

信息获取技术

张振海 张振山 李科杰 编著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

控制论创始人 N. 维纳曾说：“信息是我们在适应外部世界，并使这种适应为外部世界所感知的过程中，同外部世界进行交换的内容”。人类迈入 21 世纪以来，信息成为推动国际社会和全球经济发展的强大动力，信息科学成为当今最为活跃的学科领域之一。信息的生成、获取、存储、传输、处理和应用是现代信息科学的六个重要组成部分，其中信息获取是信息技术产业链上最重要的环节之一。传感器技术、通信技术和计算机技术是信息产业的三大支柱，它们是信息获取技术的“感官”“神经”和“大脑”。传感器技术是信息社会的重要技术基础，也是信息获取的首要部件。信息获取系统中的传感器，在很大程度上影响和决定了信息获取系统的功能。因此国外一些著名专家评论说：“征服了传感器就等于征服了科学技术”，“如果没有传感器获取各种信息，那么支撑现代文明的科学技术就不可能发展”。

本书简明系统地介绍了信息获取技术中传感器的基本原理、典型工程应用和实验实践。本书的撰写工作是基于作者开设的本科生必修课“传感与动态测试技术”和“信号与系统”等课程，并结合作者长期从事信息获取技术、传感器技术、计量技术和测控技术的基础理论、实验实践教学、工程应用和产业化方面研究。

本书侧重于信息获取技术的相关传感器基本原理、典型工程应用和实验实践内容，强调理论、应用与实践的结合。本书从基础角度出发介绍了信息获取技术基本方法和手段：最常用的 10 类传感器的基本原理；从工程实际出发介绍了信息获取技术的 4 类典型工程应用；从教学实践角度出发介绍了信息获取实践的 52 个典型教学实验，理论与实践相结合。本书在内容选材上突出常用的、典型的传感器基础理论，实用的工程应用背景，以及教学实验实践，内容兼顾新颖性，力求对读者有所启迪。

本书结构框架、内容范围由张振海提出，并主笔和统校全书文稿。本书分上、中、下三篇，共 18 章；其中第 2、7、8、9、10、11 章由张振海、李科杰编著；第 1、3、4、5、6、12 章由张振海、张振山、李科杰编著；第 13 章由张亮、张振海、张振山编著；第 14 章由李治清、张振海、张振山编著；第 15 章由陈旭、张振海编著；第 16 章由柳新宇、张振海编著；第 17 章和第 18 章由张威、张振海、张振山编著，并依托于杭英联科

技术有限公司的教学实验平台。

本书引用了许多专家学者的著作与论文，在此表示谢意，书中引用的部分参考资料包括：新编传感器技术手册、现代传感技术、感测技术、内装电路压电加速度计原理与设计、传感器与检测技术等；以及多位硕士生和博士生的学位论文，杭英联技术有限公司综合实验平台相关内容，博士生张文一和硕士生许朝阳参与了插图处理工作，作者一并表示谢意。

信息获取技术的知识面广，科技发展迅猛。由于编著者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请专家和广大读者批评指正。

作者的电子邮箱为：zhzhang@bit.edu.cn 本书配套教学课件 PPT 资料请登录出版社网站 http://www.bitpress.com.cn/book/book_detail 注册下载。

编著者

目 录

CONTENTS

上篇：原理篇 传感器获取信息的基础理论

第 1 章 绪论	003
1.1 传感器技术的地位和作用	003
1.2 传感器技术的应用和需求	003
1.2.1 应用领域	003
1.2.2 市场需求	004
1.3 传感器技术发展趋势	005
1.4 传感器的定义与分类	006
1.4.1 传感器的定义	006
1.4.2 传感器的分类	006
1.5 传感器命名方法及代号	007
1.5.1 命名法构成	007
1.5.2 传感器代号标记方法	008
第 2 章 应变式传感器	010
2.1 传感器工作原理	010
2.1.1 电阻—应变效应	010
2.1.2 形变传递	011
2.1.3 应变计组成与结构	011
2.2 应变计种类	013
2.3 应变计主要特性参数	014
2.4 应变计使用与选用原则	015
2.5 应变式传感器测量电路	018

2.6 应变式传感器典型应用	021
第3章 光电式传感器	024
3.1 光电效应	024
3.1.1 外光电效应	024
3.1.2 内光电效应	025
3.1.3 光生伏特效应	029
3.2 光电器件的基本特性	031
3.2.1 光谱灵敏度	031
3.2.2 相对光谱灵敏度	031
3.2.3 通量阈	031
3.2.4 转换特性和时间常数	032
3.2.5 光电器件的频率特性	032
3.2.6 光照特性	033
3.2.7 光谱特性	033
3.2.8 温度特性	033
3.2.9 伏安特性	034
3.3 红外传感器	034
3.4 激光传感器	034
3.4.1 激光器	034
3.4.2 激光检测应用	035
第4章 压电式传感器	038
4.1 石英晶体压电特性基础理论	038
4.1.1 石英晶体压电效应	038
4.1.2 石英晶体压电机理分析	039
4.1.3 石英晶体压电方程	041
4.2 传统压电式传感器(PE)测量电路	042
4.2.1 压电式传感器等效电路	042
4.2.2 电荷放大器	044
4.3 压电集成电路(IEPE)传感器	046
4.3.1 工作原理和基本结构	046
4.3.2 PE传感器与IEPE传感器的比较	047
4.3.3 IEPE加速度传感器类型	049
第5章 压阻式传感器	056
5.1 硅压阻效应基础理论	056
5.1.1 压阻效应	056
5.1.2 晶面与晶向	057

5.1.3	压阻系数	058
5.2	硅压阻式压力传感器	061
5.2.1	MEMS 敏感芯片设计	061
5.2.2	MEMS 敏感芯片工艺	063
5.2.3	MEMS 传感器封装设计	063
5.3	压阻式传感器信号调理电路	065
5.3.1	信号放大	065
5.3.2	零偏与温漂补偿	066
5.3.3	满量程输出调整	067
5.4	锰铜压阻式传感器	067
5.4.1	锰铜压阻式传感器工作原理	068
5.4.2	锰铜压阻式传感器结构	069
第 6 章	强冲击传感器	071
6.1	强冲击加速度传感器概述	071
6.1.1	国内外研究现状	071
6.1.2	单轴强冲击加速度传感器	072
6.1.3	三轴强冲击加速度传感器	076
6.2	压电石英晶体强冲击加速度传感器	078
6.2.1	传感器工作原理	080
6.2.2	传感器主要参数估算与关键技术	081
6.3	压电薄膜强冲击加速度传感器	082
6.3.1	传感器工作原理	083
6.3.2	传感器性能主要影响因素	084
6.4	MEMS 压阻式强冲击加速度传感器	085
6.4.1	传感器工作原理	085
6.4.2	传感器敏感芯片结构设计分析	086
6.4.3	传感器敏感芯片版图设计	087
6.4.4	MEMS 传感器调理电路设计	089
6.5	强冲击特种传感器极端环境试验测试与计量校准	090
6.5.1	研制需求分析	091
6.5.2	存在的突出问题	093
6.5.3	我国特种传感器发展方向思考	093
6.5.4	我国极端环境试验测试发展方向思考	094
第 7 章	热电式传感器	096
7.1	热电偶	096
7.1.1	热电偶的物理基础	096
7.1.2	热电偶类型	100

7.1.3	热电偶实用测温电路	102
7.2	热电阻传感器	104
7.3	半导体热敏电阻传感器	106
第8章	磁传感器	108
8.1	霍尔器件	108
8.2	磁敏二极管和磁敏三极管	109
8.3	CMOS 磁敏器件	112
8.4	半导体三维磁矢量器件	113
8.5	巨磁阻抗传感器	114
第9章	电位器、电感式传感器	117
9.1	电位器式传感器	117
9.1.1	工作原理	117
9.1.2	典型应用	119
9.2	电感式传感器	121
9.2.1	自感式传感器	121
9.2.2	互感式传感器	123
9.2.3	电感式传感器典型应用	124
9.3	电涡流式传感器	126
9.3.1	工作原理	126
9.3.2	典型应用	128
第10章	陀螺	131
10.1	速率陀螺	131
10.2	气体速率陀螺	132
10.3	振梁式压电陀螺	132
10.4	静电陀螺	133
10.5	激光陀螺	135
10.6	光纤陀螺	135
10.7	微机械陀螺	136
10.7.1	微机械陀螺的工作原理	137
10.7.2	硅微框架驱动式陀螺	137
10.7.3	音叉式硅微振动陀螺	138
10.7.4	微型惯性测量组合	138
第11章	数字式传感器	140
11.1	编码器	140
11.1.1	接触式编码器	140

11.1.2	光电式编码器	142
11.1.3	脉冲盘式数字传感器	142
11.2	计量光栅	144
11.2.1	计量光栅的类型	144
11.2.2	光栅传感器的结构和原理	145
11.2.3	辨向原理	147
11.2.4	细分技术	149
11.3	容栅	151
11.3.1	容栅传感器的结构	151
11.3.2	容栅传感器的原理	152
11.3.3	容栅传感器的信号处理	152
11.4	谐振式传感器	153
11.4.1	工作原理	153
11.4.2	谐振式传感器典型应用	154
第 12 章	传感器的特性与标定校准	158
12.1	传感器主要静态性能指标	158
12.1.1	测量范围和量程	158
12.1.2	灵敏度	158
12.1.3	分辨力和阈值	159
12.1.4	迟滞	160
12.1.5	重复性	160
12.1.6	线性度	161
12.1.7	符合度	162
12.1.8	零漂及温漂	162
12.1.9	总精度	163
12.2	传感器动态响应特性	164
12.2.1	一阶系统的频率响应	164
12.2.2	一阶系统时间常数确定方法	166
12.2.3	二阶系统的频率响应	167
12.2.4	二阶系统递函数的确定方法	168
12.2.5	高阶系统的频率响应	169
12.3	传感器性能测试与标定校准	170
12.3.1	冲击传感器的标定校准装置	171
12.3.2	冲击传感器静态特性测试	174
12.3.3	冲击传感器动态特性测试	175
12.3.4	传感器环境温度灵敏度测试	176

中篇：应用篇 信息获取技术典型工程应用

第 13 章 瞬态冲击信息获取存储测试技术	181
13.1 瞬态冲击信息获取存储测试设计要求	181
13.2 瞬态信息获取存储测试总体设计	184
13.2.1 设计指标	184
13.2.2 系统总体方案	184
13.2.3 测试系统工作流程	185
13.3 硬件系统设计与实现	185
13.3.1 硬件电路原理图设计	185
13.3.2 电源管理模块设计	186
13.3.3 主控器模块设计	186
13.3.4 调零模块设计	186
13.3.5 放大模块设计	187
13.3.6 抗混叠滤波与阻抗匹配模块设计	187
13.3.7 ADC 采样模块设计	187
13.3.8 数据存储模块设计	187
13.3.9 串行通信模块设计	188
13.3.10 硬件电路 PCB 设计要求	188
13.4 软件系统设计与实现	189
13.4.1 软件系统总体方案	189
13.4.2 实时操作系统 UCOSII	190
13.4.3 基于 UCOSII 的任务设计要求	190
13.4.4 软件系统任务划分	190
13.4.5 软件系统任务优先级分配	191
13.5 数据分析处理软件设计与功能实现	191
13.5.1 数据分析处理软件需求分析	192
13.5.2 弹载数据分析处理软件总体设计	192
13.5.3 弹载数据分析处理软件模块设计	193
13.6 测试系统调试和试验验证	198
13.6.1 调试方案	198
13.6.2 调试过程	198
13.6.3 调试结果	200
13.6.4 静态试验验证	200
第 14 章 高能量冲击光电信息获取技术	202
14.1 高能量冲击速度/加速度信号概述	202

14.2	空气炮高冲击测试系统的设计与实现	203
14.3	空气炮冲击测试与计量校准方法	204
14.3.1	冲击绝对校准法	204
14.3.2	冲击相对校准法	206
14.4	高冲击测试测速系统设计	209
14.4.1	多窄缝测速工作原理	209
14.4.2	多窄缝测速装置的结构设计	210
14.4.3	多窄缝测速装置的电路设计	211
14.5	高冲击测试 LabVIEW 数据采集处理程序设计	212
14.5.1	采集处理程序前面板	212
14.5.2	数据采集存储模块	214
14.5.3	灵敏度计算与结果输出模块	215
14.5.4	空气炮高冲击测试系统调试	220
14.6	空气炮高冲击测试实验结果分析	220
第 15 章	汽车辅助驾驶双目视觉里程计信息获取技术	222
15.1	视觉里程计信息获取技术概述	222
15.2	汽车辅助驾驶信息获取总体设计	223
15.2.1	汽车辅助驾驶改造架构	223
15.2.2	汽车辅助驾驶环境感知平台	225
15.2.3	汽车辅助驾驶硬件配置	227
15.2.4	汽车辅助驾驶系统及网络配置	227
15.3	双目立体全景视觉工作原理	228
15.4	双目全景视觉系统标定及实验	230
15.4.1	双目立体全景视觉系统标定原理	230
15.4.2	双目标定实验	232
15.5	双目立体全景视觉里程计设计与实验验证	235
15.5.1	视觉里程计原理	236
15.5.2	视觉里程计实验	237
第 16 章	高分辨图像传感器信息获取技术	241
16.1	图像信息获取技术概述	241
16.1.1	CMOS 与 CCD 图像传感器分析	241
16.1.2	CCD 图像传感器的工作原理	243
16.2	高分辨图像信息获取前端总体设计	248
16.2.1	设计要求	248
16.2.2	系统总体框架结构	248
16.2.3	ICX694ALG 图像传感器工作原理	249
16.2.4	高分辨 CCD 图像传感器驱动方案分析	251

16.3	CCD 图像信息获取前端硬件电路设计	254
16.3.1	垂直驱动电路设计	254
16.3.2	控制电路功能分析	255
16.3.3	FPGA 时序控制电路设计	258
16.4	信息获取前端软件设计与实现	260
16.4.1	CCD 时序原理与分析	260
16.4.2	AD9979 配置分析	260
16.5	测试分析与实验验证	261
16.5.1	测试条件	261
16.5.2	驱动时序测试与分析	262
16.5.3	AD9979 配置串口测试与分析	264
16.5.4	CCD 图像传感器输出测试与分析	265
16.5.5	图像传输显示测试与分析	266

下篇：实践篇 信息获取技术综合实验

第 17 章	传感器基础实验	269
实验 1	金属箔式应变片——1/4 桥性能实验	269
实验 2	金属箔式应变片——半桥性能实验	274
实验 3	金属箔式应变片——全桥性能实验	275
实验 4	金属箔式应变片 1/4 桥、半桥、全桥性能比较	277
实验 5	金属箔式应变片的温度影响实验	278
实验 6	直流全桥的应用——电子秤实验	279
实验 7	交流全桥的应用——振动测量实验	280
实验 8	压阻式压力传感器的压力测量实验	283
实验 9	差动变压器的性能实验	285
实验 10	激励频率对差动变压器特性的影响实验	289
实验 11	差动变压器零点残余电压补偿实验	290
实验 12	差动变压器测位移实验	291
实验 13	差动变压器的应用——振动测量实验	292
实验 14	直流激励霍尔传感器位移特性实验	294
实验 15	交流激励时霍尔传感器的位移特性实验	297
实验 16	霍尔测速实验	298
实验 17	磁电式传感器测速实验	299
实验 18	压电式传感器测量振动实验	301
实验 19	电涡流传感器位移特性实验	305
实验 20	材质对电涡流传感器特性影响实验	309
实验 21	面积大小对电涡流传感器特性影响实验	309

实验 22	电涡流传感器的应用——振动测量实验	310
实验 23	电涡流传感器的应用——电子秤实验	312
实验 24	电涡流传感器测转速实验	313
实验 25	光电式转速传感器的转速测量实验	314
实验 26	Cu50 温度传感器的温度特性实验	315
实验 27	Pt100 热电阻测温特性实验	318
实验 28	热电偶测温性能实验	320
实验 29	温度仪表 PID 控制实验	323
实验 30	暗光街灯（光敏电阻）应用实验	324
实验 31	红外遥控（光敏管）应用实验	325
第 18 章	LabVIEW 及 MATLAB 高级实验	326
实验 32	LabVIEW 程序开发环境	326
实验 33	虚拟温度计的设计	328
实验 34	子 VI 的创建与调用	333
实验 35	常用数字信号发生器	339
实验 36	信号的瞬态特性测量	344
实验 37	常见信号的频谱（幅值 - 相位）	346
实验 38	巴特沃斯（Butterworth）滤波器	347
实验 39	串口通信——A/D 实验	348
实验 40	串口通信——D/A 实验	351
实验 41	串口通信——DI 实验	351
实验 42	串口通信——DO 实验	352
实验 43	串口通信综合实验	353
实验 44	智能温度控制系统的设计	355
实验 45	智能转速控制系统的设计	357
实验 46	MATLAB 运行环境及配置	359
实验 47	A/D 操作实验	361
实验 48	D/A 操作实验	363
实验 49	DI 操作实验	363
实验 50	DO 操作实验	363
实验 51	电压状态监视/报警实验	364
实验 52	PID 控制实验	365
参考文献	368

上篇：原理篇 传感器获取 信息的基础理论

第 1 章

绪 论

1.1 传感器技术的地位和作用

现代信息产业的三大支柱是传感器技术、通信技术和计算机技术，它们分别构成了信息获取技术的“感官”“神经”和“大脑”。传感器技术是信息社会的重要技术基础，信息获取的首要部件。鉴于传感器的重要性，20 世纪 80 年代发达国家对传感器在信息社会中的作用又有了新的认识和评价，如美国把 20 世纪 80 年代看作传感器时代，把传感器技术列为 20 世纪 90 年代 22 项关键技术之一。日本曾把传感器列为十大技术之首，我国的 863 计划、科技攻关等计划中也把传感器研究放在重要的位置。信息获取系统中传感器信息获取手段，在很大程度上影响和决定了信息获取系统的功能。不仅工程技术领域中如此，就是在基础科学研究中，由于新机理和新材料的发现，往往能带来高灵敏度检测传感器的出现。例如约瑟夫森效应器件的出现，不仅解决了对于 10^{-9} GS 超弱磁场的检测，同时还解决了对 10^{-12} A 及 10^{-23} J 等物理量的高精度检测，还发现和证实了磁单极子的存在，对多种基础科学的研究和精密计量产生了巨大的影响。所以国外一些著名专家评论说：“征服了传感器就等于征服了科学技术”，“如果没有传感器获取各种信息，那么支撑现代文明的科学技术就不可能发展”，“唯有模仿人脑的计算机和传感器的协调发展，才能决定技术的将来”。

1.2 传感器技术的应用和需求

1.2.1 应用领域

中国的传感器市场多年来持续增长，传感器主要应用的四大领域为工业领域、汽车电子领域、通信电子领域和消费电子领域，其中工业和汽车电子领域传感器市场占比约为 42%。目前传感器在医疗、环境监测、油气管道、智能电网、可穿戴设备等领域的创新应用也将成为新热点，有望在未来创造更多的市场需求。市场的驱动也正是技术不断变革和进步的动力。

国内传感器从某个侧面可以大概划分 10 大类、24 小类、6 000 多个品种，美国约 2 万种传感器。国外主要传感器制造商有西门子、霍尼韦尔、欧姆龙等公司，他们占有较大市场份额；国内厂商虽然有了较大发展，但远远不能跟上形势的要求。我国传感器技术水平与种类数量都与技术先进国家有很大差距。

我国物联网市场已经进入实质性发展阶段，每年市场规模突破1万亿元，年增长率超过25%，预计到2025年物联网带来的经济效益将在2.7万亿~6.2万亿美元。

传感器是物联网信息获取的关键组件。据不完全统计，我国目前已拥有的传感器与敏感元件约1.2万种，常规类型和种类6000多种。随着物联网的发展，传感器产业也将迎来爆发。预计未来5年我国传感器产业年均增长率将达30%，远高于全球平均水平。

物联网技术的发展对传统传感技术提出了新的要求，产品正逐渐向微机电系统（MEMS）技术、无线数据传输技术、红外技术、新材料技术、纳米技术、陶瓷技术、薄膜技术、光纤技术、激光技术、复合传感器技术、多学科交叉融合的方向发展。MEMS是目前世界制造业的热点，MEMS以其微型化的优势，在加速度传感器、陀螺仪、光学MEMS、图像传感器等领域都有巨大的应用市场，在军事领域和以汽车、电子、家电等为代表的民用行业有着极为广阔的应用前景。

传感器已经成为新的人工智能应用的基础。以智能车辆为例，在自动驾驶车辆中安装了至少三类传感器系统：图像视觉传感器、毫米波雷达和激光雷达，以获取车辆行驶过程中的周围环境信息，为自主无人驾驶奠定基础。汽车正在向新的智能化方向发展，智能化可以帮助驾驶员更好地控制车辆运动。每辆车有几百支传感器，传感器可以降低运营成本，降低汽车故障率，提高安全性。

智能驾驶主要通过摄像头（长距摄像头、全景摄像头和立体摄像头）和雷达（超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达）实现环境感知；先进的自动驾驶汽车装有17个传感器，预计2030年将达到29个传感器。2020年激光雷达、毫米波雷达和夜视系统等市场已经进入快速成长期。

1.2.2 市场需求

美国、日本、德国占据全球传感器市场近七成份额，而我国仅占到10%左右。目前我国市场主要应用的传感器绝大部分仍依赖进口，主流市场产品依赖国外配套的情况尤为突出。

全球传感器市场规模已经超过400亿美元，2020年全球传感器市场规模有望达到600亿美元。我国传感器市场规模2018年约为1472亿元，2019年约1660亿元，2021年可能突破2000亿元，预计在2023年增长至2580亿元左右，2019—2023年均增长率为11.65%。

从传感器种类来看，流量传感器、压力传感器、温度传感器占据最大的市场份额，分别占21%、19%、14%。从应用领域来看，工业、汽车电子、通信电子、消费电子四部分是传感器最大的市场。国内工业和汽车电子产品领域的传感器占比约42%。

目前中国车用MEMS产业已经成为整个MEMS传感器产业增长速度最快的领域。2016—2019年，汽车智能传感器市场年增长率约为6.5%，到2020年市场规模将达到93亿美元。

国内传感器在高精度、高敏感度分析、成分分析和特殊应用等高端方面与国际水平差距巨大，传感器芯片市场国产化率不足10%，中高档传感器产品几乎完全从国外进口，绝大部分芯片依赖国外，国内缺乏对新原理、新器件和新材料传感器的研发和产业化能力。

在传感器制造工艺以及技术方面,美国、日本以及德国等发达国家长期处于国际市场领先地位,三国几乎垄断了全球70%的市场,且随着MEMS工艺技术的不断成熟,此增长态势将会愈发明显。全球传感器研发制造商共6 500多家,传感器种类2万多种,我国目前拥有1万多种。全球传感器市场规模在2016—2021年增长率为11%,至2021年市场规模将高达2 000亿美元。

在国内近5 000家仪器仪表企业中,有1 600多家不同程度地生产制造敏感元件及传感器。国内各省市理工科大专院校、科研机构都不同程度地研发传感器、小批量生产敏感元件及传感器。但由于非专业型企业比例较高,因此在企业中传感器只是附属产品,产值相对较低,而且受重视程度不够。目前,生产传感器产值过亿元的企业仅占企业总数的13%,全国不足200家,产品种类齐全的专业厂家不足3%。

与国外相比,国内传感器在产品品质、工艺水平、生产装备、企业规模、市场占有率和综合竞争力等方面仍存在很大差距。同国际先进水平相比,传感器新品研制落后5~10年,产业化规模生产技术工艺则落后10~15年。

1.3 传感器技术发展趋势

传感器驱动数字变革,工厂带来数字化为背景的一场全新工业革命,从无处不在的智能摄像头到部署在城市各个角落的各种传感器,以此对城市各种数据进行收集,并经云端AI技术处理后,有助于提高对交通和街道等城市公共管理能力,仿佛这一切都是建立在传感器上的,那么未来传感器会朝着什么样的方向发展呢?

微型传感器是基于半导体集成电路技术发展的MEMS技术,利用微机械加工技术将微米级的敏感组件、信号处理器、数据处理装置封装在一块芯片上,具有体积小、成本低、便于集成等明显优势,并可以提高系统测试精度。现在已经开始用基于MEMS技术的传感器来取代已有的产品。随着微电子加工技术特别是纳米加工技术的进一步发展,传感器技术还将从小型传感器进化到纳米传感器。微型传感器的研制和应用将越来越受到各个领域的青睐。

智能传感器是由一个或多个敏感元件、微处理器、外围控制及通信电路、智能软件系统相结合的产物,它兼有监测、判断、信息处理等功能。与传统传感器相比,它具有很多特点。例如,它可以确定传感器工作状态,对测量资料进行修正,以便减少环境因素如温度、湿度引起的误差;它可以用软件解决硬件难以解决的问题;它可以完成资料计算与处理工作等。智能传感器的精度、量程覆盖范围、信噪比、智能水平、远程可维护性、准确度、稳定性、可靠性和互换性都远高于一般的传感器。

仿生传感器是通过对人的种种行为如视觉、听觉、感觉、嗅觉和思维等进行模拟,研制出的自动捕获信息、处理信息、模仿人类行为的装置,是近年来生物医学和电子学、工程学相互渗透发展起来的一种新型的信息技术。随着生物技术和其他技术的进一步发展,在不久的将来,模拟生物体功能的仿生传感器将超过人类五官的能力,完善目前机器人的视觉、味觉、触觉和对目标物体进行操作的能力。我们将看到仿生传感器应用的广阔前景。

随着通信技术的发展、无线技术的广泛应用,无线技术也应用到传感器技术中。比如水