

“十二五”职业教育国家规划教材

机电设备安装与维修专业

传感器 应用技术

主编 李常峰 刘成刚

北京出版社
山东科学技术出版社

传感器应用技术

北京出版社
山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

传感器应用技术/李常峰,刘成刚主编—济南:山东科学技术出版社,2016.12

ISBN 978 - 7 - 5331 - 8239 - 7

I. ①传… II. ①李… ②刘… 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 091805 号

传感器应用技术

总主编 韩鸿鸾 李常峰

主 编 李常峰 刘成刚

主管单位:北京出版集团有限公司

山东出版传媒股份有限公司

出 版 者:北京出版社

山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发 行 者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印 刷 者:山东金坐标印务有限公司

地址:莱芜市嬴牟西大街28号

邮编:271100 电话:(0634)6276023

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:11.5

字数:265千

印数:1-2000

版次:2016年12月第1版 2016年12月第1次印刷

ISBN 978 - 7 - 5331 - 8239 - 7

定价:24.80元

编审委员会

主任委员 杜德昌

副主任委员 白宗文 于光明 孟凡秋

委 员 (按姓氏笔画排列)

于光明 马述秀 王大伟 王现国 王锡辉

毛岳军 白宗文 丛培兰 毕筱妍 任惠霞

刘 兵 刘成刚 杜德昌 李常峰 张云清

张云强 陈 青 陈 莉 林 光 郑文霞

郑建强 孟凡秋 赵立军 赵鹏飞 荆荣霞

董海萍 韩鸿鸾

编写说明

加强职业教育教材建设是提高人才培养质量的关键环节,是推进教育教学改革,提高教育教学质量,促进中职教育发展的基础性工程。如何培养满足企业需求的人才,是职业教育所面临的一个突出而又紧迫的问题。目前中职教材普遍存在理论偏重、偏难、操作与实际脱节等弊端,突出的是以“知识为本位”而不是以“能力为本位”的理念,与就业市场对中职毕业生的要求相左。

为进一步贯彻落实全国教育工作会议精神、《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》(国发〔2014〕19号)、《现代职业教育体系建设规划(2014—2020年)》(教发〔2014〕6号),北京出版社联合山东科学技术出版社结合机电设备安装与维修专业各中职学校发展现状及企业对人才的需求,在市场调研和专家论证的基础上,打造了反映产业和科技发展水平、符合职业教育规律和技能人才培养的专业教材。

本套专业教材以教育部最新公布的《中等职业学校机电设备安装与维修专业教学标准(试行)》为指导思想,以中职学生实际情况为根据,以中职学校办学特色为导向,与具体的专业紧密结合,按照“基于工作流程构建课程体系”的建设思路(单元任务教学)编写,根据机电设备安装与维修行业的总体发展趋势和企业对高素质技能型人才的要求,构建与机电设备安装与维修专业相配套的内容体系,涵盖了专业核心课和部分专业(技能)方向课程。

本套教材在编写过程中着力体现了模块教学理念和特色,即以素质为核心、以能力为本位,重在知识和技能的实际灵活应用;彻底改变传统教材的以知识为中心、重在传授知识的教育观念。为了完成这一宏伟而又艰巨的任务,我们成立了教材编写委员会,委员会的成员由具有多年职业教育理论研究和实践经验的高校教师、中职教师 and 行业企业一线专业人士担任。从选题到选材,从内容到体例,都从职业化人才培养目标出发,制定了统一的规范和要求,为本套教材的编写奠定了坚实的基础。

本套教材的特点具体如下。

一、教学目标

在教材编写过程中明确提出以教育部“工学结合,理实一体”为编写宗旨,以培养知识与技能目标,避免就理论谈理论、就技能教技能,要做到有的放矢。打破传统的知识体系,将理论知识和实际操作合二为一,理论与实践一体化,体现“学中做”和“做中学”。让学生在学中做,在做中发现规律,获取知识。

二、教学内容

一方面采用最新颁布的规范、标准,合理选取内容,在突出主流标准、规范和技术的同时兼顾普适性;另一方面结合新知识、新工艺、新材料、新设备的现实发展要求增删、更新教学内容,重视基础内容与专业知识的衔接。通过学习,学生能更有效地建构自己的知识体系,更有利于知识的正迁移。让学生知道“做什么”“怎么做”“为什么”,使学生明白教学的目的,并为之而努力,这才能切实提高学生的思维能力、学习能力、创造能力。

三、教学方法

教材教法是一个整体,在教材中设计以“单元—任务”的方式,通过案例载体来展开,以任务的形式进行项目落实等教学内容,每个任务以“完整”的形式体现,即完成一个任务后,学生可以完全掌握相关技能,以提升学生的成就感和兴趣。体现以学生为主体的教学方法,做到形式新颖。通过“教、学、做”一体化,按教学模块的教学过程,由简单到复杂开展教学,实现课程的教学创新。

四、编排形式

教材配图详细、图解丰富、图文并茂,引入的实际案例和设计的教学活动具有代表性,既便于教学又便于学生学习;同时,教材配套有相关案例、素材、配套练习答案光盘以及先进的多媒体课件,强化感性认识,强调直观教学,做到生动活泼。

五、编写体例

每个单元都是以任务驱动、项目引领的模块为基本结构。注重实操的教材栏目包括任务描述、任务目标、任务实施、任务检测、任务评价、相关知识、任务拓展、综合检测、单元小结等。其中,任务实施是教材中每一个单元教学主题,充分体现“做中学”的重要性,以具有代表性、普适性的案例为载体进行展开;理论性偏强的教材设置了单元概述、单元目标、任务概述、任务目标、学习内容、案例分析、特别提示、拓展提高、思考练习等栏目,紧密结合岗位实际,突出了对学生职业素质和能力的培养。

六、专家引领,双师型作者队伍

本系列教材由北京出版社和山东科学技术出版社共同组织具有教学经验及教材编写经验的双师型教师编写,参加编写的学校有山东劳动职业技术学院、济南职业学院、威海职业学院、潍坊市科技中等专业学校、江西工业工程职业学院、武汉工业学校、武汉职业技术学院、江苏泰州职业技术学院,并聘请山东省教科院职业教育研究所所长杜德昌及山东大学教授冯显英、岳明君担任教材主审,感谢上海航欧机电设备有限公司、山东常林机械集团股份有限公司给予技术上的大力支持。

本系列教材,各书既可独立成册,又相互关联,具有很强的专业性。它既是机电设备安装与维修专业教学的强有力工具,也是引导机电设备安装与维修专业的学习者走向成功的良师益友。

前 言

本书以教育部中等职业学校《机电设备安装与维修专业教学标准》为依据编写,以“工学结合,理实一体”为编写宗旨,体现了理实一体、工作过程为导向的思想。全书采用项目化的编写模式,内容体现了岗位需求,既是理论教材,也是一本实用性较强的实践教材。

传感器技术是测量技术、半导体技术、计算机技术、信息处理技术、微电子学、光学、声学、精密机械、仿生学和材料科学等众多学科相互交叉的综合性和高新技术密集型前沿技术之一,是现代新技术革命和信息社会的重要基础,是自动检测和自动控制技术不可缺少的重要组成部分。目前,传感器技术已成为我国国民经济支柱产业的一部分。传感器在工业部门的应用普及率已被国际社会作为衡量一个国家智能化、数字化、网络化的重要标志。随着自动检测技术、控制技术的发展,传感器应用技术已经成为专业工程技术人员必须掌握的技术之一。传感器应用技术的应用能力是电子产品组装、检测、调试等所必须具备的能力,通过学习掌握各类传感器的基本应用方法,掌握温度、位置、压力、位移等物理量在测量中常用的各种传感器的工作原理、主要性能及其特点,就能熟练地对传感器进行选用和性能测试,能对电子产品中的传感器进行维护和调试,能进行简单的外围电路的设计。

教材的内容依据专业教学标准,结合岗位技能职业标准,使其有机结合在一起,所涉及的教学任务紧扣未来学生实际工作需要,体现知识技能岗位化、岗位问题化、问题教学化、教学任务化、任务行业标准化。

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) 在总内容的安排上,采用“单元—任务”的模式,将同一被测物理量放在一模块中,每一个任务介绍一种传感器的应用;

(2) 在每个任务中,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,并通过具体的电路来加深对内容的理解;

(3) 在每个任务的内容组织上,适当保留传统的理论知识,但放在整个内容的最后,而将每个传感器的应用电路放在前面,突出了传感器的应用性;

(4) 通过案例载体来展开,每个任务都由任务描述、任务目标、任务分析、任务实施、任务评价、相关知识、任务拓展等基本环节组成,更有利于学生系统学习;

(5) 在教材的编写过程中,打破了传统的知识体系,将理论知识和实际操作合二为一,理论与实践一体化,体现了“学中做”和“做中学”,让学生在学中做,在做中发现规

律,获取知识。

全书共有六个单元,分别介绍了常见物理量检测用传感器,包括:传感器与检测技术、力的测量、速度的测量、位移的测量、液位的测量和温度的测量等。此外,本书还对传感器的相关检测知识、电路转换及信息处理技术进行了阐述,每个单元选材力求通俗、简明、实用、操作性强。

附录部分,补充了金属箔式应变片——单臂电桥性能实验等9个基础性实验、电子称重装置等2个综合设计性实验和QSCGQ-2型传感器与检测技术实训装置说明书等说明及电阻、电偶分度表。

全书由李常峰、刘成刚共同担任主编,郑文霞、李翠、罗小妮、任国华担任副主编,田文玲、张欣参编。在本书的撰写、校核、审稿和编辑工作中,得到了许多老师的热情帮助,也得到了编者所在院校领导的关心和支持,在此谨向大家致以诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请读者予以批评指正。

编者

目 录

CONTENTS

单元一 传感器与检测技术	1
任务1 测量及误差基础知识	2
任务2 传感器基础知识	6
单元二 力的测量	14
任务1 电阻应变式传感器测量力	15
任务2 压电式传感器测量力	30
单元三 速度的测量	42
任务1 霍尔式传感器测量转速	43
任务2 光电式传感器测量转速	49
单元四 位移的测量	64
任务1 电感式传感器测量位移	65
任务2 光栅式传感器测量位移	76
任务3 光电编码器测量位移	83
单元五 液位的测量	92
任务1 电容式传感器测量液位	93
任务2 超声波传感器测量液位	108
单元六 温度的测量	120
任务1 热电偶测量温度	121
任务2 热电阻测量温度	130
附录一 基础性实验项目	140
实验一 金属箔式应变片——单臂电桥性能实验	140
实验二 金属箔式应变片——半桥性能实验	143

实验三 金属箔式应变片——全桥性能实验	145
实验四 直流全桥的应用——电子秤实验	147
实验五 差动变压器的应用——测量振动	148
实验六 电容式传感器的位移特性实验	150
实验七 霍尔转速传感器测速实验	152
实验八 Cu50 温度传感器的测温特性实验	153
实验九 Pt100 热电阻测温特性实验	155
附录二 综合设计性实验项目	157
实验一 电子称重装置实训	157
实验二 位移测量装置实训	160
附录三 说明	163
说明一 QSCGQ-2 型传感器与检测技术实训装置说明书	163
说明二 温控仪表操作说明	166
说明三 电阻和电偶分度表	170

单元一 传感器与检测技术

单元概述

本单元主要学习测量及误差知识、传感器的概念、传感器接口电路等知识。通过本单元的学习,应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如何选择仪表;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;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,所以接口电路也非常重要,应理解并熟练掌握接口电路的形式、原理及作用,在工作中能根据现象判断故障的位置。

在学习本单元前,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。

任务 1 测量及误差基础知识



任务描述

由于测量方法和仪器设备不完善、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精确性或误差,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精确度的主要方面,进一步改进测量方法,缩小实际测量值和真值之间的差异,提高测量的精确性。



任务目标

- 学会误差的表示方法
- 能根据测量结果计算各误差
- 能根据要求选择精度符合要求的测量仪表



任务实施

一、测量

测量是指借助专门的技术与设备,通过实验和计算的方法取得事物量值的认识过程,即将被测量与一个同性质的、作为测量单位的标准量进行比较,从而确定被测量是标准量的若干倍或几分之几的比较过程。

测量的结果包括大小、符号(正或负)、单位三个要素。

测量的方法多种多样。根据被测量是否随时间变化,可分为静态测量和动态测量;根据测量的手段不同,可分为直接测量和间接测量等。测量是人类认识事物本质不可缺少的手段。通过测量和实验能使人们对事物获得定量的概念和发现事物的规律性。科学上很多新的发现和突破都是以实验测量为基础的。

测量的目的就是为最接近地求取真值,下面介绍真值的概念和一般情况下真值的确定方法。

真值是待测物理量客观存在的确定值,也称理论值或定义值。通常真值是无法测得

的。若测量的次数无限多,根据误差的分布定律,正、负误差出现的几率相等。再细致地消除系统误差,将测量值加以平均,可以获得非常接近于真值的数值。但实际上测量的次数总是有限的。用有限测量值求得的平均值只能是近似真值,常用的平均值有下列几种:

(1) 算术平均值

算术平均值是最常见的一种平均值。

设 x_1, x_2, \dots, x_n 为各次测量值, n 代表测量次数,则算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1-1)$$

(2) 几何平均值

几何平均值是将一组 n 个测量值连乘并开 n 次方求得的平均值,即

$$\bar{x}_{\text{几}} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} \quad (1-2)$$

(3) 均方根平均值

$$\bar{x}_{\text{均}} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \quad (1-3)$$

二、测量误差及其分类

测量值与真值之间的差值称为测量误差,简称误差。

1. 误差的表示方法

利用任何量具或仪器进行测量时总存在误差,测量结果不可能准确地等于被测量的真值,而只是它的近似值。测量的质量高低以测量精确度作为指标,根据测量误差的大小来估计测量的精确度。测量结果的误差越小,则认为测量就越精确。

(1) 绝对误差

测量值 X 和真值 A_0 之差为绝对误差,通常称为误差,记为

$$\Delta = X - A_0 \quad (1-4)$$

由于真值 A_0 一般无法求得,式(1-4)只有理论意义。常用高一级标准仪器的示值作为实际值 A 以代替真值 A_0 。由于高一级标准仪器存在较小的误差,虽然 A 不等于 A_0 ,但总比 X 更接近于 A_0 。 X 与 A 之差称为仪器的示值绝对误差,记为

$$\Delta = X - A \quad (1-5)$$

与 Δ 相反的数称为修正值,记为

$$C = -\Delta = A - X \quad (1-6)$$

(2) 相对误差

衡量某一测量值的准确程度,一般用相对误差来表示。示值绝对误差 Δ 与被测量的实际值 A 的百分比值称为实际相对误差,记为

$$\gamma_A = \frac{\Delta}{A} \times 100\% \quad (1-7)$$

以仪器的示值 X 代替实际值 A 的相对误差称为示值相对误差,记为

$$\gamma_X = \frac{\Delta}{X} \times 100\% \quad (1-8)$$

一般来说,除了某些理论分析外,用示值相对误差较合适。

(3) 引用误差

为了计算和划分仪表精确度等级,提出“引用误差”的概念,其定义为仪表示值的绝对误差与量程范围之比,记为

$$\gamma_A = \frac{\text{示值绝对误差}}{\text{量程范围}} \times 100\% = \frac{\Delta}{X_n} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中, Δ 为示值绝对误差; X_n = 标尺上限值 - 标尺下限值。

2. 测量仪表的精度

测量仪表的精度等级是用最大引用误差(又称允许误差)来标明的。它等于仪表示值中的最大绝对误差与仪表的量程范围之比的百分数。

$$\gamma_{n\max} = \frac{\text{最大示值绝对误差}}{\text{量程范围}} \times 100\% = \frac{\Delta_{\max}}{X_n} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中, γ_{\max} 为仪表的最大引用误差; Δ_{\max} 为仪表的最大示值绝对误差; X_n = 标尺上限值 - 标尺下限值。

测量仪表的精度等级是国家统一规定的,把允许误差中的百分号去掉,剩下的数字就称为仪表的精度等级。仪表的精度等级常以圆圈内的数字标明在仪表的面板上。例如,某台压力计的允许误差为 1.5%,这台压力计电工仪表的精度等级就是 1.5,通常简称 1.5 级仪表。我国仪表的精度等级分为 7 级:0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。

仪表的精度等级为 a ,它表明仪表在正常工作条件下,其最大引用误差的绝对值 δ_{\max} 不能超过的界限,即

$$\delta_{\max} = |\gamma_{n\max}| = \left| \frac{\Delta_{\max}}{X_n} \right| \times 100\% \leq a\% \quad (1-11)$$

由式(1-11)可知,应用仪表进行测量时所能产生的最大绝对误差(简称误差限)为

$$\Delta_{n\max} \leq a\% \cdot X_n \quad (1-12)$$

3. 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永远朝一个方向偏移,其大小及符号在同一组实验测定中完全相同,实验条件一经确定,系统误差就存在一个客观上的恒定值。

改变实验条件,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。针对仪器的缺点、外界条件变化影响的大小、个人的偏向,分别加以校正后,系统误差是可以清除的。

(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,而且它们的绝对值时大时小,符号时正时负,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,倘若对某一量值做足够多次的等精度测量,就会发现偶然误差完全服从统计规律,误差的大小或正负完全由概率决定。因此,随着测量次数的增加,随机误差的算术平均值趋近于0,所以多次测量结果的算数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引起的。此类误差无规则可循,只要加强责任感、多方警惕、细心操作,过失误差是可以避免的。

4. 精密度、准确度和精确度

反映测量结果与真实值接近程度的量,称为精度(亦称精确度)。它反映测量中所有系统误差和随机误差综合的影响程度。它与误差大小相对应,测量的精度越高,其测量误差就越小。精度应包括精密度和准确度两层含义。

(1) 精密度

测量中所测得数值重现性的程度,称为精密度。它反映随机误差的影响程度,精密度高就表示随机误差小。

(2) 准确度

测量值相对真值的偏移程度,称为准确度。它反映系统误差的影响精度,准确度高就表示系统误差小。

在一组测量中,精密度高的准确度不一定高,准确度高的精密度也不一定高,但精确度高,则精密度和准确度都高。

精密度与准确度的区别,可用下述打靶子的例子来说明:图1-1(a)中表示精密度和准确度都很好,则精确度高;图1-1(b)表示精密度很好,但准确度却不高;图1-1(c)表示精密度与准确度都不好。

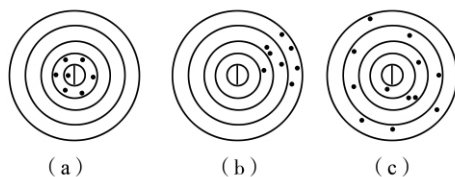


图 1-1 精密度和准确度的关系

任务2 传感器基础知识



任务描述

传感器是利用各种物理、化学、生物现象将非电学量转换为电学量的器件,传感器可以检测自然界所有的非电学量,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。

当今社会的发展就是信息技术的发展。早在 20 世纪 80 年代,美国首先认识到世界已进入传感器时代,日本也将传感器技术列为十大技术之首,我国将传感器技术列为国家八五重点科技攻关项目,建成了传感器技术国家重点实验室、微纳米国家重点实验室、国家传感器工程中心等研究开发基地。传感器产业已被国内外公认为是具有发展前途的高新技术产业。它以技术含量高、经济效益好、渗透力强、市场前景广等特点为世人所瞩目。

传感器检测涉及的范畴很广,常见检测涉及的内容见表 1-1。

表 1-1 检测涉及的内容

被测量类型	被测量	被测量类型	被测量
机械量	速度、加速度、转速、应力、应变、力矩、振动等	热工量	温度、热量、比热容、压强、物位、液位、界面、真空度等
几何量	长度、厚度、角度、直径、平行度、形状等	物质成分量	气体、液体、固体的化学成分,浓度,湿度等
电参量	电压、电流、功率、电阻、阻抗、频率、相位、波形、频谱等	状态量	运动状态(启动、停止等)、异常状态(过载、超温、变形、堵塞等)



任务目标

- 能理解传感器的静态特性指标
- 学会传感器的定义及组成



任务实施

一、传感器在各领域中的应用

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

1. 在工业生产过程的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监测,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,从而保证产品质量,提高效益。目前,传感器与微机、通信等技术的结合渗透,使工业监测实现了自动化,更具有准确、效率高等优点。如果没有传感器,现代工业生产程度将会大大降低。

2. 在汽车电控系统中的应用

随着人们生活水平的提高,汽车已逐渐走进千家万户。传感器在汽车中相当于感官和触角,它能准确地采集汽车工作状态的信息,提高汽车的自动化程度。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。普通汽车上装有10~20只传感器,而有的高级豪华车使用的传感器多达300个。因此,传感器已成为汽车电控系统的关键部件,直接影响到汽车技术性能的发挥。

3. 在现代医学领域的应用

社会的飞速发展需要人们快速、准确地获取相关信息。医学传感器作为拾取生命体征信息的“五官”,其作用日益显著,并得到广泛应用。例如,在图像处理,临床化学检验,生命体征参数的监护监测,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。可以说,传感器在现代医学仪器设备中已无处不在。

4. 在环境监测方面的应用

近年来环境污染问题日益严重,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这一要求。目前,已有相当一部分生物传感器应用于环境监测中,如二氧化硫是酸雨雾形成的主要原因,传统的检测方法很复杂,现在将亚细胞类脂类固定在醋酸纤维膜上,和氧电极一起制成安培型生物传感器,可对酸雨酸雾样品溶液进行检测,大大简化了检测方法和过程。

5. 在军事方面的应用

传感器技术在军用电子系统的运用促进了武器、作战指挥、控制、监视和通信的智能化。传感器在远方战场监视系统、防空系统、雷达系统、导弹系统等方面都有广泛的应用,是提高部队战斗力的重要因素。

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,家用电器正向自动化、智能化、节能、无环境污染的方向发展。自动化和智能化的核心就是研制由微电脑和各种传感器组成的控制系统。例如,空调器采用微电脑控制配合传感器技术,可以实现压缩机的启动、停机、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