



Chuangganqi yu Yingyong Jishu



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

传感器与应用技术

▲主编 郝琳 詹跃明 张虹



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

传感器与应用技术

Chuanganganqi
yu Yingyong Jishu

▲主 编 郝 琳 詹跃明 张 虹

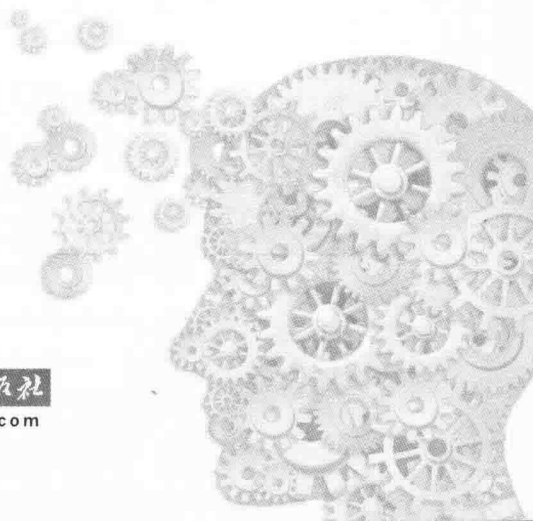
▲副主编 宋蒙蒙 刘 真 欧阳志红 左 可



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉



内 容 简 介

“传感器与应用技术”是自动化、机电一体化等专业的专业课。随着我国相关工业产业的日新月异,传感器技术也在拓展着自身的应用领域。编者怀着培养高职院校实践应用型人才的愿望,编写了《传感器与应用技术》这本书。

本书在介绍传感器技术的同时,注重理论与实际的联系,使学生了解最常用和最新的传感器,在语言表达方式上力求做到言简意赅,简洁易懂,以增强学生的学习热情与兴趣。

本书共十三章,介绍了传感器的基础知识,以及电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、热电式传感器、压电式传感器、光电式传感器、光纤传感器、图像传感器、超声波传感器、红外传感器、气敏传感器和湿敏传感器及其他类型传感器。全书围绕各种传感器的基本原理和应用实例两个方面进行阐述,使学生在掌握基本原理的基础上,能够灵活应用,学会将传感器得到的微弱信号通过测量电路转换成可测量的信号的方法。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与应用技术/郝琳,詹跃明,张虹主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5680-1718-3

I. ①传… —II. ①郝… ②詹… ③张… 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(2016)第 088203 号

传感器与应用技术

Chuanganganqi yu Yingyong Jishu

郝 琳 詹跃明 张 虹 主编

策划编辑:倪 非

责任编辑:刘 静

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10

字 数:245 千字

版 次:2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:28.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

智者解决问题,天才预防问题。

Intellectuals solve problems, geniuses prevent them.

不要试图去做一个成功的人,要努力成为一个有价值的人。

Try not to become a man of success, but rather try to become a man of value.

——阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein)

阿尔伯特·爱因斯坦(1879. 3. 14—1955. 4. 18),犹太裔物理学家。他于 1879 年出生于德国乌尔姆市的一个犹太人家庭(父母均为犹太人),1900 年毕业于苏黎世联邦理工学院,入瑞士国籍。1905 年,获苏黎世大学哲学博士学位。爱因斯坦提出光量子假说,成功解释了光电效应,因此获得 1921 年诺贝尔物理学奖,同年创立狭义相对论。1915 年,创立广义相对论。

爱因斯坦的学说为核能开发奠定了理论基础,他本人被公认为是继伽利略、牛顿以来最伟大的物理学家。

传感器技术是信息技术的三大支柱之一,是感知、获取、处理与传输的关键,是实现现代化测量和自动控制的主要环节。传感器作为信息获取的工具,在当今现代化事业中的重要性越来越为人们所认识。“传感器与应用技术”是自动化、机电等专业的专业课程,涉及电路、电子测量等专业基础知识,是工业自动化设备、测控仪器等获取信息的必要手段。

本书是针对应用型高职学生而编写的。在本书的编写过程中,编者注重理论与实际的结合,围绕知识基础,重在应用,内容的选取贴近电气与机电专业,由浅入深,循序渐进,应用部分与实际相结合,图文并茂,在内容上采用简洁的表述方式,略去了烦琐的公式推导和理论分析。

本书的编者从事传感器教学与研究多年。本书的主要内容是编者们在传感器及其相关课程中的教学内容,同时也参考了国内外传感器技术的相关专著和论文。在本书的编写过程中,还有许多老师给予了很大帮助,在此,向对本书的编写给予热情帮助的同人们表示感谢。另外,在本书的编写过程中,参考了很多书籍与文献,并在网络上查阅、收集了相关资料,如传感器应用网、智能电网、中国物联网等。

限于编者自身的学识和水平,加上时间仓促,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

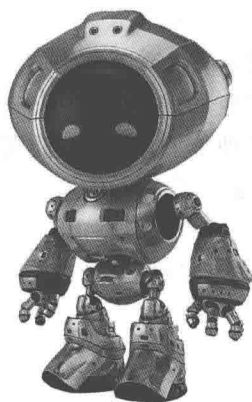
2017年3月

第 1 章 传感器的基础知识	(1)
1.1 传感器概述	(3)
1.2 传感器的性能指标	(8)
本章小结	(12)
思考与练习	(12)
第 2 章 电阻式传感器	(13)
2.1 电阻应变式传感器	(14)
2.2 压阻式传感器	(19)
本章小结	(21)
思考与练习	(21)
第 3 章 电容式传感器	(22)
3.1 电容式传感器概述	(23)
3.2 影响电容式传感器精度的因素	(29)
3.3 电容式传感器的应用及特点	(30)
本章小结	(33)
思考与练习	(33)
第 4 章 电感式传感器	(34)
4.1 自感式传感器	(35)
4.2 变气隙式自感传感器	(36)
4.3 互感式传感器	(38)
4.4 电涡流式传感器	(39)
4.5 电感式传感器的应用	(41)
本章小结	(42)
思考与练习	(42)
第 5 章 热电式传感器	(43)
5.1 热电偶测温的基本原理	(44)
5.2 热电阻传感器	(51)

5.3	热敏电阻	(53)
5.4	PN 结型温度传感器	(54)
5.5	热电式传感器的应用	(54)
	本章小结	(56)
	思考与练习	(56)
第 6 章	压电式传感器	(57)
6.1	压电效应	(58)
6.2	压电式传感器的等效电路和连接方式	(61)
6.3	压电式传感器的应用	(63)
	本章小结	(65)
	思考与练习	(66)
第 7 章	光电式传感器	(67)
7.1	光电效应	(68)
7.2	光电器件	(69)
7.3	光电式传感器的应用	(80)
	本章小结	(83)
	思考与练习	(83)
第 8 章	光纤传感器	(84)
8.1	光纤的基本知识	(85)
8.2	光纤的分类及参数	(86)
8.3	光纤传感器的组成、分类及应用	(89)
	本章小结	(92)
	思考与练习	(92)
第 9 章	图像传感器	(93)
9.1	CCD 图像传感器	(94)
9.2	CMOS 图像传感器	(101)
9.3	CIS 图像传感器	(104)
9.4	图像传感器的应用	(106)
	本章小结	(107)
	思考与练习	(107)
第 10 章	超声波传感器	(108)
10.1	超声波及其物理性质	(109)
10.2	常用的超声波传感器	(111)

10.3 超声波传感器技术应用	(112)
本章小结	(117)
思考与练习	(117)
第 11 章 红外传感器	(118)
11.1 红外辐射的基本知识	(119)
11.2 红外探测器	(121)
11.3 红外传感器的应用	(124)
本章小结	(130)
思考与练习	(130)
第 12 章 气敏传感器和湿敏传感器	(131)
12.1 气敏传感器	(132)
12.2 湿敏传感器	(135)
本章小结	(138)
思考与练习	(138)
第 13 章 其他类型传感器	(139)
13.1 智能化传感器	(140)
13.2 生物传感器	(142)
13.3 机器人传感器	(146)
13.4 微传感器	(147)
本章小结	(148)
思考与练习	(148)
参考文献	(149)

1. 大學生
2. 大學生
3. 大學生
4. 大學生
5. 大學生
6. 大學生
7. 大學生
8. 大學生
9. 大學生
10. 大學生



人类为了从外界获取信息,必须借助于感觉器官。人类依靠这些器官接收来自外界的刺激,再通过大脑分析判断、发出命令而动作。随着科学技术的发展和人类社会的进步,人类要进一步认识自然和改造自然,只靠这些感觉器官就显得不够用了。于是,一系列代替、补充、延伸人的感觉器官功能的各种手段就应运而生,从而出现了各种用途的传感器。传感器的历史可以追溯到远古时代,公元前 1000 年左右,中国的指南针、记里鼓车(中国古代用于计算道路里程的车)已开始使用。

简单地说,传感器的功能类似于人类五官的功能,即感知外界事物并做出反应。例如,人在遇到障碍物时,眼睛看到前方障碍物,将这一信息传递给大脑,大脑随即发出指令控制腿转向,绕过障碍物,其过程如图 1-1 所示。

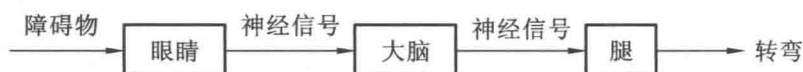


图 1-1 人工控制过程

传感器处于研究对象与测试系统的接口位置,即检测与控制系统之首。因此,传感器成为感知、获取与检测信息的窗口,一切科学研究与自动化生产过程要获取的信息,都要通过传感器获取并通过它转换为容易传输与处理的电信号或其他所需形式的信息。所以,自 20 世纪 80 年代以来,世界各国都将传感器技术列为重点发展的高技术,传感器技术备受重视。

传感器(英文名称:transducer/sensor)是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将感受到的信息,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。

传感器技术是材料学、力学、电学、磁学、微电子学、光学、声学、化学、生物学、精密机械学、仿生学、测量技术、半导体技术、计算机技术、信息处理技术乃至系统科学、人工智能、自动化技术等众多学科相互交叉的综合性高新技术密集型前沿技术,广泛应用于航空航天、兵器、信息产业、机械、电力、能源、交通、冶金、石油、建筑、邮电、生物、医学、环保、材料、灾害预测预防、农林渔业、食品、烟酒制造、汽车、舰船、机器人、家电、公共安全等领域。前瞻产业研究院发布的《2015—2020 年中国传感器制造行业发展前景与投资预测分析报告》显示,传感器广泛应用于社会发展及人类生活的各个领域,如机械设备制造、家用电器、科学仪器仪表、医疗卫生、医疗诊断、通信电子,以及汽车、工业自动化、农业现代化、航天技术、军事工程、机器人技术、资源开发、海洋探测、环境监测、安全保卫、交通运输等领域。

传感器技术与通信技术、计算机技术构成信息技术的三大支柱。

21 世纪是人类全面进入信息电子化的时代,人类探知领域和空间的拓展,使得人们需要获得的自然信息的种类日益增加,信息传递的速度加快,信息处理能力增强,因此要求与此相对应的信息获取技术即传感器技术必须跟上信息化发展的需要。

1.1 传感器概述

1.1.1 传感器的定义和组成

1. 传感器的定义

随着真空管和半导体等有源元件的可靠性的提高,以电量作为输出的传感器得到飞速发展。目前只要提到传感器,一般都是指具有电输出的装置。集成电路技术和半导体应用技术的发展,促使人们研究开发了性能更好的传感器。随着电子设备水平的不断提高以及电子设备功能的不断加强,传感器显得越来越重要。世界各国都将传感器技术列为重点发展的高新技术,传感器技术已成为高新技术竞争的核心技术之一,并且发展十分迅速。

什么叫传感器?从广义上讲,传感器就是能感知外界信息并能按一定规律将这些信息转换成可用信号的装置,简单地说,传感器是将外界信号转换为电信号或其他可用信号的装置。国家标准 GB/T 7665—2005 对传感器下的定义是:“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,通常由敏感元件和转换元件组成”。也就是说,传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将检测、感受到的信息,按一定规律变换成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。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。也就是说,对于图 1-1 所示的环节,如果在自动控制系统中,障碍物相当于被测对象,传感器相当于人眼,控制系统相当于大脑,传感器把非电量转换为电量输出。

2. 传感器的组成

传感器的组成如图 1-2 所示。



图 1-2 传感器的组成

1) 敏感元件

敏感元件是指能够直接感受被测非电量,并按一定规律将其转换成与被测量有确定关系的其他量的元件。如应变式压力传感器的弹性膜片就是敏感元件,其作用是将压力转换成弹性膜片的变形。

2) 转换元件

传感元件又称变换器,是指能将敏感元件感受到的被测非电量直接转换成电量的器件。一般情况下,转换元件不直接感受被测量,特殊情况下例外,如应变式压力传感器中的应变片就是转换元件,其作用是将弹性膜片的变形转换成电阻值的变化。

提示:

并不是所有的传感器都必须同时含有敏感元件和转换元件。如果敏感元件直接输出电信号,它就同时兼为转换元件,敏感元件和转换元件合二为一的传感器有很多,如压电式传感器、热电偶传感器、热电阻传感器、光电器件等。

3) 信号调节与转换电路

信号调节与转换电路是指把传感元件输出的电信号进行放大、滤波、运算、调制等,转换为便于显示、记录、处理和控制的有用电信号的电路。

4) 辅助电路

辅助电路通常包括电源等。需要外部接电源的传感器称为无源传感器,不需要外部接电源的传感器称为有源传感器,如电阻式、电感式和电容式传感器就是无源传感器,工作时需要外部电源供电。压电式传感器、热电偶传感器是有源传感器,工作时不需要外部电源供电。

1.1.2 传感器的分类

目前对传感器尚无一个统一的分类方法,比较常用的有如下几种。

(1) 按传感器工作原理分类,可分为电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、电压式传感器、霍尔式传感器、光电式传感器、光栅式传感器、热电偶传感器等。

(2) 按传感器测量的物理量分类,可分为位移传感器、力传感器、速度传感器、温度传感器、流量传感器、气体传感器、角度传感器、气体成分传感器等。

(3) 按传感器输出信号的性质分类,可分为输出为开关量(“1”和“0”或“开”和“关”)的开关型传感器、输出为模拟量的模拟型传感器、输出为脉冲或代码的数字型传感器。

(4) 按照传感器转换能量的方式分类,可分为以下两类。

① 能量转换型:如压电式、热电偶、光电式传感器等。

② 能量控制型:如电阻式、电感式、霍尔式等传感器以及热敏电阻、光敏电阻、湿敏电阻等。

(5) 按照传感器工作机理分类,可分为以下两类。

① 结构型:如电感式、电容式传感器等。

② 物性型:如压电式、光电式、半导体式传感器等。

(6) 按照传感器输出信号的形式分类,可分为以下两类。

① 模拟式:传感器输出为模拟电压量。

② 数字式:传感器输出为数字量,如编码器式传感器等。

1.1.3 传感器的地位

人们为了从外界获取信息,必须借助于感觉器官。若单靠人们自身的感觉器官,在研究自然现象和自然规律以及在生产活动中,它们的功能就远远不够了。为适应这种情况,就需要传感器。因此可以说,传感器是人类五官的延长,又称为电五官。

新技术革命的到来,使世界进入信息时代。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的信息的主要途径与手段。在基础学科研究中,传感器处于较突出的地位。现代科学技术进入许多新领域。此外,还出现了认识物质、开拓新能源与新材料等具有重要作用的各种极端技术研究,如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等。显然,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的。许多基础科学研究的障碍,首先就在于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,往往会引起该领域内研究的突破。一些传感器的发展,往往是一些边缘学科开发的先驱。

传感器早已渗透到诸如工业生产、宇宙开发、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程甚至文物保护等极其广泛的领域。可以毫不夸张地说,从茫茫的太空到浩瀚的海洋,以至各种复杂的工程系统,几乎每一个现代化项目,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、推动社会进步方面的作用是十分明显的。世界各国都十分重视这一领域的研究。相信在不久的将来,传感器技术将会出现一个飞跃,达到与其重要地位相称的新水平。

1.1.4 传感器技术的主要应用

随着现代科学技术的高速发展和人们生活水平的迅速提高,传感器技术受到越来越普遍的重视,它的应用已渗透到国民经济的各个领域。

1. 在工业生产过程中测量与控制方面的应用

在工业生产过程中,必须对温度、压力、流量、液位和气体成分等参数进行检测,从而实现对工作状态的监控。诊断生产设备的各种情况,使生产系统处于最佳状态,可以保证产品质量,提高效益。目前传感器与微机、通信等的结合渗透,使工业监测自动化,且具有准确、高效等优点。如果没有传感器,现代工业生产程度将会大大降低。

2. 在汽车中的应用

随着人们生活水平的提高,汽车逐渐走进千家万户。汽车的安全舒适、低污染、高燃率越来越受到社会的重视,而传感器在汽车中相当于感官和触角。只有使用它才能准确地采集汽车工作状态的信息,提高自动化程度。普通汽车一般装有10~20只传感器,而有些高级豪华车所用传感器多达300只。传感器作为汽车的关键部件,将直接影响到汽车技术性能的发挥。

汽车传感器主要分布在发动机控制系统、底盘控制系统和车身控制系统。例如:向发动机的电子控制单元(ECU)提供发动机的工作状况信息,对发动机工作状况进行精确控制,这就需要安装温度、压力、位置、转速、流量、气体浓度和爆震传感器等;底盘有控制变速器系统、悬架系统、动力转向系统、制动防抱死系统等,这就需要安装速度、加速度、温度传感器等。

3. 在现代医学领域的应用

对人体的健康状况进行诊断需要进行多种生理参数的测量,需要人们快速、准确地获取相关信息。作为拾取生命体征信息的电五官,医学传感器的作用日益显著,并得到广泛应用。例如:在图像处理,临床化学检验,生命体征参数的监测,呼吸、神经、心血管疾病的诊断

与治疗等方面,传感器的使用十分普遍。传感器在现代医学仪器设备中已无所不在。国内已经成功地开发出了用于测量近红外组织血氧参数的检测仪器。人类基因组计划的研究也大大促进了对酶、免疫、微生物、细胞、DNA、RNA、蛋白质、嗅觉、味觉和体液组分,以及血气、血压、血流量、脉搏传感器等的研究。

4. 在环境监测方面的应用

近年来,环境污染问题日益严重,保护环境和生态平衡,实现可持续发展,必须进行大气监测和江河湖海水质监测,人们迫切希望拥有一种能对污染物进行连续、快速、在线监测的仪器,传感器满足了人们的要求。目前,已有相当一部分生物传感器应用于环境监测中,如大气环境监测。二氧化硫是酸雨酸雾形成的主要原因。传统的监测方法很复杂。现在将亚细胞类脂类固定在醋酸纤维素膜上,和氧电极制成安培型生物传感器,可对酸雨酸雾样品溶液进行监测,大大简化了监测方法。还有污水流量、pH 酸碱度、电导、浊度、粉尘、烟尘等的监测普遍用到传感器。

5. 在军事方面的应用

先进的科学技术总是最先被用于战争。以坦克、飞机、军舰为标志的作战平台是传统的主战兵器,各类传感器不过是配属的保障装置。在军事方面,传感器技术在军用电子系统中的运用促进了武器、作战指挥、控制、监视和通信方面的智能化;传感器在远方战场监视系统、防空系统、雷达系统、导弹系统等中都有广泛的应用,是提高军事战斗力的重要因素。

6. 在家用电器方面的应用

20 世纪 80 年代以来,随着以微电子为中心的技术革命的兴起,家用电器向自动化、智能化、节能、无环境污染的方向发展。自动电饭锅、吸尘器、空调器、电子热水器、风干器、电熨斗、电风扇、洗衣机、洗碗机、照相机、电冰箱、电视机、录像机、家庭影院无一缺少传感器。自动化和智能化的中心就是研制由微型计算机和各种传感器组成的控制系统。例如:一台空调器采用微型计算机控制配合传感器技术,可以实现压缩机的启动、停机、风扇摇头、风门调节、换气等,从而对温度、湿度和空气浊度进行控制。随着人们对家用电器方便、舒适、安全、节能的要求的提高,传感器的应用将越来越广泛。

7. 在学科研究方面的应用

随着科学技术的不断发展,出现了许多新的学科领域。无论是宏观的宇宙,还是微观的粒子世界,许多未知的现象和规律要获取大量人类感官无法获得的信息,没有相应的传感器是不可能的。

8. 在智能建筑领域中的应用

为使建筑物成为安全、健康、舒适、温馨的生活、工作环境,并能保证系统运行的经济性和管理的智能化,在楼宇中应用了许多测试技术,如闯入监测、空气监测、温度监测、电梯运行状况监测。智能建筑是建筑的一种必然趋势,它涵盖了智能自动化、信息化、生态化等多方面的内容,具有微型集成化、高精度、数字化和智能化特点的智能传感器将在智能建筑中占有重要的地位。

9. 在自动监测与自动控制系统中的应用

在电力、冶金、石化、化工等流程工业中,生产线上设备的运行状态关系到整个生产线流

程。对于自动检测与自动控制系统,通常建立 24 小时在线监测系统。例如,石化企业输油管道、储油罐等压力容器的破损和泄漏检测,就使用了 24 小时在线监测系统。

图 1-3 所示的为传感器在自动检测与自动控制系统中的应用示例。

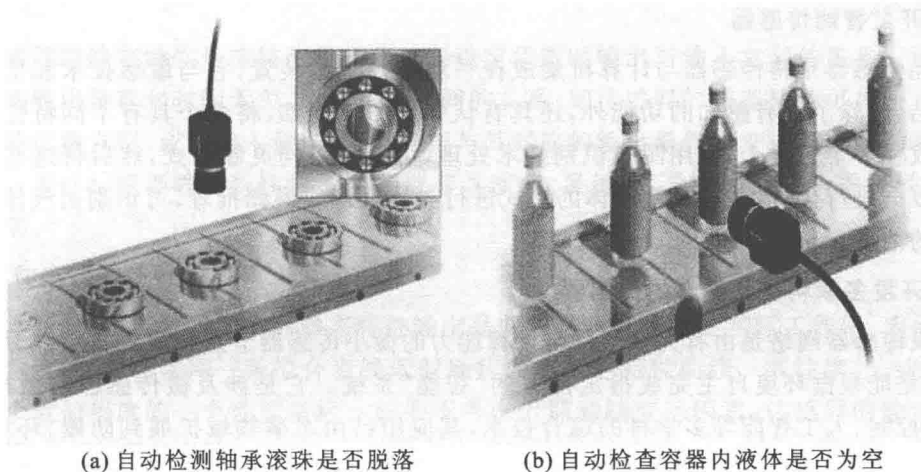


图 1-3 传感器在自动检测与自动控制系统中的应用示例

1.1.5 传感器的发展方向

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。因此,对传感器的开发成为目前最热门的研究课题之一。传感器技术的发展趋势可以从以下几个方面来看:一是开发新材料、新工艺和新型传感器;二是实现传感器的多功能、高精度、集成化和智能化;三是通过传感器与其他学科的交叉整合,实现无线网络化。

1. 开发新型传感器

传感器的工作机理是各种物理(化学或生物)效应和定律,由此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。

2. 开发新的传感器材料

开发新的传感器材料是传感器技术的重要内容。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、超导材料等相继问世,人工智能材料更是将我们带入一个新的天地。人工智能材料同时具有三个特征:能感知环境条件的变化(传统传感器的功能);具有识别、判断(处理器)功能;具有发出指令和自采取行动(执行器)功能。随着研究的不断深入,还会有更多更新的传感器材料被开发出来。

3. 开发集成化传感器

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 图像传感器就属此类传感器;另一种是功能一体化,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,例如把压敏电阻、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。

4. 开发多功能集成传感器

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,如最近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。

5. 开发智能传感器

智能传感器是将传感器与计算机集成在一块芯片上的装置,它与敏感技术和信息处理技术相结合,除了具有感知的功能外,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,并与被测气体的模式进行类比推理或模糊推理,可识别出气体的种类和各自的浓度。

6. 开发多学科交叉融合的传感器

无线传感器网络是由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。1999年和2003年美国《商业周刊》和《麻省理工技术评论》在预测未来技术发展的报告中,分别将其列为21世纪最具影响的21项技术之一和改变世界的10大新技术之一。

7. 传感器加工技术微精细化

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发展起来的,它是离子束、电子束、激光束和化学刻蚀等用于微电子加工的技术,目前已越来越多地用于传感器制造工艺,例如溅射、蒸镀等离子体刻蚀、化学气相淀积(CVD)、外延生长、扩散、腐蚀、光刻等。传感器技术的另外一个发展趋势是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。无论是每一根导线,还是导线防水接头的出孔,无论是每一个角落,还是每一个细节,传感器的制作都达到了工艺品水平。例如,日本久保田公司的柱式传感器,它外加了一个黑色的防尘罩。柱式传感器的底座一般易进沙尘及其他物质,而底座一旦进了沙尘或其他物质后,对传感器来回摇摆会产生影响,外加防尘罩后显然克服了上述弊端。这个设计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。

1.2 传感器的性能指标

在生产过程中,需要对各种各样的参数进行检测和控制,这就要求传感器不仅能感受到非电量的变化,还能不失真地将其变换成另一种非电量或电量输出,这取决于传感器的基本特性,即传感器的输入-输出特性。它是传感器的内部结构参数和性能参数相互作用后在外部的表现,不同类型的传感器有不同的内部结构和性能参数,这些内部参数决定了它们具有不同的外部特性。

传感器的输入(被测量)一般有两种形式:一是静态信号,即输入信号不随时间变化或变化极其缓慢;二是动态信号,即输入信号随时间的变化而变化。由于输入信号的不同,传感

器所呈现出来的输入-输出特性也不同,因此传感器的性能评价指标有动态特性和静态特性。

1.2.1 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输出与输入之间的关系。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线性度、灵敏度、分辨力、迟滞、重复性、稳定性和漂移等。

1. 传感器的线性度

通常情况下,传感器的实际静态特性输出是曲线而非直线。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。线性度(非线性误差)就是这个近似程度的一个性能指标。如果不考虑迟滞和蠕变等因素,传感器的输出与输入关系可用一个多项式表示:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \cdots + a_nx^n \quad (1-1)$$

式中: a_0 ——零点输出;

a_1 ——理论灵敏度;

$a_2, a_3, \cdots, a_n$ ——非线性项系数;

x ——输入量;

y ——输出量。

该多项式有以下四种情况,如图 1-4 所示。

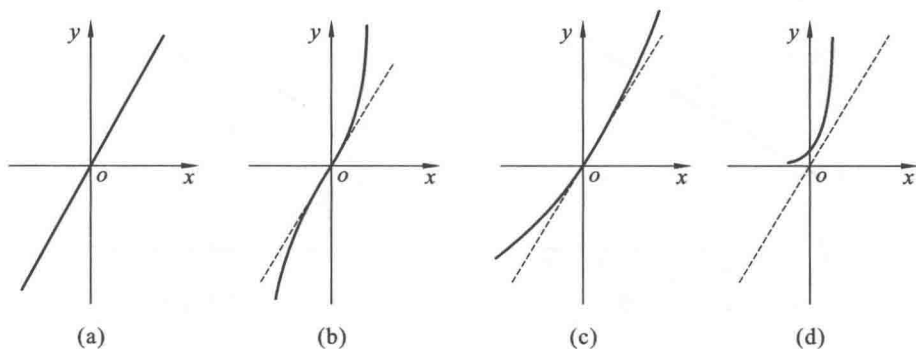


图 1-4 传感器静态特性曲线

(1) 理想线性。

这种情况如图 1-4(a)所示。此时, $a_0 = a_2 = a_3 = \cdots = a_n = 0$,所以

$$y = a_1x \quad (1-2)$$

因为直线上所有点的斜率都相等,所以传感器的灵敏度为

$$a_1 = \frac{y}{x} = K = \text{常数} \quad (1-3)$$

(2) 输入-输出特性曲线关于原点对称。

这种情况如图 1-4(b)所示。此时,在原点附近相当范围内曲线基本呈线性,式(1-1)只