 分辨力

分辨力是指传感器能检测到输入量最小变化量的能力。对于某些传感器, 如电位器式传感器, 当输入量连续变化时, 输出量只做阶梯变化, 则分辨力就是输出量的每个阶梯所代表的输入量的大小。对于数字式仪表, 分辨力就是仪表指示值的最后一位数字所代表的值。当被测量的变化量小于分辨力时, 数字式仪表的最后一位数不变, 仍指示原值。当分辨力以满量程输出的百分数表示时, 则称为分辨率。

6. 稳定性

稳定性是指传感器在一个较长的时间内保持其性能参数的能力。理想的情况下是指不论什么时候, 传感器的特性参数都不随时间变化。但实际上, 随着时间的推移, 大多数传感器的特性会发生改变, 这是因为敏感元件或构成传感器的部件, 其特性会随时间发生变化, 从而影响传感器的稳定性。

稳定性一般以室温条件下经过某一规定时间间隔后, 传感器的输出与起始标定时的输出之间的差异来表示, 这种差异称为稳定性误差。稳定性误差可用相对误差来表示, 也可用绝对误差来表示。

7. 漂移

漂移是指在外界的干扰下, 在一定时间间隔内, 传感器输出量发生与输入量无关、不需

要的变化。它包括零点漂移和灵敏度漂移,如图 1-10 所示。零点漂移或灵敏度漂移又可分为时间漂移和温度漂移。时间漂移是指在规定的条件下,零点漂移或灵敏度漂移随时间的缓慢变化。温度漂移是指环境温度变化引起的零点漂移或灵敏度漂移。

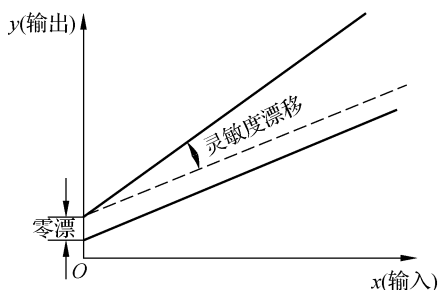


图 1-10 传感器的漂移

传感器的漂移有时会导致整个测量系统或控制系统处于瘫痪,一般可通过串联或并联可变电阻来消除。此外,漂移量的大小也是衡量传感器稳定性的重要性能指标。

8. 可靠性

可靠性是指产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的能力。可靠性技术是研究如何评价、分析和提高产品可靠性的一门综合性边缘科学。产品的可靠性是一个与许多因素有关的综合性质量指标,主要特点如下。

(1)时间性。产品的可靠性是指产品在使用过程中,主要性能指标的保持能力。保持的时间越长,产品的使用寿命越长,所以产品的可靠性是时间的函数。

(2)统计性。产品的可靠性指标与产品的技术性指标之间有一个重要区别:产品的可靠性指标是通过产品的抽样实验,利用统计理论估计整批产品的可靠性;而产品的技术性指标可以利用仪器仪表直接测量得到,如线性度、灵敏度、迟滞和重复性等。

(3)可比性。产品的可靠性指标具有可比性,如产品的工作条件、环境不同,可靠性就有很大的差异;规定的使用时间不同,可靠性也不同;产品的功能判断不同,将得到不同的可靠性评定结果。

(4)典型指标。传感器或检测系统一旦出现故障,就会导致整个自动化系统瘫痪,有时会造成严重的生产事故,所以必须十分重视传感器的可靠性。衡量其可靠性的指标有以下几个。

①平均无故障时间。平均无故障时间是指传感器或检测系统在正常的工作条件下,连续不间断地工作,直到发生故障而丧失正常工作能力所用的时间。

②平均修复时间。平均修复时间是指排除故障所花费的时间。

③故障率。故障率也称为失效率,它是平均无故障时间的倒数。

任务二 传感器的特性参数识读

单元	单元二 认识传感器		
任务	传感器的特性参数识读	学时	2
组长		小组成员	
小组分工			

(续表)

一、任务描述
(1)根据给出的某种传感器,查找铭牌中给出的数据,说明该传感器的灵敏度的含义。
(2)根据给出的数据,判别传感器线性度的好坏,说明线性度对传感器的意义。
二、任务计划

(1)确定本工作任务需要使用的工器具和辅助设备,填写表 1-5。

表 1-5 工器具和辅助设备准备清单

任 务 名 称			
各工作流程	工 器 具	辅 助 设 备	备 注

- (2)根据给出的某种传感器,查找铭牌中给出的数据,说明该传感器的灵敏度的含义。
- (3)根据给出的数据,判别传感器线性度的好坏,说明线性度对传感器的意义。
- (4)万用表的功能参数。
- ①将万用表的技术参数填入表 1-6 中。

表 1-6 万用表的技术参数

技术参数	直流电压	交流电压	直流电流	交流电流	电阻 1
数 值					
技术参数	电阻 2	电容			
数 值					

②将代表万用表各部分功能名称的编号填入图 1-11 相应的方框内。

功能名称	电阻 调零 旋钮	COM 输入端	10 A 电 流 输入端	电压、电 流读数 标尺	三极管 测量 插孔	电阻 读数 标尺	量程 开关	其余 测量 输入端	交流 2 500 V 输入端	机械 调零 旋钮
编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10