



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

信息
与通
信工
程

Sensor Technology and Its Examples

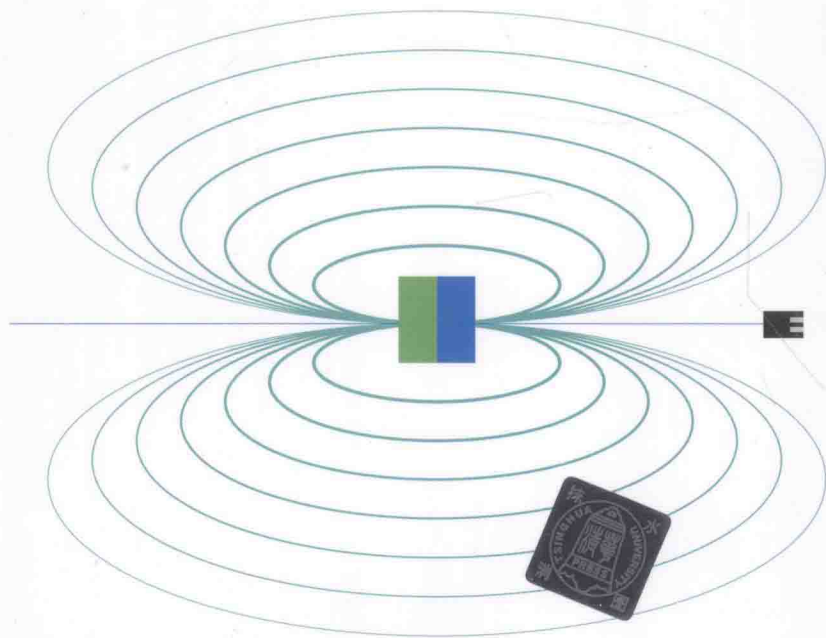
传感器应用技术 及其范例

魏学业 周永华 祝天龙 编著

Wei Xueye

Zhou Yonghua

Zhu Tianlong



清华大学出版社



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会
高等学校电子信息类专业系列教材

Sensor Technology and Its Examples

传感器应用技术 及其范例

魏学业 周永华 祝天龙 编著

Wei Xueye

Zhou Yonghua

Zhu Tianlong



清华大学出版社

内 容 简 介

本书在扼要介绍各种常用传感器的基本构成、工作原理和主要特性的基础上,通过传感器在各行各业中广泛应用的各种典型实例,重点阐述了其应用技术。全书共 10 章,内容涵盖常用传感器的应用技术,如变送器、温度传感器、压力传感器、磁电式传感器、物位检测仪、流量计、集成传感器等的典型应用范例以及 4 种典型无损检测技术的基本原理和应用技术。

本书内容丰富、技术实用,反映了传感器应用技术领域的典型应用范例。该书汇集了大量的实践应用知识,将基本理论知识与工程实际应用技术有机结合,克服了现有相关书籍实例方面的不足。

本书既可作为自动化、测控技术与仪器和机电一体化等专业的本科生和研究生教材,也可供其他专业和相关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

传感器应用技术及其范例/魏学业,周永华,祝天龙编著.--北京:清华大学出版社,2015

高等学校电子信息类专业系列教材

ISBN 978-7-302-37837-2

I. ①传… II. ①魏… ②周… ③祝… 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(2014)第 199314 号

责任编辑:曾 珊 战晓雷

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.75 字 数:356 千字

版 次:2015 年 1 月第 1 版 印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:32.00 元

产品编号:057232-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主 任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘 旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委 员	王志华	清华大学	宋 梅	北京邮电大学
	韩 焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪 伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾 云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢 泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴 瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李 晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡 毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江 毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	谢凯年	赛灵思公司
	刘铁根	天津大学	张伟刚	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	宋 峰	南开大学
	苑立波	哈尔滨工程大学	靳 伟	香港理工大学
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

传感器技术、通信技术、人工智能与计算机技术以及控制技术是信息技术的 4 个基本内容。传感器技术是信息采集的手段,在自动化智能系统中起着至关重要的作用。没有有效的信息采集,任何先进的信息处理和控制手段难以起到应有的作用。传感器作为信息采集的基本元件,是信息技术的核心。本书从当前工程实际应用和技术发展的角度出发,全面系统地介绍了常用传感器的应用范例。

本书结合编者多年的教学、科研、生产实际工作经验,参考国内外相关教材、学术成果和应用工程,总结提炼了各种传感器的典型应用技术。在编写过程中,编者结合传感器的应用实践,扼要阐述了传感器的基本构成、工作原理和主要特性;既阐述基本理论,更突出实际应用技术;基本理论和工程实际应用有机结合,贯穿全书始终。本书所介绍的实际应用技术大多来自各种工程应用现场,具有较强的参考作用。

全书共分 10 章。第 1 章介绍传感器的应用技术现状及发展趋势。第 2 章介绍变送器的一般原理以及温度变送器、差压变送器、物位变送器、液位变送器的原理与应用。第 3 章介绍热电阻、热电偶、热敏电阻以及红外测温传感器的原理及应用。第 4 章介绍压力传感器的分类及其在电子衡器、电子皮带秤、混凝土搅拌站的应用方案。第 5 章介绍自感式传感器、互感式传感器、金属探测仪和霍尔式传感器的原理及工程应用。第 6 章介绍物位检测应用实例,包括超声波物位检测仪、电容式液位检测仪、雷达料位仪、重锤式物位检测仪。第 7 章介绍光敏电阻、光电池、光电二极管、光电三极管、光电耦合器件、电荷耦合器件(CCD)的原理及应用。第 8 章介绍流量计的应用,包括差压式流量计、电磁流量计、涡轮流量计、超声波流量计、科里奥利质量流量计。第 9 章介绍集成式传感器的应用,包括微加速度计、集成温度传感器、集成压力传感器、集成霍尔传感器、集成光电开关。第 10 章介绍超声波检测技术、红外检测技术、涡流检测技术、射线检测技术的原理及应用技术。

全书内容广泛,涉及温度、压力、物位、液位、流量、光电等各种物理量的测量,但各章内容有其独立性,在使用本教材时,可根据不同专业的要求和特点,对内容适当进行取舍。本书既可作为检测技术、工业自动化、机电一体化及计算机应用等专业的本科生和研究生教材,也可供其他专业和相关工程技术人员参考。

编者在编写过程中参阅了大量相关论文和书籍,在此对相关作者表示诚挚的感谢!

编 者

2014 年 8 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 概述	1
1.1 传感器应用技术综述	1
1.1.1 传感器应用中的抗干扰技术	1
1.1.2 CCD 传感器在工业检测中的应用	3
1.1.3 传感器在汽车中的应用	4
1.1.4 传感器技术在军事领域的应用	4
1.1.5 传感器在新技术领域的应用	4
1.2 传感器应用技术的发展	5
1.2.1 传感器技术的新进展	5
1.2.2 传感器在物联网中的应用	8
1.2.3 纳米传感器技术的发展	9
第 2 章 常用变送器原理与设计	11
2.1 变送器概述	11
2.2 变送器的原理	12
2.2.1 变送器的定义、特点和分类	12
2.2.2 变送器量程及迁移特性	12
2.2.3 四线制与两线制	13
2.2.4 供电方式	14
2.3 温度变送器	14
2.3.1 模拟式温度变送器	15
2.3.2 一体化温度变送器	15
2.3.3 智能温度变送器	17
2.3.4 专用集成电路温度变送器	17
2.4 差压变送器	20
2.4.1 差压变送器原理及选择	20
2.4.2 变送器压力引入方式	21
2.4.3 差压变送器的安装	23
2.4.4 差压变送器的校验	24
2.4.5 压力变送器设计	25
2.5 物位变送器	27
2.5.1 超声波物位变送器	27
2.5.2 物位变送器安装	29
2.6 液位变送器	30

2.6.1	常用液位变送器	30
2.6.2	差压变送器的液位测量	32
第3章	温度传感器的应用	34
3.1	热电阻的工程应用	34
3.1.1	设计原理	34
3.1.2	恒压源和信号放大器	35
3.1.3	线性化处理	35
3.2	热电偶的应用	36
3.2.1	热电偶传感器的技术指标与结构	36
3.2.2	测量电路示例1	37
3.2.3	测量电路示例2	39
3.3	热敏电阻的工程应用	41
3.3.1	原理框图	42
3.3.2	NTC 热敏电阻	42
3.4	红外传感器在重熔中的应用	43
3.4.1	概述	43
3.4.2	红外温度测量原理	43
3.4.3	红外传感器和感应加热设备的选择	44
3.4.4	红外测温传感器信号采集及处理	45
第4章	压力传感器的应用	46
4.1	压力传感器的分类	46
4.2	压力传感器在电子衡器中的应用	48
4.2.1	汽车衡称重原理与构成	48
4.2.2	称重传感器的选择	50
4.2.3	数据采集与处理	51
4.3	电子皮带秤的原理与应用	51
4.3.1	电子皮带秤的工作原理	51
4.3.2	电子皮带秤的构成	52
4.3.3	电子皮带秤在水泥配料中的应用	52
4.4	混凝土搅拌站控制系统	54
4.4.1	混凝土搅拌站控制方案	55
4.4.2	控制系统	57
第5章	磁电式传感器的应用	66
5.1	自感式传感器及应用	66
5.1.1	结构及工作原理	66
5.1.2	等效电路与接口电路	69
5.1.3	自感式传感器的应用	72
5.2	互感式传感器及应用	72
5.2.1	工作原理与类型	72
5.2.2	测量电路	75
5.2.3	差动变压器的应用	77
5.3	金属探测仪	79

5.3.1	金属探测仪的理论分析	79
5.3.2	金属探测仪的结构和工作原理	84
5.3.3	金属探测仪总体电路	87
5.4	霍尔式传感器及其工程应用	92
5.4.1	霍尔效应	92
5.4.2	霍尔元件结构及测量电路	93
5.4.3	霍尔元件基本特性	94
5.4.4	霍尔式传感器的应用	96
第 6 章	物位检测仪的应用	101
6.1	超声波传感器在物位检测中的应用	101
6.1.1	超声波换能器	101
6.1.2	超声波测距原理	103
6.1.3	采用 TL851 和 TL852 的物位计	105
6.1.4	采用 PW0268 的物位计	109
6.2	电容式液位检测仪	112
6.2.1	目前液位测量的主要方法	112
6.2.2	电容式液位测量的原理及方法	114
6.2.3	微小电容的检测方法	115
6.2.4	智能化测量方法	118
6.3	雷达料位仪	121
6.3.1	线性调频连续波雷达技术	121
6.3.2	线性调频连续波雷达的测距算法	126
6.3.3	线性调频连续波雷达料位仪	127
6.4	重锤式物位检测仪	129
第 7 章	光电传感器的应用	133
7.1	光敏电阻及其应用	133
7.1.1	光敏电阻的工作原理和特性	133
7.1.2	应用实例	136
7.2	光电池及其应用	137
7.2.1	原理与结构	137
7.2.2	应用实例	137
7.3	光电二极管及其应用	138
7.3.1	原理与结构	138
7.3.2	应用实例	139
7.4	光电三极管及其应用	141
7.4.1	原理与结构	141
7.4.2	光电三极管和光电二极管的基本特性	141
7.4.3	光电三极管应用实例	142
7.5	光电耦合器件及其应用	144
7.6	CCD 及其应用	145
7.6.1	CCD 的发展状况	146
7.6.2	CCD 的工作原理	146
7.6.3	采用线阵 CCD 的测量仪原理及方案	149

第 8 章 流量计的应用	154
8.1 差压式流量计的基本原理及应用	154
8.1.1 差压式流量计的基本原理	154
8.1.2 差压式流量计在湿气测量中的应用	155
8.2 电磁流量计的基本原理及其应用	158
8.2.1 电磁流量计的基本原理	158
8.2.2 AMF600 型电磁流量计	158
8.3 涡轮流量计的原理及其应用	159
8.3.1 涡轮流量计的基本原理	159
8.3.2 涡轮流量计在液液两相流测量中的应用	159
8.4 超声波流量计的原理及其应用	161
8.5 科里奥利质量流量计及其应用	162
8.5.1 科里奥利质量流量计的组成	162
8.5.2 科里奥利质量流量计的工作原理	163
8.5.3 科里奥利质量流量计用于密度测量	165
第 9 章 集成式传感器的应用	166
9.1 微加速度计的应用	166
9.1.1 微加速度计的模型	166
9.1.2 微加速度计的类型	167
9.1.3 ADXL345 型 MEMS 加速度计的应用	169
9.2 集成温度传感器 AD590 及其应用	173
9.2.1 基本性能	173
9.2.2 AD590 的应用电路	174
9.3 DS18B20 集成温度传感器的应用	175
9.3.1 DS18B20 简介	176
9.3.2 单线总线应用	181
9.4 集成压力传感器的应用	182
9.4.1 胎压监测的基本原理	182
9.4.2 无源 TPMS 磁场电磁耦合方案	183
9.4.3 直接胎压监测器	184
9.4.4 新型胎压监测传感器	185
9.5 集成霍尔传感器的特性及其应用	185
9.5.1 集成线性霍尔传感器	185
9.5.2 集成开关型霍尔传感器	187
9.5.3 集成霍尔传感器的应用	188
9.6 ULN3330 集成光电开关	190
9.6.1 工作原理	190
9.6.2 应用举例	192
第 10 章 常用无损检测技术	194
10.1 超声波检测技术	195
10.1.1 超声波	195
10.1.2 超声波的发射与接收	196

10.1.3	超声波探头的种类及参数	196
10.1.4	超声波探伤方法	197
10.1.5	超声波探伤仪	200
10.1.6	A 型脉冲反射式超声波探伤仪	201
10.1.7	超声波探伤仪的设计	203
10.2	红外检测技术	204
10.2.1	红外检测基础	204
10.2.2	黑体辐射与红外测温原理	206
10.2.3	红外测温仪	206
10.2.4	红外热成像技术	207
10.2.5	红外热像仪的应用	208
10.3	涡流检测技术	209
10.3.1	涡流检测基本原理	209
10.3.2	趋肤效应和渗透深度	210
10.3.3	涡流检测的阻抗分析法	210
10.3.4	涡流检测装置	211
10.4	射线检测及应用	213
10.4.1	射线的种类和频谱	213
10.4.2	射线的衰减	214
10.4.3	射线检测探伤原理	214
10.4.4	射线检测方法	215
10.4.5	X 射线机	216
附录 A	Pt100 铂热电阻分度表(ZB Y301-85)	218
附录 B	K 型热电偶分度表	219
参考文献		220

能感受被测物理量并按一定规律或法则转换成可用信号的器件或装置称为传感器,它通常由敏感元件、转换元件、调理电路和转换电路组成。传感器是自动化系统中必不可少的部分,是自动化仪表的重要组成部分。

传感器应用技术是综合应用传感器、电子线路、电子测量和信号处理等技术的一门学科,是信息采集与处理的源头。提高传感器应用技术可有效提高工业自动化的水平,提高自动化装置的稳定性、可靠性和安全性。

本书通过传感器应用中的通识知识、技术和应用范例的讲解,解决技术人员在传感器的实际应用中的一些困惑,提高技术人员的设计技巧。

1.1 传感器应用技术综述

传感器技术从诞生之日就迅速得到了应用,获得了良好的经济效益。目前传感器技术在工业自动化、虚拟仪器、汽车、军事领域等得到了广泛、有效的应用。

传感器对被测量进行准确可靠的捕获和转换,是实现准确测试与控制的基础,没有准确的信号转换,将无法实现信号的测量和控制。

1.1.1 传感器应用中的抗干扰技术

随着现代科学技术的发展和自动化水平的不断提高,在工农业生产、交通运输、航空航天等领域大量使用了各种类型的传感器和自动检测技术来监控生产过程,控制生产过程中的各个环节,从而使生产过程的自动化水平得到了提高,控制精度、准确度得到了很大改善。传感器是自动化控制与检测系统中的感觉器官,它的反应灵敏度、测量误差、线性度、迟滞等性能指标会影响整个检测系统的性能。

由于生产现场中存在着各种干扰问题,如有些生产现场大能耗设备多,特别是大功率感性负载的启、停往往会使电网产生几百伏甚至几千伏的尖脉冲干扰。供电电压的波动,各种信号线绑扎在一起或走同一根多芯电缆时信号线间的干扰,空间各种电磁、气象条件、雷电甚至地磁场的变化,都会干扰传感器的正常工作。此外,生产现场的温度、湿度变化也会引起电路参数发生变化。以上这些情况都可能引起传感器的工作异常,为了保证传感器的正常工作,必须采用相应的措施,将各种干扰消除或加以抑制,使传感器正常工作。为了消除

干扰,通常采用下面几种技术。

1. 屏蔽技术

屏蔽技术包括静电屏蔽、电磁屏蔽、低频磁屏蔽和热屏蔽等。

(1) 静电屏蔽:用铜或铝等导电性能良好的金属为材料制作成封闭的金属容器,并与地线连接,将要屏蔽的电路置于其中,使外部干扰电场的电力场不影响其内部的电路;反过来,内部电路产生的电力场也对外电路不产生干扰。静电屏蔽不但能够防止静电干扰,也能防止交变电场的干扰,所以许多传感器的外壳用导电材料制作并且接地。现在虽然有越来越多的传感器用工程塑料制作外壳,但打开外壳仍然会看到在机壳的内壁上粘贴有一层接地的金属薄膜,它起到与金属外壳一样的静电屏蔽作用。

(2) 电磁屏蔽:也是采用导电良好的金属材料做成屏蔽罩、屏蔽盒等不同的外形,将被保护的电路包围在其中。它屏蔽的干扰对象不是电场,而是高频磁场。干扰源产生的高频磁场遇到导电良好的电磁屏蔽层时,就其外表面感应出同频率的电涡流,从而消耗了高频干扰的能量。其次,电涡流也将产生一个新的磁场,根据楞次定律,其方向恰好与干扰源的方向相反,也抵消了一部分干扰磁场的能量,从而使电磁屏蔽层内部的电路免受高频干扰磁场的影响。若将电磁屏蔽层接地,可同时起静电屏蔽作用,对电磁波的屏蔽效果就更好。通常作为传输线使用的铜质网状屏蔽电缆接地时,就能同时起到电磁屏蔽和静电屏蔽的作用。

(3) 低频磁屏蔽:是用来隔离低频磁场和固定磁场耦合干扰的有效措施。任何通过电流的导线或线圈周围都存在磁场,会对信号线或者传感器造成磁场耦合干扰。为了防止磁场耦合干扰,必须采用高导磁材料作屏蔽层,以便让低频干扰磁力线从磁阻很小的磁屏蔽层上通过,使低频磁屏蔽层内部的电路免受低频磁场的耦合干扰影响。例如,传感器的铁皮外壳就起到低频磁屏蔽的作用。若进一步将外壳接地,可以同时起静电屏蔽的作用。

2. 接地技术

接地包括安全接地、信号接地、信号源接地和负载接地等。

接地是保证人身和设备安全、抗干扰的一种方法,合理地选择接地方式是抑制电容性耦合、电感性耦合及电阻耦合,减小或削弱干扰的重要措施。

自动化控制系统通常由传感器(一次仪表)与二次仪表构成,在实际的工业现场,由于两者相距较远,信号传输线也较长,所以测量的数据会发生跳动,造成误差变大。解决此类问题的较好方法是一点接地。如果电路采用多点接地的话,由于各接地点的电位不同,又会形成电路的干扰信号,因此在电路中尽可能做到一点接地。如果不能实现一点接地,则尽量将接地线加宽,使各接地点的电位相近,以免形成信号干扰源。

3. 隔离措施

隔离包括变压器隔离、光电耦合器隔离等,它是破坏干扰途径、切断耦合通道,以达到抑制干扰的一种技术措施。

变压器隔离是实现交变信号传输的隔离技术,光电耦合器隔离广泛应用于数字接口电路中。目前,在自动化控制系统中越来越多地采用光电耦合器来提高系统的抗干扰能力。

4. 滤波技术

滤波技术就是采用相应形式的滤波器将各种干扰信号滤除,使信号传输过程中的干扰信号不进入传感器中,它是抑制干扰最有效的措施之一。将相应频带的滤波器接入信号传输通道中,滤除或尽可能衰减干扰信号,以达到提高信噪比、抑制干扰的目的。常用的滤波

器有以下几种:

(1) RC 滤波器: 当信号源为变化缓慢的信号时, 利用体积小、成本低的无源 RC 低通滤波器, 可对串模干扰有较好的抑制效果。

(2) 交流电源滤波器: 电源网络吸收了各种高低频噪声, 对此常用 LC 滤波器来抑制混入电源的噪声。

在电源和负载之间插入交流电源滤波器之后, 可以将几千赫兹至几十兆赫兹范围内的电磁干扰衰减几十倍以上。在选择交流电源滤波器时主要考虑两点: 一是滤波器的额定电流必须大于用电设备的工作电流; 二是在可预见的频率范围内, 必须符合对干扰的衰减系数要求。使用时可根据需要, 选择内部包含一级、两级甚至三级 LC 的电源滤波器。

(3) 直流电源滤波器: 直流电源往往为几个电路所共用, 为了避免通过电源内阻造成几个电路之间的相互干扰, 应在每个电路的直流电源上加上 RC 或 LC 退耦滤波器。

1.1.2 CCD 传感器在工业检测中的应用

自从 1983 年得克萨斯仪表公司研制成功百万像素的固体图像传感器以来, CCD 在工业检测中得到了广泛的应用, 其应用涉及在线测量、机器人视觉、焊接自动化跟踪等领域。

1. CCD 用于在线测量

随着对现代化加工环境要求的不断提高, 以及对工厂生产的产品质量和产品的一致性要求的日益提高, 生产现场迫切地需要拥有更有效的质量保护措施。过去几年里, 应用新型 CCD 传感器作为检测单元构成的非接触光电检测系统取得了显著的应用成效。由于 CCD 传感器具有许多优点, 其应用正在取代一些传统的传感器, 成为工业测控领域的重要传感器, 应用领域十分广泛。

2. CCD 用于机器人

机器人视觉涉及 3 方面的问题, 即视觉敏感器、照明、视觉信息处理的硬件和软件。目前用于激光扫描三角测量的视觉敏感器主要有二维面型 PSD、线型 PSD 和 CCD。PSD 是模拟器件, 可以接收经过调制的信号以克服环境光的干扰, 其信号处理相对容易且比较快, 分辨率较高且价格较低, 但是这种器件无法对曝光量进行控制, 它是集中效应器件。当工件表面较差时 (表面反射率变化较大), 其精度会降低。而高性能的 CCD 器件在这方面会显示出更好的适应性能, 同其他类型的传感器相比, CCD 传感器具有很多优点。

3. CCD 用于焊接自动化

在焊接自动化系统中, 使焊枪同步跟踪焊缝是一个难题, 其难点在于电弧位置的精确定位。由于焊接方法、接头形式、坡口加工与装配精度等工艺条件千差万别, 焊接过程中又有强弧光辐射、强电磁场、高温、飞溅物等干扰, 使得焊缝位置的检测极其困难, 而 CCD 是极具潜力的电弧跟踪传感器件, 它在光电检测方面具有独特优势。在弧焊自动跟踪过程中, CCD 跟踪对象可以是辅助图像、电弧及熔池热场。普通 CCD 摄像头的分辨率可以达到 0.05mm, 动态跟踪检测精度可达 0.06mm, 检测精度比其他方法高出一个数量级。

在焊接自动化领域中, CCD 已成为获取信息的重要手段, 它可以获得焊接接头截面的精确的几何形状和空间位置信息, 适用于各种接头类型的自动跟踪和控制, 还可用于多层焊接的焊道自动规划、参数自适应控制和焊后的接头外观检查。在检测接头位置和尺寸等三维信息时, 一般采用激光扫描和结构光视觉方法, 而激光扫描方法与现代 CCD 技术的接合

代表了高性能主动视觉传感器的发展方向。

1.1.3 传感器在汽车中的应用

随着汽车安全性要求的提高,其电子化程度得到了很大提高,而传统的机械系统难以满足汽车功能的要求。传感器作为现代汽车控制系统的关键部件,其技术性能直接影响着汽车的安全性水平。目前应用于汽车中的传感器有以下几类:

(1) 温度传感器、压力传感器、流量传感器、氧传感器和爆震传感器等,应用于汽车发动机控制系统中。

(2) 自动防抱死制动传感器、动力转向传感器、悬架传感器和变速器传感器,应用于汽车底盘控制系统中。

(3) 多种风量传感器、日照传感器、车速传感器、加速度传感器等,应用于空调系统中,有效地提高了汽车的安全性、可靠性和舒适性。

1.1.4 传感器技术在军事领域的应用

传感器在军事中的应用日趋重要,其应用主要是地面传感器,其特点是结构简单、便于携带、易于埋伏和伪装,可用于飞机空投、火炮发射等,用来执行预警、目标搜索和监视任务。当前的军事领域使用的传感器主要有振动传感器、声响传感器、磁传感器、红外传感器、电缆传感器、压力传感器和扰动传感器等。

1.1.5 传感器在新技术领域的应用

传感器是新技术革命和信息社会的重要技术基础,是当今世界极其重要的高科技,一切现代化仪器、设备几乎都离不开传感器。

1. 光纤传感器

近几年,光纤传感器的发展异常迅速,显现出巨大的开发潜力,受到一些发达国家政府和研究单位的高度重视,我国也非常重视这一新领域的研究应用。

光纤传感器具有一些常规传感器无可比拟的优点。例如,光纤传感器具有灵敏度高、响应速度快、动态范围大、防电磁场干扰、超高压绝缘、无源性、防燃防爆、适于远距离遥测、多路系统无地回路串音干扰、体积小、机械强度大、可灵活柔性挠曲、材料资源丰富、成本低等优点。另外,光纤可实现的传感信息量类型广泛,现已实现的传感信息量有磁、声、力、温度、位移、旋转、加速度、液位、扭矩、应变、电流、电压、图像和某些化学量等。

2. 红外传感器

红外传感器可大致分为热释电型和光电效应型两大类,后者也叫半导体型传感器。一般热释电型传感器可工作于室温,灵敏度与波长无关,但灵敏度要比半导体传感器低1~2个数量级,响应速度也慢得多。半导体传感器响应速度快,灵敏度具有理论极限,并与波长有关,而且一般的器件均须冷却。半导体红外传感器广泛应用于军事领域。

3. 生物传感器

生物传感器是发展、研究生物工程学的重要环节。生物传感器关键在于识别各种有生命的生物高分子,积极地模拟生物具有的优秀感觉功能和对化学物质的识别能力。

4. 医用传感器

近几年发展很快的有两类医用传感器。

(1) 图像诊断领域用的传感器,主要有4种。①X光诊断装置用传感器,能获得较高分辨率的直视图像。②X光CT用传感器,目前正围绕心脏区X光检测器攻关。常用的检测器形式有闪烁检测器、氙气检测器、半导体检测器。③核医学诊断装置用传感器,可诊断恶性肿瘤,检查内脏器官功能或病变。④超声波诊断装置用传感器,过去的超声波束扫描采取低速手动方式,现用机械式、电子式高速扫描,可得到实体断层图像。

(2) 临床化学检验领域所用传感器:①光学传感器;②电气化学传感器:电化测定快速简便,既可用于多种物质测定,又可做到非接触测定。电化传感器,特别是其中的离子选择性电极和生物传感器将有更大发展。

5. 海洋科学传感器

海洋科学传感器在海底电缆敷设保护、水深测定、海底状况观测、水温测定、海底电缆搜索、水中作业机器人、水中光学摄影机、水中位置标定系统中都有大量应用。

6. 原子能传感器

原子能传感器可分为反应堆监控用传感器、放射线防护用传感器、核材料管理用传感器和核融合开发用传感器。

1.2 传感器应用技术的发展

1.2.1 传感器技术的新进展

传感器技术是新技术革命和信息社会的重要技术基础,是一门多学科交叉的现代科学技术,被公认为现代信息技术的源头。近年来,传感器技术发展很快,尤其在生物传感器、视觉传感器、智能传感器等方面取得了很多进展。美国研究人员借助一种特殊溶液,成功地找到了大规模制造嗅觉感受器的办法,利用气相色谱-质谱技术感受识别气体分子,研制出一种能对微量有毒气体做出强烈反应的微型传感器;俄罗斯科学家将普通蘑菇中提取的混合物与压电石英晶体构成谐振式传感器,能够探测空气中含量极低的酚成分;日本科学家研制出能快速识别流感病毒的纳米传感器,有望以纳米技术为快速识别流感病毒、乙型肝炎病毒、疯牛病病原体和残留农药等物质提供新手段;西班牙科学家研制出新型缩微DNA分析传感器,这种传感器能将分析DNA链的时间缩短到几分钟或几小时,可以在亲子鉴定、遗传修饰、食物检测等一系列化验中应用,此外还能确定新药的遗传毒性;美国国家标准与技术研究院研发出一种超灵敏微型核磁共振(NMR)传感器,该微型传感器与微流体通道并列置于一个硅芯片之上,这项技术将核磁共振的探测灵敏度提升到一个新的台阶,在化学分析中具有广泛的应用前景。

我国传感器技术虽然与国外一些发达国家相比还有很大差距,但近两年也取得了一些进展和突破,诞生了一些新产品,有些在国家重大型号工程中获得了应用。如资源环境技术领域中的环境监测及环境风险评价技术,大气复合污染关键气态污染物的快速在线监测技术和大气细粒子和超细粒子的快速在线监测技术,海洋技术领域中的海洋水质污染综合参数在线监测技术和海洋金属污染物现场和在线监测技术等。碲镉汞红外传感器已应用于我国风云系列卫星、海洋卫星以及神舟系列飞船中。