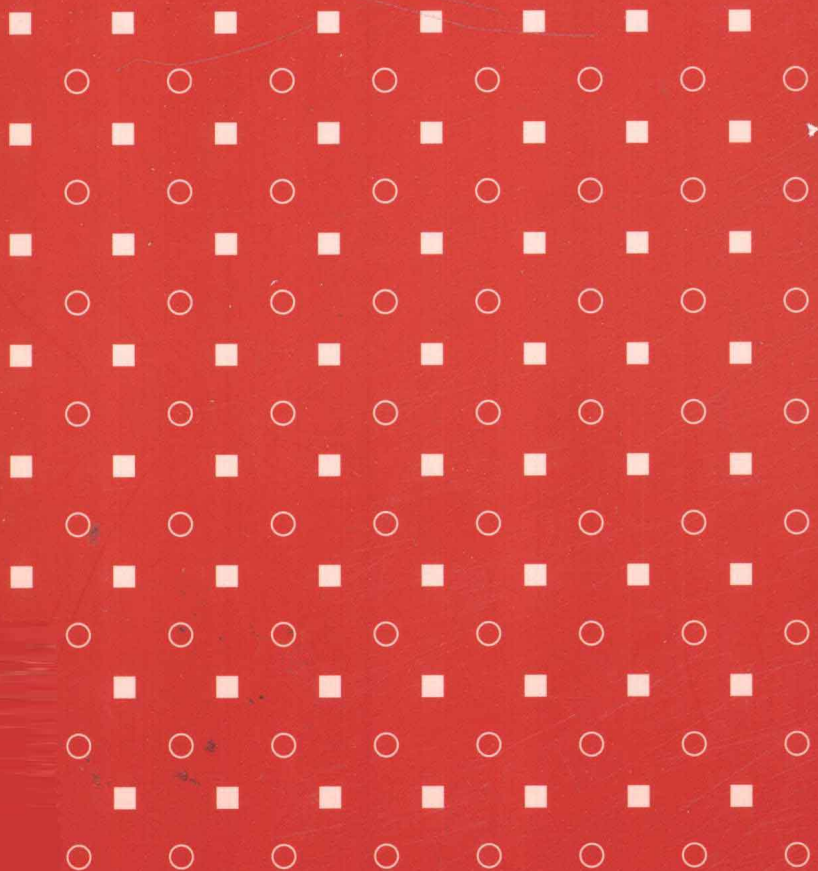




于洪珍 徐立中 王慧斌 著

监测监控 信息融合技术

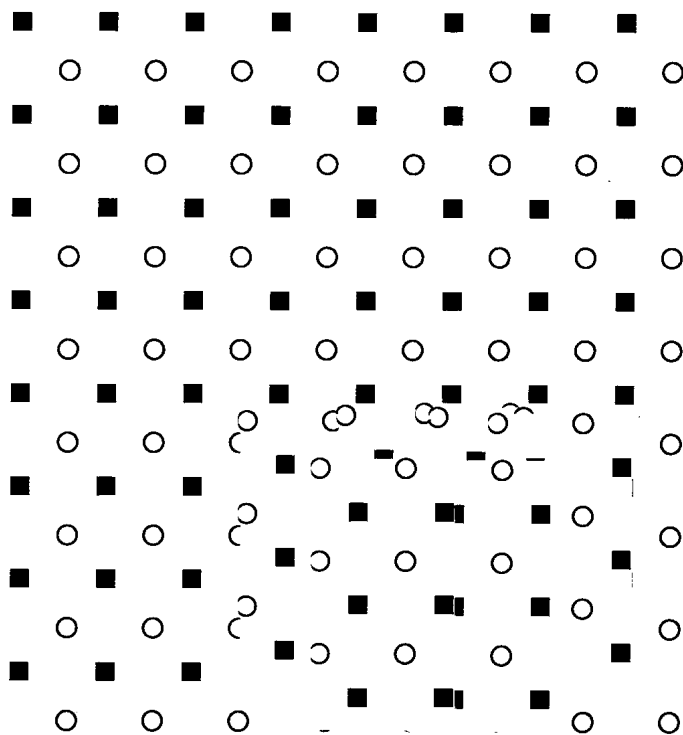


清华大学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

监测监控 信息融合技术

于洪珍 徐立中 王慧斌 著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地阐述了监测监控信息融合的有关概念、原理和方法,对监测监控信息融合技术以及应用系统进行了深入的介绍和讨论。

本书面向监测监控领域,详细介绍了传感器信息获取、监测监控网络以及信息融合的基本原理和技术,并结合作者近年来有关监测监控信息融合关键技术和系统的研究与应用实践,详细介绍了从模型、方法到应用系统实现的理论和技术。全书共分10章,主要内容包括:传感器信息获取与融合,监测监控网络技术,信息融合技术,煤矿安全监测监控信息融合模型、方法、技术与系统,传感器管理,故障监测与诊断信息融合,水环境多源监测信息融合模型、方法及技术与系统等。

本书内容新颖,理论联系实际,可作为电子信息工程、工业自动化、计算机应用、仪器科学与技术等相关专业的研究生和高年级本科生的教材,以及科研人员、工程技术人员的参考书。

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

监测监控信息融合技术/于洪珍,徐立中,王慧斌著. —北京:清华大学出版社,2011.1
ISBN 978-7-302-21943-9

I. ①监… II. ①于… ②徐… ③王… III. ①监控系统—信息处理 IV. ①TP277

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017985 号

责任编辑:佟丽霞 赵从棉

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:19.25

字 数:414千字

版 次:2011年1月第1版

印 次:2011年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00元

产品编号:031423-01

序 言

Preface

在信息的获取、处理、传输和应用链中,“信息获取”相对“信息处理”、“传输”和“应用”而言,其理论和技术发展水平较为落后。近年来,国内外学术界和产业界重视开展以多传感器为基础的监测监控理论与技术应用研究,以推进监测监控信息获取与处理的科技进步。

《监测监控信息融合技术》是有关监测监控信息处理技术及应用方面的专著,详细介绍了多传感器感测及信息获取、监测监控网络以及信息融合的基本原理和技术,并结合作者近年来有关监测监控信息融合关键技术和系统的研究与应用实践,详细介绍了从模型、方法到应用系统实现的理论和技术。于洪珍教授领导的团队多年来一直从事监测监控和信息融合方面的研究,具有坚实的研究基础和丰富的工程应用经验,本书的写作是在此基础上完成的,因此具有较高的学术水平和出版价值。另外,目前有关信息融合方面的研究成果多集中在军事领域,本书的出版将为读者开辟一个新的研究视角,也是当前有关信息融合研究的重要补充。希望本书的出版,对监测监控与信息融合技术的提高和发展起到推动作用。

中国人工智能学会名誉理事长

涂序彦

2010年3月1日

前言

Foreword

监测监控技术广泛应用于各种工业过程控制、军事自动化、电力自动化、金融自动化、楼宇自动化、铁路车辆的调度与管理、高速公路集中监视、油气田长距离输送管线测控、矿山安全监测监控、环境自动观测、森林防火、城市供水供暖系统监控、水情遥测、大型输水工程自动监控、河流流域梯级电站的数据采集与监控等。20世纪90年代以来,监测监控任务和功能不断复杂和增加,计算机、通信、微电子等技术进一步迅速发展,使监测监控技术不断发生深刻的变化。尽管各种系统应用的场合和完成的任务不同,但它们在系统级上,大致都有着系统功能综合化、互连网络化和开放性与标准化的特点和发展趋势。

随着监测监控任务、功能和要求的不断复杂,以及通信网络技术的快速发展,分散、分布式和网络化、集成化的信息获取与处理已成为当今感测及信息获取与处理技术发展的重要特征。基于网络的传感器技术、信息融合技术给信息获取的精确、有效和可靠提供了重要的技术支持手段。

在信息获取、处理、传输和应用的信息链中,信息获取是源头,其技术的发展较“信息处理”、“传输”和“应用”落后,严重影响整个信息链。近年来,国际和国内学术界已提出将“传感器与检测技术”提升,并发展“信息获取科学与技术”学科。信息获取技术水平的提高也应该在整个信息链中协同解决。

信息融合是针对系统中使用多传感器这一特定问题而展开的一种信息处理技术。信息融合是通过多(个、类)传感器数据的综合(集成和融合),以获得比每个单一传感器更多、更有效的信息,从而实现对监测监控对象更好的理解。

本书是有关信息融合技术在监测监控中应用方面的专著,面向监测监控领域,详细介绍了多传感器感测及信息获取、监测监控网络以及信息融合的基本原理和技术,并结合作者近年来有关监测监控信息融合关键技术和系统的研究与应用实践,详细介绍了从模型、方法到应用系统实现的理论和技术。

本书共分10章,内容安排如下。

第1章简要介绍监测监控技术与系统、信息处理技术的特点和发展,传感器技术及发展,多传感器系统与信息融合。

第2章围绕支撑网络化、综合化感测及信息获取与处理的监测监控网络技术,介绍传感器总线与现场总线、图像/视频传感器数据传输接口、工业以太网、OPC技术规范、工业无线

网络等内容。

第3章首先介绍信息融合系统框架和融合处理过程,对信息融合的功能和模型、信息融合方法进行介绍;对常见的信息融合模型,如情报环、JDL模型、Boyd控制环和瀑布模型等给出了具体的分析描述;对常用的信息融合算法,如加权平均法、卡尔曼滤波法、概率论、推理网络 and 智能算法等作了介绍;最后介绍多传感器信息融合效能的评估指标和评估方法。

第4章以煤矿安全监测监控系统为背景,介绍煤矿安全监测监控系统及技术发展概况,介绍煤矿监测监控网络系统,在讨论信息分析的基础上,介绍面向煤矿安全监测监控信息融合的数据级、特征级和决策级分层结构,以及信息融合的体系结构。

第5章结合煤矿安全监测监控的应用背景,从数据级、特征级以及决策级等方面,介绍煤矿安全监测监控信息融合处理方法和技術。主要介绍自适应去噪声误差消除方法,基于W-RBF的时间序列预测方法,基于多黑板结构的煤矿生产安全态势评估等方法。

第6章介绍面向煤矿网络化监测监控的可重配置传感器系统,包括一般型和工业无线网络型可重配置传感器系统;介绍传感器管理概念,讨论传感器管理的必要性和传感器管理的任务,包括管理范围、管理功能和作用以及管理算法等;并结合矿井通风机监测监控系统进行传感器管理设计,介绍分析传感器设置的冗余度计算和关联性。

第7章结合故障监测与诊断应用的背景,介绍故障监测诊断和信息处理关键技术。内容包括故障监测与诊断研究综述、故障监测诊断和信息融合处理方法、矿井通风机故障机理及信息熵特征分析等。

第8章介绍和分析讨论有关水环境监测的研究背景,水环境监测的信息获取和处理方式,水环境多源监测信息融合系统体系结构,水环境监测无线传感器网络以及多传感器管理等内容。

第9章主要介绍水环境地面监测信息(数据)融合处理、水环境遥感监测信息处理以及基于遥感和地面监测结合的信息融合处理方法和技術。内容包括水环境多源监测信息融合的主要方法,基于广义回归神经网络的水质空间分布分析,基于黑板结构的信息融合专家系统,水环境遥感与地理信息系统的信息集成等。

第10章介绍证据理论的基本原理,基于证据理论的信息融合方法,介绍和讨论其在水环境监测中的应用。在此基础上进一步介绍和讨论模糊证据理论,以及神经网络与证据理论结合的信息融合方法和实验结果分析。

本书第1章由于洪珍、徐立中编写;第2、3章由王慧斌、于洪珍编写;第4~7章由于洪珍编写;第8~10章由徐立中、王慧斌编写。全书由于洪珍、徐立中统稿。

20世纪80年代中期以来,于洪珍领导的团队一直从事监测监控和信息系统集成方面的研究,以及系统与装置的研制和工程应用。近年来,得到了国家自然科学基金、教育部博士点基金、教育部科学技术研究重点项目、原煤炭部重点科技计划、江苏省自然科学基金、江苏省高技术研究重大计划、江苏省社会发展计划以及工矿企事业单位的委托等30多项项目的资助,在监测监控、信息处理理论与技术的研究以及工程应用方面取得了一些成果,曾获

目 录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 监测监控与信息处理	1
1.1.1 监测监控技术与系统的发展及特点	1
1.1.2 集成化、综合化的信息获取与处理	2
1.2 传感器技术及发展	2
1.2.1 传感器及其应用	3
1.2.2 新型及智能传感器	7
1.3 多传感器系统与信息融合	14
1.3.1 传感器系统	14
1.3.2 多传感器信息融合	20
第 2 章 监测监控网络	26
2.1 监测监控网络概述	26
2.2 传感器总线与现场总线	27
2.2.1 基本概念	27
2.2.2 典型的传感器总线和现场总线	27
2.3 工业以太网	33
2.3.1 工业以太网技术的特征	34
2.3.2 工业以太网协议	37
2.4 OPC 技术规范	39
2.4.1 OPC 技术特征	39
2.4.2 基于 OPC 技术的监测监控系统应用设计	41
2.5 工业无线网络	46
2.5.1 监测监控中的无线技术	46
2.5.2 无线传感器网络	51

第3章 信息融合	59
3.1 信息融合处理过程	59
3.1.1 信息融合处理的框架	59
3.1.2 典型的融合处理过程	60
3.2 信息融合系统的模型	61
3.2.1 功能模型	61
3.2.2 结构模型	64
3.3 信息融合方法	67
3.3.1 信息融合方法分类	67
3.3.2 常用的信息融合方法	68
3.4 信息融合的有效性评估	72
3.4.1 信息融合有效性的定性分析与评估	73
3.4.2 基于证据理论的融合有效性分析	76
3.4.3 信息融合有效性的定量分析与评估	79
第4章 煤矿安全监测监控信息融合系统	81
4.1 煤矿监测监控系统综述	81
4.1.1 国外煤矿监测监控系统	82
4.1.2 国内煤矿常用的监测监控系统	83
4.1.3 煤矿信息管理系统	91
4.1.4 煤矿安全监测监控需要解决的关键技术	91
4.2 煤矿监测监控网络系统	92
4.2.1 系统组成	92
4.2.2 系统的功能	94
4.3 煤矿监测监控信息分析	96
4.3.1 引言	96
4.3.2 信息分析	97
4.4 面向煤矿安全监测监控的信息融合系统体系结构	99
4.4.1 信息融合的层次	99
4.4.2 信息融合体系结构	106
第5章 煤矿安全监测监控信息融合处理	108
5.1 数据级融合及基于 FOCUSS 的自适应去噪声学习算法	108
5.1.1 冲击干扰及其消除方法	108
5.1.2 基于 FOCUSS 的自适应去噪声学习算法	110

5.1.3	算法的验证与分析·····	111
5.2	特征级融合及基于 W-RBF 的瓦斯时间预测方法·····	114
5.2.1	常用瓦斯预测方法的缺点·····	115
5.2.2	时间序列分析·····	115
5.2.3	混沌时间序列·····	116
5.2.4	基于 W-RBF 的时间序列预测·····	124
5.3	基于多黑板结构的煤矿安全态势评估·····	131
5.3.1	煤矿安全态势评估·····	131
5.3.2	基于多黑板结构的态势评估结构模型·····	133
5.3.3	基于多黑板系统的态势评估及分析·····	142
第 6 章	面向煤矿监测监控应用的传感器管理·····	147
6.1	矿井环境监测可重配置传感器系统·····	147
6.1.1	一般型可重配置传感器系统·····	148
6.1.2	工业无线网络型可重配置传感器系统·····	154
6.2	面向煤矿安全监测监控的传感器管理技术·····	158
6.2.1	传感器管理问题·····	158
6.2.2	传感器管理的功能和任务·····	158
6.2.3	传感器管理的算法·····	162
6.3	面向煤矿安全监测监控的传感器管理设计·····	163
6.3.1	单传感器管理·····	163
6.3.2	多传感器管理·····	164
6.3.3	通风监测系统中传感器管理设计·····	166
第 7 章	故障监测与诊断信息融合·····	171
7.1	引言·····	171
7.2	故障监测诊断的信号处理和信息融合方法·····	173
7.2.1	基本概念·····	173
7.2.2	信号处理和信息融合方法·····	174
7.3	矿井通风机故障机理及信息熵特征分析·····	176
7.3.1	旋转机械常见异常振动概述·····	177
7.3.2	矿井通风机常见故障振动特性分析·····	177
7.3.3	典型故障特征的信息熵提取方法·····	180
7.3.4	故障系统多源信号特征熵提取及结果·····	183

第 8 章 水环境多源监测信息融合系统	186
8.1 研究背景	186
8.1.1 问题的提出	186
8.1.2 国内外研究现状	187
8.2 水环境监测技术	189
8.2.1 水质监测技术、仪器与分析方法	189
8.2.2 遥感及水环境遥感监测	195
8.3 水环境多源监测信息融合系统设计	196
8.3.1 系统的层次结构	196
8.3.2 系统的逻辑结构模型	199
8.3.3 系统的总体设计	200
8.4 基于 WSN 的地面水环境监测信息获取与处理	202
8.4.1 引言	202
8.4.2 WSN 网络和通信基础设施相结合的系统设计	203
8.4.3 LEACH 路由协议	205
8.4.4 基于动态成簇的路由算法	208
8.5 基于 Agent 的多传感器管理	216
8.5.1 基于知识的多传感器管理	216
8.5.2 多传感器管理的功能和任务	218
8.5.3 多传感器管理的 Agent 方法	219
第 9 章 水环境多源监测信息融合处理	224
9.1 水环境多源监测信息融合方法综述	224
9.1.1 地面监测信息融合处理	225
9.1.2 遥感图像信息融合处理	225
9.1.3 基于遥感和地面监测的水质信息融合处理	227
9.2 基于广义回归神经网络的水质空间分布分析	232
9.2.1 广义回归神经网络水质空间分布模型	232
9.2.2 计算分析	236
9.3 基于黑板结构的信息融合专家系统	238
9.3.1 功能模块及流程设计	238
9.3.2 验证与分析	241
9.4 水环境遥感与地理信息系统的信息集成	244
9.4.1 遥感和 GIS 信息集成	245
9.4.2 遥感和 GIS 集成系统的模式	245

9.4.3	水环境遥感和 GIS 的空间数据组织、管理与分析	246
9.4.4	太湖水环境多源监测信息管理系统	247
第 10 章	水环境多源监测信息融合的证据理论方法	250
10.1	证据理论	250
10.1.1	基本概念	251
10.1.2	Dempster 组合规则	251
10.1.3	冲突证据组合方法	252
10.2	河口地面监测信息融合	255
10.2.1	信息融合模型	255
10.2.2	基于证据理论的信息融合	256
10.2.3	基于 BP 网络的信息融合	257
10.2.4	验证与分析	258
10.3	证据理论信息融合计算分析软件	259
10.3.1	信息融合计算分析软件设计开发	259
10.3.2	实例分析	262
10.4	湖泊富营养化状态评估的模糊证据理论方法	263
10.4.1	基于相似性的模糊证据理论	264
10.4.2	湖泊富营养化状态估计与评价模型	269
10.4.3	验证及分析	270
10.5	湖泊富营养化状态估计的 BP 网络证据理论方法	273
10.5.1	BP 网络证据理论方法	274
10.5.2	监测数据选择与验证分析	275
10.6	遥感与地面监测结合的湖泊水质状况评估	278
10.6.1	研究背景	278
10.6.2	神经网络证据理论方法	279
10.6.3	验证和比较分析	280
参考文献		286

绪 论

本章简要介绍监测监控技术与系统、信息处理技术的特点和发展,简要介绍传感器技术及发展、多传感器系统与信息融合等。

1.1 监测监控与信息处理

1.1.1 监测监控技术与系统的发展及特点

监测监控技术广泛应用于各种工业过程控制、军事自动化、电力自动化、金融自动化、楼宇自动化、铁路车辆的调度与管理、高速公路集中监视、油气田长距离输送管线测控、矿山安全监测监控、环境自动观测、森林防火、城市供水供暖系统监控、水情遥测、大型输水工程自动监控、河流流域梯级电站的数据采集与监控等。20世纪90年代以来,由于监测监控任务和要求不断复杂,以及计算机、通信、微电子等技术的进一步迅速发展,使监测监控技术发生了深刻的变化。尽管各种系统应用的场合和完成的任务不同,但它们在系统级上,大致都有着如下的特点和发展趋势。

1) 系统功能综合化

对于被测被控对象的监控方式从单一的现地(或机旁)监控、集中监控发展到分散、分布式监控;从系统的数字化监测与控制发展到与工业电视监视相结合,信息的获取与处理也在单一数据的基础上增加了多源多模式的获取与处理;从综合监控发展到与管理自动化相结合。因此,当前先进的监测监控系统集控制、监测、管理以及决策支持等功能于一体,成为综合自动化系统。

在工业过程测控方面,从原来只对与生产过程有关的环节实施测控和简单的集中管理,进一步发展到生产和管理与调度、质量的监测、统计、分析、控制,直到其他各种管理控制功能。

在遥测遥控技术方面,在传统的“四遥”(遥测、遥控、遥信、遥调)基础上增加了图像监视,即所谓“巡视”。

在森林防火方面,系统除了完成宏观域森林火灾事件的有效监测外,还包括编制森林火

灾事态发展情报,向指挥人员提供明确的决策依据,建立包括森林火灾现场临时指挥部在内的各级地方森林防火指挥部间的通信系统,以保证信息的传递和指挥调度的畅通。

水情遥测方面,水文自动测报系统的规模从控制中小流域的水情雨情变化,发展到控制几万平方公里的水情雨情,包含近百个站点的大系统,系统的建设目标也正在从单一的为防汛服务,转向为防洪、水利调度、灌区管理等多种目标服务。

2) 互连网络化

系统功能的综合化,通过现场传感器和测控站设备的现场总线(field bus),和分中心、中心站网络进行,而与其他系统之间的信息交换也是通过网络或广域网络进行。互连网络化是当前监测监控系统发展的第二个特点。

3) 开放性与标准化

在计算机界,开放的要求已成为一个最基本的要求。同样,开放性与标准化也是当前监测监控系统所具有的第三个特点。系统功能的综合化和互连网络化必须要求系统具有开放性和标准化。开放性在不同的层次有不同的含义。在现场测站层采用积木式结构,各功能模块化、标准化,使系统扩展能力强,各模块高度自治又相互配合,功能可根据用户需要配置,设备可增可减。对于系统一级来说,开放性指的是系统建立在正式的或事实上的接口标准之上的通信环境。具体表现在所遵循的下列一些标准:操作系统接口标准,图形界面标准,数据库访问标准,网络通信标准,语言标准,文件标准等。

上述分析说明,当前的监测监控系统具有功能综合化、互连网络化、开放性和标准化等特征,发展成了网络化、综合性的监测监控系统,系统的功能综合化,通过现场总线、各种通信网络进行,而系统的功能综合化和互连网络化又必须要求系统具有开放性和标准化。

1.1.2 集成化、综合化的信息获取与处理

在信息获取、处理、传输和应用的信息链中,信息获取是源头,其技术的发展较“信息处理”、“传输”和“应用”落后,严重影响整个信息链。近年来,国际和国内学术界已提出将“传感器与检测技术”提升,并创建发展“信息获取科学与技术”学科。信息获取技术水平的提高也应该在整個信息链中协同解决。

随着监测监控任务和要求的不断复杂,以及通信网络技术的快速发展,分散、分布式和网络化、集成化的信息获取处理已成为当今感测及信息获取与处理技术发展的重要特征。基于通信网络的传感器技术、信息融合技术给信息获取的精确、有效和可靠提供了重要的技术支持手段。

1.2 传感器技术及发展

监测监控系统中最基本、最重要的测量单元是传感器。传感器是信息获取的最前端,如果没有传感器技术的产生和发展,就不可能有大量的监测监控系统及应用。以信息的角度

分析,人类与外界交流的过程就是不断地取得信息,传递、处理加工信息,以及把决策信息作用于外部世界的过程,是一个信息处理过程。然而,人类的信息活动由于受到感官机能和智力功能的限制,无法满足各种生产活动的应用需求。因此,作为人类信息器官的延伸,传感器技术的出现就是一种必然的结果。传感器技术不仅大大扩展了人类感知物理世界的信息功能,而且随着人类信息活动在时间、空间和内容方面的不断增强,以及信息技术的不断发展,传感技术也日益多样化,并出现不同的发展特征。

现代信息技术的三大基础是信息的采集、传输和处理技术,即信息获取技术、网络与通信技术和计算机技术。它们也是构成现代信息链的核心技术。而传感器是信息获取系统的主要部件,作为信息采集的源头,其重要性毋庸置疑。

传感器的主要功用是感测,即感受被测信息,并传送出去。在监测监控应用中,传感器是实现自动检测和自动控制的首要环节,如果没有精确可靠的传感器,也就不会有精确可靠的自动检测和控制系统。

1.2.1 传感器及其应用

1. 传感器的概念

通常,传感器的定义一般是针对物理传感器而言,传感器主要用来感知和接收来自实体目标的信息。

国际电工委员会(International Electrotechnical Committee, IEC)给出的定义:传感器是测量系统中的一种前置部件,它将输入变量转换成可供测量的信号。

根据国家标准的传感器通用术语(GB 7665—87)规定,传感器是指:能感受规定的被测量,并按一定规律转换成可用输出信号的器件或装置,通常由敏感元件(sensing element)和转换元件(transduction element)组成。敏感元件是指传感器中能直接感受或响应测量的部分。转换元件是指传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于测量或传输的电信号的部分。

上述概念主要包含四个方面的含义。

- (1) 传感器是测量装置,能完成信号获取任务。
- (2) 它的输入量是某一被测量,可能是物理量、化学量,也可能是生物量。
- (3) 它的输出量是某种物理量,这种量要便于传输、转换、处理、显示等。这种量主要是电量。
- (4) 输出输入有对应关系。

2. 传感器的分类

传感器大致可按其工作原理、被测量、制造材料及工艺等来分类。

- (1) 按被测参量分类:①机械量参量,如位移传感器、速度传感器等;②热工参量,如温

度传感器、压力传感器、流量传感器等；③生物性参量，如含氧量传感器、pH 值传感器等。

(2) 按传感器的工作机理分类。①物理传感器：指利用物质的物理现象和效应感知并检测出待测对象信息的器件，如电容传感器、电感传感器、光电传感器、压电传感器等。物理传感器开发早、发展快、品种多、应用广，目前正向集成化、系列化、智能化发展。②化学传感器：主要是利用化学反应来识别和检测信息的器件；如气敏传感器、湿敏和离子敏传感器。这类传感器在环境保护、火灾报警、医疗卫生和家用电器方面有着广泛的应用。③生物传感器：是利用生物化学反应的器件，由固定生物体材料和适当转换器件组合成的系统，与化学传感器有密切关系。如味觉、听觉传感器等。

(3) 按传感器制造材料分类，有半导体传感器、陶瓷传感器、复合材料传感器、金属材料传感器、高分子材料传感器、超导材料传感器、光纤材料传感器、纳米材料传感器等。

(4) 按照能量转换分类：按照能量转换又分为能量转换型传感器和能量控制型传感器。①能量转换型传感器主要由能量变换元件构成，不需外加电源，基于物理效应产生信息，如热敏电阻、光敏电阻等；②能量控制型传感器在信息变换过程中，需外加电源供给，如霍尔传感器、电容传感器。

(5) 按传感器输出信号分类，有模拟传感器和数字传感器。目前模拟传感器种类远远超过数字传感器。数字传感器直接输出数字量，不需使用 A/D 转换器，就可连入计算机测量系统，提高系统可靠性和精确度，具有抗干扰能力强、适宜远距离传输等优点，是传感器的发展方向之一。这类传感器如光电编码器、光栅传感器、振弦式传感器等经典传感器。另外，大多数的智能传感器也都能够直接输出数字量。

另外，也可以按照传感器与测量目标的距离将传感器划分为：直接感知、触及、接近、远离、遥远感知等类型。按照感知机理划分有：雷达、声呐、声音、图像、光谱等传感器类型。

无论按照何种形式划分，传感器都具有各自的信息获取范围、本身的工作模式和输出形式。

3. 传感器的应用及作用

目前，传感器技术大量应用的领域包括：①工业自动化；②汽车；③家用电器；④机器人；⑤医疗及人体医学；⑥航空及航天；⑦遥感技术；⑧环保等。随着计算机集成制造系统(CIMS)、智能化的各种工业生产线、汽车自动驾驶、宇宙或海洋探测器、地球资源管理与灾情监测系统、战场态势估计、数字化部队等应用系统的发展，均需要配置成千上万的传感器，用于检测和获取各种各样的数据和信息，以达到监测、运行、控制、决策的目的。

现代工业的一个重要标志是自动化，为了实现自动控制，需要由传感器采集各种参数和信息，然后通过电子电路对这些信息进行处理并按预先设定的条件给出控制信号，驱动执行器以实现控制。比如在机器人中就需要大量的传感器。例如：汽车行业是传感器的一个大市场，除目前的温度、压力、安全气囊加速计和轮速传感器外，还会在轮胎压力监控、车辆动态控制和陀螺仪/速度传感、制动压力传感、引擎射出压力传感和燃料气化压力传感诸多方

面大量应用。

电气化也是现代生活的重要标志,电视机、洗衣机、电冰箱、空调机等家用电器设备都需要各种传感器。通过传感器,可以获得需要的被测目标的信息,比如温度、湿度、速度、加速度等各种量,把这些量转换成电信号则有利于进行分析和处理。很多的场合(比如排爆及一些人难以靠近的地方)都离不开传感器。通过使用多种或多个传感器,还可以实现更复杂的功能。

在军事领域,传感器的应用更是显得异常重要。例如,采用多传感器的自主式武器系统和自备式运载器;采用单一武器平台,如舰艇、机载空中警戒、地面站、航天目标监测或分布式多传感器网络的广域监测系统;采用多个传感器进行截获、跟踪和指令制导的火控系统;各种智能化武器等。再如,在现代战争中智能化武器有重要作用,利用传感器和计算机的结合,可发展多种类型的智能型武器。

遥感主要应用于对地面的监测,以便识别和监测地貌、气象模式、矿产资源、植物生长、环境条件和威胁情况(如原油泄漏、辐射泄漏等),所使用的传感器如合成孔径雷达等。

近年来,传感器在生物医学和医疗器械工程方面也显现出广阔的前景。它将人体内各种生理信息转换成工程上容易测定的量,从而正确地显示出人体生理信息。表 1-1 列举了在不同应用中所需要的传感器种类。

表 1-1 传感器种类及其应用领域

应用领域	所需传感器种类
环境监测	温度、湿度、液位、流量、压力、pH 值、光强、磁性、震动、污染、气体、红外线
工业仪器仪表	温度、湿度、液位、流量、压力、放射线、气体、质量、形状、超声波、成分、转速、位移、震动、磁性
防盗防灾	气体、火焰、烟、温度、红外线、震动、超声波
农业水利	温度、湿度、气体、红外线、日照、pH 值、形状、质量、风向、风力、雨量、水位、流量
海洋气象	气压、雨量、盐分、潮位、波高、浊度、日照、磁性、光强、红外线
资源能源	电磁波、地震波、超声波、放射线
医疗卫生	放射线、温度、体重、心电图、电压、血流、光强、超声波、磁性

可见,传感器在科学研究、工业自动化、非电量电测仪表、医用仪器、家用电器、航空航天、军事技术等方面都起着极为重要的作用。

综上所述,人类生活的各个领域都离不开传感器和传感器技术,随着社会的发展,它的作用也会愈来愈大。

4. 半导体传感器及微电子机械系统的应用实例

1) 在工业生产控制系统中的应用

例如：用电控晶体管组成冲床保护电路。