

新世纪电气自动化系列精品教材

XINSHIJIDIANQIZIDONGHUAXILIEJINGPINJIAOCAI

CHUANGANQIYUANLIYUYINGYONG

传感器

原理与应用

何一鸣 桑楠 张刚兵 钱显毅 / 主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

013030891

TP212
292

新世纪电气自动化系列精品教材

传感器原理与应用

主 编 何一鸣 桑 楠 张刚兵 钱显毅
副主编 李国庆 葛汶鑫 李爱华 林 琳



东南大学出版社
南 京



北航

C1638677

TP 212
292

108000010

内 容 简 介

传感器是普通高等学校理、工、农、医等各专业的重要专业基础课程,全书共13章,简明扼要地介绍传感器的基本结构原理与应用,突出传感器新知识的工程应用,以培养读者的创新能力和工程实践能力,知识覆盖面广,符合教育部《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》的精神和“卓越工程师教育培养计划”的要求。

本书可作为普通高等学校的教材或参考书,也可供相关工程技术人员参考,特别适合作为卓越工程师培训教材。

传感器原理与应用

图书在版编目(CIP)数据

传感器原理与应用/何一鸣等主编. —南京:东南大学出版社,2012.12

新世纪电气自动化系列精品教材

ISBN 978-7-5641-4143-1

I. ①传… II. ①何… 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(2013)第 044393 号

传感器原理与应用

出版发行 东南大学出版社

出版人 江建中

社 址 南京市四牌楼2号

邮 编 210096

经 销 全国各地新华书店

印 刷 扬中市印刷有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 17.25

字 数 442千字

版 次 2012年12月第1版

印 次 2012年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-4143-1

印 数 1—3000册

定 价 36.00元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830)

前 言

为了贯彻落实教育部《国家中长期教育改革和发展规划纲要》和《国家中长期人才发展规划纲要》的重大改革,根据教育部 2011 年 5 月发布的《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》,本着教材必须符合教育规律并具有科学性、先进性、适用性,进一步完善具有中国特色的普通高等教育本科教材体系的精神,以及“卓越工程师教育培养计划”的具体要求,编写了应用传感器原理与应用教材。

本教材具有以下特色:

(1) 符合教育部《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》的精神,具有时代性、先进性、创新性,为培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才和卓越工程师打下良好的专业基础。

(2) 系统性强,强化应用,培养动手能力。本书编写过程中,在确保传感器知识系统性基础上,调研并参考了相关行业专家的意见,特别适用于卓越工程师培养,以培养创新型、实用型人才。

(3) 特色鲜明,实用性强,方便读者自学。相关章节安排有传感器的应用知识,方便学生自学,将每个知识点紧密结合到相关学科,可以提高学生学习兴趣,适应不同基础的学生自学。

(4) 难易适中,适用面广,符合因材施教。适合不同的读者学习和参考,也有利于普通高校教学之用。

(5) 重点突出,简明清晰,结论表述准确。对传感器结构、原理表达清晰,结论准确,有利于帮助学生建立传感器的数理模型、培养学生的形象思维能力和解决实际工程的能力。

(6) 使用方便,容易操作,便于考试考查。习题与思考题便于教师教学和学生学习。

本书共 13 章,第 1 章由李国庆、林琳、李爱华编写,第 2、3 章由葛汶鑫和钱显毅共同编写,第 4 至第 9 章由何一鸣编写,第 10 章由桑楠编写,第 11 至第 13 章由张刚兵编写。由何一鸣负责全书统稿。

由于时间仓促,本书中的错误或不妥之处,恳请读者指正。(需要教学用 PPT 等教学资料者,请与 QQ634918683 或 QQ 群 236425612 联系。)

编 者

2012 年 8 月

目 录

1 传感器概论	(1)
1.1 传感器概述	(1)
1.1.1 传感器的定义	(1)
1.1.2 传感器的基本定律	(1)
1.1.3 传感器的构成	(2)
1.1.4 传感器的类型	(4)
1.1.5 传感器的功能	(5)
1.1.6 传感器的发展趋势	(6)
1.2 传感器技术基础	(8)
1.2.1 传感器的一般数学模型	(8)
1.2.2 传感器的静态特性	(11)
1.2.3 传感器的动态特性	(15)
1.2.4 改善传感器性能的技术途径	(21)
1.3 传感器的合理选用	(24)
1.3.1 合理选择传感器的基本原则与方法	(25)
1.3.2 传感器的正确使用	(26)
1.3.3 无合适传感器时可供选用时的对策(举例)	(27)
1.3.4 传感器的标定与校准	(27)
习题与思考题	(30)
2 应变式传感器	(31)
2.1 电阻应变片的结构、原理和类型	(31)
2.1.1 电阻应变的效应与应变片结构	(31)
2.1.2 电阻应变片工作原理	(31)
2.1.2 应变片的类型	(32)
2.2 金属应变片的主要特性	(33)
2.2.1 灵敏系数	(33)
2.2.2 横向效应	(33)
2.2.2 温度误差及补偿方法	(34)
2.3 电阻应变片测量电路	(36)
2.3.1 直流电桥工作原理	(36)

2.3.2 交流电桥工作原理	(39)
2.4 应变式传感器测量电路	(41)
2.4.1 电阻应变仪	(41)
2.4.2 相敏检波器	(42)
2.5 应变式传感器的应用	(43)
2.5.1 力传感器(测力与称重)	(43)
2.5.2 膜片式压力传感器	(46)
2.5.3 应变式加速度传感器	(47)
2.5.4 压阻式传感器	(47)
习题与思考题	(49)
3 超声波传感器	(50)
3.1 概述	(50)
3.2 超声波及其物理性质	(51)
3.2.1 超声波的波形及传播速度	(51)
3.2.2 超声波的反射和折射	(52)
3.2.3 超声波的衰减	(53)
3.3 超声波传感器的结构	(54)
3.4 超声波传感器的应用	(54)
3.4.1 超声波物位传感器	(54)
3.4.2 超声波流量传感器	(55)
习题与思考题	(57)
4 电容式传感器	(58)
4.1 基本工作原理	(58)
4.2 电容式传感器的类型	(58)
4.2.1 变极距型电容式传感器	(58)
4.2.2 变面积型电容式传感器	(60)
4.2.3 变介质型电容式传感器	(61)
4.3 测量电路	(62)
4.3.1 交流电桥(调幅电路)	(62)
4.3.2 运算放大器式电路	(63)
4.3.3 调频电路	(63)
4.4 电容式传感器的应用	(64)
4.4.1 位移的测量	(65)
4.4.2 电容式压力传感器	(65)

4.4.3 电容式条干仪	(66)
习题与思考题	(69)
5 电感式传感器	(70)
5.1 自感式电感传感器	(70)
5.1.1 工作原理	(70)
5.1.2 变气隙式自感传感器的输出特性	(71)
5.1.3 变面积式电感传感器	(72)
5.1.4 螺管式电感传感器	(73)
5.1.5 差动式电感传感器	(73)
5.1.6 电感式传感器的测量电路	(74)
5.2 互感式电感传感器	(75)
5.2.1 变隙式差动变压器	(76)
5.2.2 螺管式差动变压器	(78)
5.3 电涡流式传感器	(81)
5.3.1 工作原理	(81)
5.3.2 测量电路	(83)
5.3.3 电涡流式传感器的应用	(84)
习题与思考题	(86)
6 压电式传感器	(87)
6.1 压电效应及材料	(87)
6.1.1 压电效应	(87)
6.1.2 压电材料	(88)
6.2 压电方程及压电常数	(90)
6.2.1 石英晶片的切型及符号	(90)
6.2.2 压电方程及压电常数矩阵	(91)
6.3 等效电路及测量电路	(94)
6.3.1 等效电路	(94)
6.3.2 测量电路	(95)
6.4 压电式传感器及其应用	(98)
6.4.1 应用类型、形式和特点	(98)
6.4.2 压电式加速度传感器	(99)
6.4.3 压电式力和压力传感器	(104)
习题与思考题	(107)

7 热电式传感器	(108)
7.1 热电阻传感器	(108)
7.1.1 热电阻	(108)
7.1.2 热敏电阻	(109)
7.2 热电偶传感器	(111)
7.2.1 热电效应及其工作定律	(111)
7.2.2 热电偶	(114)
7.3 热电式传感器的应用	(116)
7.3.1 测量管道流量	(116)
7.3.2 热电式继电器	(116)
习题与思考题	(116)
8 磁电式传感器	(117)
8.1 磁电感应式传感器(电动式)	(117)
8.1.1 工作原理和结构形式	(117)
8.1.2 基本特性	(118)
8.1.3 测量电路	(119)
8.1.4 磁电感应式传感器的应用	(120)
8.2 霍尔式传感器	(121)
8.2.1 霍尔效应	(121)
8.2.2 霍尔元件	(123)
8.2.3 霍尔元件的误差及补偿	(123)
8.2.4 霍尔元件的结构形式	(125)
8.2.5 霍尔元件的应用	(125)
8.2.6 霍尔集成传感器	(126)
8.3 磁敏电阻传感器	(128)
8.3.1 磁敏电阻器	(128)
8.3.2 磁敏晶体管	(131)
习题与思考题	(134)
9 光电式传感器	(135)
9.1 概述	(135)
9.2 光源	(136)
9.2.1 对光源的要求	(136)
9.2.2 常用光源	(136)
9.3 常用光电器件	(138)

9.3.1 外光电效应及器件	(138)
9.3.2 内光电效应及器件	(139)
9.3.3 光电器件的特性	(141)
9.4 光敏器件	(144)
9.4.1 位置敏感器件(PSD)	(144)
9.4.2 集成光敏器件	(145)
9.4.3 固态图像传感器	(145)
9.4.4 高速光电器件	(149)
9.4.5 半导体色敏器件	(149)
9.5 光电式传感器	(151)
9.5.1 光电式传感器的类型	(151)
9.5.2 光电式传感器的应用	(152)
9.6 太阳能电池	(157)
9.6.1 太阳能电池的概念与工作原理	(157)
9.6.2 太阳能电池的应用	(158)
9.6.3 太阳能电池产业现状	(161)
9.6.4 太阳能电池的类型	(163)
9.6.5 太阳能电池(组件)的生产工艺	(164)
习题与思考题	(166)
10 光纤传感器	(168)
10.1 概述	(168)
10.2 光纤传光原理及其特性	(168)
10.3 光纤的特性	(170)
10.3.1 光纤的传输损耗	(170)
10.3.2 光纤的传输频带特性	(172)
10.3.3 光纤的强度	(173)
10.4 光强度调制光纤传感器	(173)
10.4.1 迅衰场光纤传感器	(173)
10.4.2 反射系数光纤传感器	(174)
10.4.3 移动光栅光纤传感器	(174)
10.4.4 双金属光纤温度传感器	(175)
10.4.5 微弯光纤传感器	(176)
10.5 光相位调制光纤传感器	(177)
10.5.1 工作原理	(177)
10.5.2 应用	(177)

10.5.3	空气光路干涉仪	(177)
10.5.4	光纤干涉传感器	(179)
10.6	光频率调制光纤传感器	(180)
	习题与思考题	(181)
11	汽车传感器	(182)
11.1	概述	(182)
11.1.1	汽车传感器的功能	(182)
11.1.2	汽车传感器的类型	(183)
11.1.3	汽车传感器的性能要求	(184)
11.1.4	汽车传感器的未来发展	(184)
11.2	汽车温度传感器	(185)
11.2.1	汽车温度传感器的性能与类型	(185)
11.2.2	热敏电阻式温度传感器的结构与检修	(187)
11.2.3	气体温度传感器的结构与检修	(194)
11.2.4	热敏铁氧体温度传感器的结构与检修	(196)
11.2.5	温度传感器检修实例	(197)
11.3	汽车压力传感器	(205)
11.3.1	汽车压力传感器的功能和类型	(205)
11.3.2	真空开关的结构与检修	(205)
11.3.3	油压开关的结构与检修	(206)
11.3.4	油压传感器的结构与检修	(207)
11.3.5	绝对压力型高压传感器的结构与检修	(207)
11.3.6	相对压力型高压传感器的结构与检修	(208)
11.3.7	进气支管压力传感器的结构与检修	(208)
11.3.8	涡轮增压传感器的结构与检修	(211)
11.3.9	制动总泵压力传感器的结构与检修	(212)
11.3.10	压力传感器检修实例	(213)
11.4	汽车其他传感器	(214)
11.4.1	空气流量传感器	(214)
11.4.2	气体浓度传感器	(215)
11.4.3	转速传感器	(216)
11.4.4	位置与角速度传感器	(216)
11.4.5	加速度与振动传感器	(217)
	习题与思考题	(217)

12	检测电路	(218)
12.1	概述	(218)
12.2	电压和电流放大电路	(218)
12.2.1	信号源及其等效电路	(218)
12.2.2	集成运算放大器	(219)
12.2.3	比例放大电路	(219)
12.2.4	仪用放大器	(220)
12.2.5	三运放测量放大器	(221)
12.3	电桥及其放大电路	(225)
12.3.1	电桥	(225)
12.3.2	电桥放大器	(226)
12.4	高输入阻抗放大器	(227)
12.4.1	自举反馈型高输入阻抗放大器	(227)
12.4.2	场效应管高输入阻抗差动放大器及计算	(230)
12.4.3	高输入阻抗放大器信号保护	(232)
12.4.4	高输入阻抗放大器制作装配工艺	(233)
12.5	低噪声放大电路	(234)
12.5.1	噪声的基本知识	(234)
12.5.2	噪声电路计算	(236)
12.5.3	信噪比与噪声系数	(237)
12.5.4	晶体三极管的噪声	(239)
12.5.5	低噪声电路设计原则	(243)
	习题与思考题	(244)
13	传感器的技术处理	(245)
13.1	概述	(245)
13.2	传感器的匹配技术	(245)
13.2.1	高输入阻抗放大器	(245)
13.2.2	变压器匹配	(246)
13.2.3	电荷放大器	(246)
13.3	传感器的非线性校正技术	(247)
13.3.1	用硬件电路实现非线性特性的线性化	(247)
13.3.2	用软件实现非线性特性线性化	(250)
13.3.3	应用范例——利用曲线拟合方法进行磁传感器的非线性处理	(255)
13.4	传感器的抗干扰处理方法	(256)
13.4.1	供电系统的抗干扰设计	(256)

13.4.2	采用滤波技术消除干扰	(257)
13.4.3	采用接地技术抑制干扰	(258)
13.4.4	信号传输通道的抗干扰设计	(258)
13.4.5	从元器件方面消除干扰的措施	(259)
13.5	正确选用传感器的原则	(260)
13.5.1	与传感器特性有关的因素	(261)
13.5.2	根据实际用途选择传感器	(261)
习题与思考题		(262)
参考文献		(263)

1.1 传感器概述

1.1.1 传感器的定义

什么是传感器(transducer, sensor)? 生物体的感官就是天然的传感器。如人的“五官”——眼、耳、鼻、舌、皮肤分别具有视、听、嗅、味、触觉。人们的大脑神经中枢通过五官的神经末梢(感受器)就能感知外界的信息。

我们也可以说:眼具有视觉功能,相当于光学视频传感器;耳具有听觉功能,相当于声学传感器;鼻具有嗅觉功能,相当于生化传感器;舌具有味觉功能,相当于化学传感器;皮肤具有触觉功能,相当于压力传感器。

在工程科学与技术领域,可以认为:传感器是人体“五官”的工程模拟物。国家标准(GB/T 7765—87)把它定义为:能感受规定的被测量(包括物理量、化学量、生物量等)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(sensing element)和转换元件(transduction element)组成。

应当指出,这里所谓“可用信号”是指便于处理、传输的信号。当今电信号最易于处理和便于传输,因此,可把传感器狭义地定义为:能把外界非电信息转换成电信号输出的器件或装置。可以预料,当人类跨入光子时代,光信息成为更便于快速、高效地处理与传输的可用信号时,传感器的概念将随之发展成为:能把外界信息或能量转换成光信号或能量输出的器件或装置。

在此,引入传感器的广义定义:“凡是利用一定的物质(物理、化学、生物)法则、定理、定律、效应等进行能量转换与信息转换,并且输出与输入严格一一对应的器件或装置均可称为传感器。”因此,在工程技术领域,传感器又被称作检测器、换能器、变换器等。

随着信息科学与微电子技术特别是微型计算机与通信技术的迅猛发展,近期传感器的发展走上了与微处理器、微型计算机和通信技术相结合的必由之路,传感器的概念因而进一步扩充,如智能(化)传感器、传感器网络化等新概念应运而生。

传感器技术是以传感器为核心论述其内涵、外延的学科,也是一门由测量技术、功能材料、微电子技术、精密与微细加工技术、信息处理技术和计算机技术等相互结合而形成的密集型综合技术。

1.1.2 传感器的基本定律

传感器所以具有能量信息转换的功能,在于它的工作机理是基于各种物理的、化学的和生物的效应,并受相应的定律和法则所支配。了解这些定律和法则,有助于对传感器本质的理解和对新效应传感器的开发。在本书论述的范围内,作为传感器工作物理基础的基本定律和法

则有以下 4 种类型:

1) 守恒定律

包括能量、动量、电荷量等守恒定律是探索、研制新型传感器或分析、综合现有传感器时都必须严格遵守的基本法则。

2) 场的定律

包括运动场的运动定律、电磁场的感应定律等。其相互作用与物体在空间的位置及分布状态有关。一般可由物理方程给出,这些方程可作为许多传感器工作的数学模型。例如:利用静电场定律研制的电容式传感器;利用电磁感应定律研制的自感、互感、电涡流式传感器;利用运动定律与电磁感应定律研制的磁电式传感器;等等。利用场的定律构成的传感器,其形状、尺寸(结构)决定了传感器的量程、灵敏度等主要性能,故此类传感器可统称为结构型传感器。

3) 物质定律

物质定律是表示各种物质本身内在性质的定律,如虎克定律、欧姆定律等,通常以这种物质所固有的物理常数加以描述。因此,这些常数的大小决定着传感器的主要性能。例如:利用半导体物质法则——压阻、热阻、磁阻、光阻、湿阻等效应,可分别制成压敏、热敏、磁敏、光敏、湿敏等传感器件;利用压电晶体物质法则——压电效应,可制成压电、声表面波、超声传感器等。这种基于物质定律的传感器统称为“物性型传感器”。这是当代传感器技术领域具有广阔发展前景的传感器。

4) 统计法则

统计法则是把微观系统与宏观系统联系起来的物理法则。这些法则常常与传感器的工作状态有关,是分析某些传感器的理论基础。这方面的研究尚待进一步深入。

1.1.3 传感器的构成

由上已知,当今的传感器是一种能把非电输入信息转换成电信号输出的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成。其典型的组成及功能框图如图 1.1 所示。其中敏感元件是构成传感器的核心。图 1.1 的功能原理具体体现在结构型传感器中。

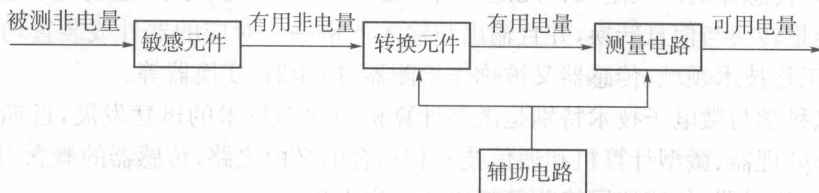


图 1.1 触感器典型组成及功能框图

对物性型传感器而言,其敏感元件集敏感、转换功能于一体,即可实现“被测非电量—有用电量”的直接转换。

实际上,传感器的具体构成方法视被测对象、转换原理、使用环境及性能要求等具体情况的不同而有很大差异。图 1.2 所示为典型的传感器构成方法。

1) 自源型

自源型是一种仅含有敏感元件的最简单、最基本的传感器构成型式。其特点是无需外能源,故又称无源型。其敏感元件具有从被测对象直接吸取能量并转换成电量的效应,但输出能

量较弱,如热电偶、压电器件等。见图 1.2(a)。

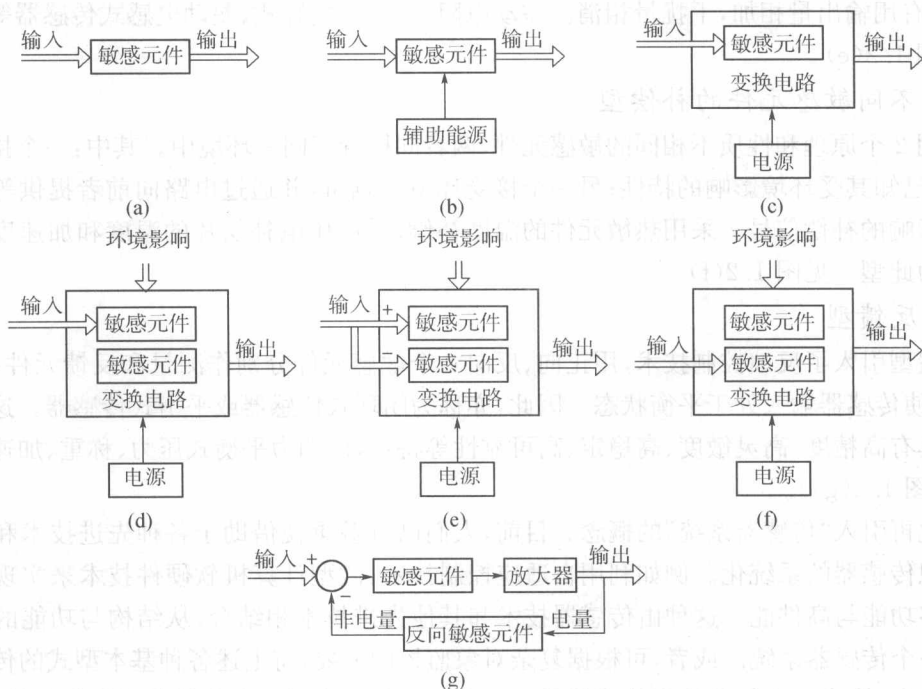


图 1.2 传感器的构成型式

2) 辅助能源型

辅助能源型是一种敏感元件外加辅助激励能源的构成型式。辅助能源可以是电源,也可以是磁源。传感器输出的能量由被测对象提供,因此是能量转换型结构。光电管、光敏二极管、磁电式和霍尔等电磁感应式传感器均属此型。其特点是不需要变换(测量)电路即可有较大的电量输出(见图 1.2(b))。

3) 外源型

由能对被测量实现阻抗变换的敏感元件和带有外电源的变换(测量)电路构成(见图 1.2(c))。其输出能量由外电源提供,是属于能量控制(调制)型结构,电阻应变式、电感、电容式位移传感器及气敏、湿敏、光敏、热敏等传感器均属此型。所谓变换(测量)电路,是指能把转换元件输出的电信号调理成便于显示、记录、处理和控制的可用信号的电路,故又称信号调理与转换电路。常用的变换(测量)电路有电桥、放大器、振荡器、阻抗变换器和脉冲调宽电路等。实用中,这种构成型式的传感器特性受到使用环境变化的影响。图 1.2(d)、(e)、(f)是目前为消除环境变化的干扰而广泛采用的线路补偿法构成型式。

4) 相同敏感元件的补偿型

采用 2 个原理和特性完全相同的敏感元件,并置于同一环境中,其中一个接受输入信号和环境影响,另一个只接受环境影响,通过线路,使后者消除前者的环境干扰影响。这种构成法在应变式、固态压阻式等传感器中常被采用(见图 1.2(d))。

5) 差动结构补偿型

采用 2 个原理和特性完全相同的敏感元件,同时接收被测输入量,并置于同一环境中。巧

妙的是,2个敏感元件对被测输入量作反向转换,对环境干扰量作同向转换,通过变换(测量)电路,使有用输出量相加,干扰量相消。差动电阻式、差动电容式、差动电感式传感器等即属此型。见图1.2(e)。

6) 不同敏感元件的补偿型

采用2个原理和性质不相同的敏感元件,两者同样置于同一环境中。其中:一个接受输入信号,并已知其受环境影响的特性;另一个接受环境影响量,并通过电路向前者提供等效的抵消环境影响的补偿信号。采用热敏元件的温度补偿、采用压电补偿片的温度和加速度干扰补偿等即为此型。见图1.2(f)。

7) 反馈型

反馈型引入了反馈控制技术,用正向、反向2个敏感元件分别作测量和反馈元件,构成闭环系统,使传感器输入处于平衡状态。因此,亦称为闭环式传感器或平衡式传感器。这种传感器系统具有高精度、高灵敏度、高稳定、高可靠性等特点,例如力平衡式压力、称重、加速度传感器等(见图1.2(g))。

在此再引入“传感器系统”的概念。目前,人们已日益重视借助于各种先进技术和技术手段来实现传感器的系统化。例如利用自适应控制技术、微型计算机软硬件技术来实现传统传感器的多功能与高件能。这种由传感器技术和其他先进技术相结合,从结构与功能的扩展上构成了一个传感器系统。或者,可根据复杂对象监控的需要,将上述各种基本型式的传感器进行选择组合,构成一个复杂的多传感器系统。近年来相应出现了多传感器信息融合技术、智能传感器等先进的传感器系统。

1.1.4 传感器的类型

用于不同科技领域或行业的传感器种类繁多。一种被测量,可以用不同的传感器来测量;而同一原理的传感器,通常又可分别测量多种被测量。因此,分类方法很多。了解传感器的分类旨在从总体上加深理解,便于应用。

除上述分类法外,还有按与某种高技术、新技术相结合而命名的传感器,如集成传感器、智能传感器、机器人传感器、仿生传感器等。

无论何种传感器,作为测量与控制系统的首要环节,通常都必须满足快速、准确、可靠、经济地实现信息转换的基本要求。具体要求如下:

- (1) 足够的容量。传感器的工作范围或量程足够大,具有一定过载能力。
- (2) 灵敏度高,精度适当。要求其输出信号与被测输入信号成确定关系(通常为线性),且比值要大;传感器的静态响应与动态响应的准确度能满足要求。
- (3) 响应速度快,工作稳定,可靠性好。
- (4) 适用性和适应性强。体积小,重量轻,动作能量小,对被测对象的状态影响小;内部噪声小而又不易受外界干扰的影响;其输出力求采用通用或标准形式,以便与系统对接。
- (5) 使用经济。成本低,寿命长,便于使用、维修和校准。

当然,能完全满足上述性能要求的传感器很少。应根据应用目的、使用环境、被测对象状况、精度要求和信息处理等具体条件作全面综合考虑。综合考虑的具体原则、方法、性能及指标要求将在1.3节详细讨论。

1.1.5 传感器的功能

从科学技术发展的角度看,人类社会已经或正在经历着手工化—机械化—自动化—信息化……的发展历程。当今的社会信息化靠的是现代信息技术——传感器技术、通信技术和计算机技术三大支柱的支撑,由此可见:传感器技术在国防、国家工业化和社会信息化的进程中有着突出的地位和作用。

众所周知,科技进步是社会发展的强大推动力。科技进步的重要作用在于不断用机(仪)器来代替和扩展人的体力劳动和脑力劳动,以大大提高社会生产力。为此目的,人们在不解地探索着机器与人之间的功能模拟——人工智能,并不断地创制出拟人的装置——自动化机械,乃至智能机器人。

如图 1.3 所示的人与机器的功能对应关系可见,作为模拟人体感官的“电五官”(传感器),是系统对外界猎取信息的“窗口”,如果对象亦视为系统,从广义上讲,传感器是系统之间实现信息交流的“接口”,它为系统提供赖以进行处理和决策所必需的对象信息,它是高度自动化系统乃至现代尖端技术必不可少的关键组成部分。

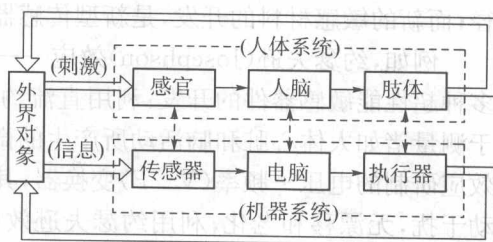


图 1.3 人与机器的功能对应关系

下面略举数例。

仪器仪表是科学研究和工业技术的“耳目”。在基础学科和尖端技术的研究中,大到上千光年的茫茫宇宙,小到 10^{-13} cm 的粒子世界;长到数十亿年的天体演化,短到 10^{-24} s 的瞬间反应;高达 $5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^8$ °C 的超高温,或 3×10^8 Pa 的超高压,低到 10^{-6} °C 的超低温^[7],或 10^{-13} Pa 的超真空;强到 25 T 以上的超强磁场,弱到 10^{-13} T 的超弱磁场……,要测量如此极端细微的信息,单靠人的感官或一般电子设备远已无能为力,必须借助于配备有相应传感器的高精度测试仪器或大型测试系统才能奏效。因此,某些传感器的发展,是一些边缘科学研究和高、新技术的先驱。

在工业与国防领域,传感器更有其用武之地。在以高技术对抗和信息战为主要特征的现代战争中,在高度自动化的工厂、设备、装置或系统中,可以说是传感器的大集合地。例如:工厂自动化中的柔性制造系统(FMS)或计算机集成制造系统(CIMS),几十万千瓦的大型发电机组,连续生产的轧钢生产线,无人驾驶的自动化汽车,大型基础设施工程(如大桥、隧道、水库、大坝等),多功能武装攻击指挥系统,直到航天飞机、宇宙飞船或星际、海洋探测器等,均需要配置数以千计的传感器,用以检测各种各样的工况参数或对象信息,以达到识别目标和运行监控的目的。

当传感器技术在工业自动化、军事国防和以宇宙开发、海洋开发为代表的尖端科学与工程等重要领域广泛应用的同时,它正以自己的巨大潜力,向着与人们生活密切相关的方面渗透;生物工程、医疗卫生、环境保护、安全防范、家用电器、网络家居等方面的传感器已层出不穷,并在日新月异地发展。据新近国外一家技术市场调查公司预测,未来 5 年,用嵌入大量微传感器的计算机芯片做成的服装、饰物将风行世界市场。

可见,从茫茫太空,到浩瀚海洋;从各种复杂的工程系统,到日常生活的衣食住行,几乎每一项现代化内容都离不开各种各样的传感器。有专家感言:“没有传感器……支撑现代文明的