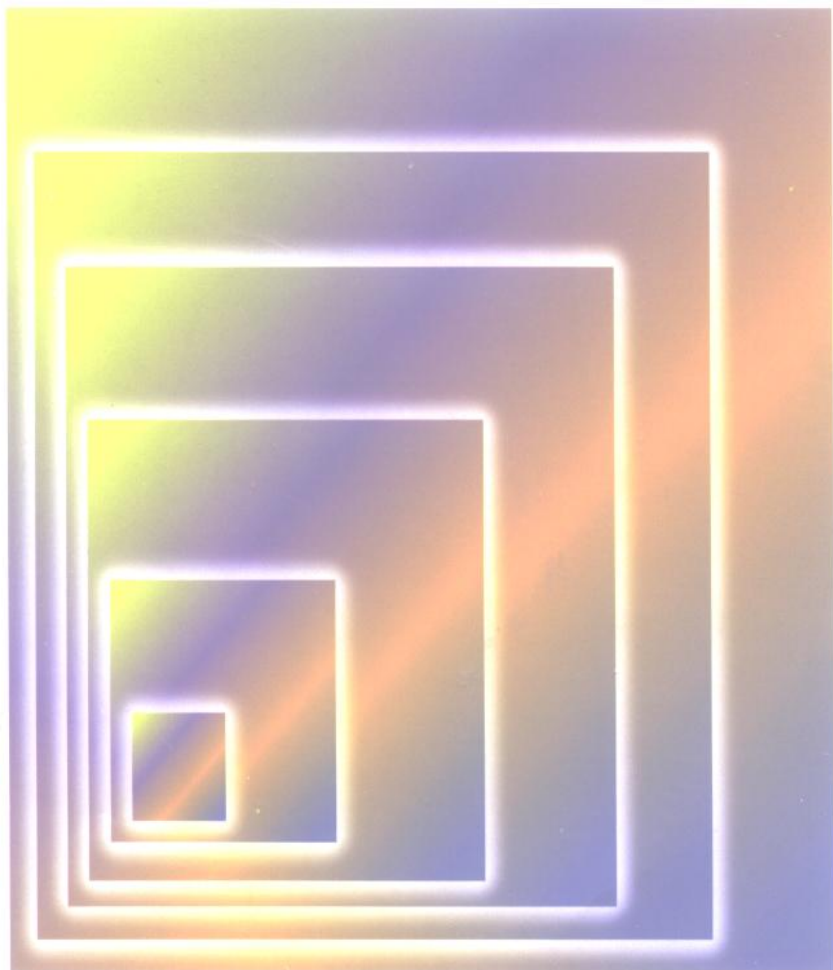


智能检测系统与数据融合

滕召胜 罗隆福 童调生 编著



机械工业出版社
China Machine Press

77552
T12

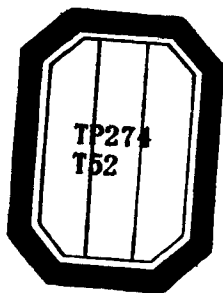
461015

智能检测系统与 数据融合

滕召胜 罗隆福 童调生 编著



00461015



机械工业出版社

0110 69

智能检测系统包括一切以计算机为信息处理核心的检测设备,包括测量、检验、故障诊断、信息处理和决策输出等多种内容。

本书分10章介绍了传感器、接口与总线、计算机系统、信号处理方法等现代智能检测系统各组成部分的工作原理。第10章理论结合实际地阐述了智能检测系统的设计方法,介绍了几个设计实例。

本书可作为高等院校测试计量技术及仪器、工业自动化等专业本科生和研究生的参考教材,也可供检测、控制和信息处理方面的科研与工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能检测系统与数据融合/滕召胜等编著. —北京:机械工业出版社, 1999.12

ISBN 7-111-07701-6

I. 智… II. 滕… III. ①自动检测系统, 智能②传感器, 多功能—数据处理 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 69585 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)
责任编辑: 张亚秋 版式设计: 张世琴 责任校对: 李汝庚
封面设计: 方 芬 责任印制: 路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·9.125 印张·235 千字

0 001 - 2 500 册

定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677 - 2527

前 言

现代传感技术、电子技术、计算机技术、自动控制技术、信息处理技术和新工艺、新材料的发展为智能检测系统的发展带来了前所未有的契机。在工业、国防、科研等许多应用领域,智能检测系统正发挥着越来越大的作用。检测设备就像神经和感官,源源不断地向人类提供宏观与微观世界的种种信息,成为人们认识自然、改造自然的有力工具。

现代的广义智能检测系统应包括一切以计算机(单片机、PC机、工控机、系统机)为信息处理核心的检测设备。因此,智能检测系统包括了信息获取、信息传送、信息处理和信息输出等多个硬、软件环节。从某种程度上来说,智能检测系统表现了一个国家的科技和工艺水平。

本书介绍了传感器、接口与总线、计算机系统、信号处理方法等现代智能检测系统各组成部分的工作原理,理论结合实际地阐述了系统的设计方法。

全书共分10章:第1章简要介绍了智能检测系统的发展历史、基本组成和设计原则;第2章介绍了传感器的基本知识、检测信号的数据处理与非线性补偿方法;第3章简要介绍了用于智能检测系统的PC机的组成与选型原则,重点介绍智能检测系统的分机电路设计方法、A/D转换技术和通信接口设计方法;第4章介绍了目前国际较为流行的几种标准接口与总线;第5章简要介绍了虚拟检测技术与实时多任务处理方法;第6章介绍了智能检测系统的硬、软件抗干扰方法;第7章介绍了基于图像处理的智能检测技术;第8章介绍了数据融合的原理、功能与应用;第

9 章介绍了数据融合的几种方法；第 10 章介绍了几种智能检测系统的设计实例和海上目标识别多传感器数据融合专家系统，提出了智能检测系统的发展方向。

本书第 7 章由罗隆福、童调生编写，其余各章节由滕召胜编写。童调生为本书的布局提出了许多指导意见。全书由滕召胜统稿。

本书的出版还得到了国防科技大学电子工程学院郁文贤教授、湖南大学电气与信息工程学院章兢教授等人的帮助指导；本书参阅和引用了参考文献作者的研究成果。作者在此一并致谢！

智能检测系统和数据融合技术涉及众多学科，而且正日新月异地发展。作者学识有限，书中不妥之处，请读者批评指导。

编著者

1999 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 绪 论	1
1.1 智能检测系统的发展、作用及特点	1
1.2 智能检测系统的基本结构	3
1.2.1 智能检测系统的结构框图与设计原则	3
1.2.2 分机间的联接	6
1.2.3 标准接口系统	7
1.3 智能检测系统的分类	8
第 2 章 智能检测系统的信号获取与处理	9
2.1 智能检测系统的传感器	9
2.1.1 概述	9
2.1.2 传感器的工作机理	10
2.1.3 传感器的构成	10
2.1.4 传感器的分类与要求	12
2.1.5 传感器的作用	14
2.1.6 传感器的发展方向	15
2.2 智能检测系统的信号处理	17
2.2.1 检测信号的随机性	18
2.2.2 检测系统的误差来源	20
2.2.3 测量结果的表示方法	20
2.2.4 智能检测系统的疏失误差处理	26
2.2.5 智能检测系统中的插值处理	30

2.2.6 检测结果的精度讨论	33
2.3 非线性特性的补偿方法	35
2.3.1 开环式非线性补偿法	35
2.3.2 闭环式非线性补偿法	38
2.3.3 差动补偿法	40
2.3.4 分段校正法	41
第3章 智能检测系统的硬件设计	45
3.1 PC 机的组成与选型	45
3.1.1 PC 机系统组成	45
3.1.2 PC 机的硬件设备	47
3.1.3 智能检测系统的 PC 机选型	50
3.2 智能检测系统的单片机	51
3.2.1 单片机的特点及在智能检测系统中的应用	51
3.2.2 单片机系统的设计原则	53
3.2.3 单片机的连接	54
3.3 分机的硬件电路设计	55
3.3.1 MCS-51 单片机的内部结构	56
3.3.2 MCS-51 单片机系统的扩展	58
3.3.3 分机系统的开发	66
3.4 模/数转换 (ADC)	67
3.4.1 A/D 转换原理	67
3.4.2 时间间隔—数字转换	67
3.4.3 频率—数字转换	68
3.4.4 电压—数字转换	69
3.4.5 A/D 转换器与计算机接口的一般规律	79
3.4.6 A/D 转换器的主要技术指标	80
第4章 标准接口系统与总线	82
4.1 IEC—625 接口	82

4.1.1 IEC 接口系统概述	82
4.1.2 IEC 总线的结构	83
4.1.3 IEC 系统的功能结构	92
4.2 CAMAC 系统简介	93
4.3 HP—IL 接口系统简介	96
4.4 CAN 总线系统	99
4.4.1 CAN 总线系统概述	99
4.4.2 CAN 总线的特点	100
4.4.3 CAN 总线系统时钟和位时间的选定	100
4.4.4 CAN 总线系统的最大允许位时间	102
4.4.5 CAN 中断服务程序编制	103
4.4.6 CAN 总线系统的报文拼接	105
4.5 I ² C 总线	106
4.5.1 I ² C 总线概述	106
4.5.2 I ² C 总线的结构	106
4.5.3 I ² C 总线的数据传输	108
4.5.4 数据传输中的器件同步与竞争	110
4.5.5 数据传输的寻址	113
4.5.6 I ² C 总线器件的输入/输出电气特性	115
4.6 VXI 总线系统	116
4.6.1 VXI 总线的特点	116
4.6.2 VXI 系统的组成	117
4.6.3 VXI 系统的总线结构	118
4.6.4 VXI 总线器件与通信	119
4.7 RS-232C 接口	119
4.7.1 概述	119
4.7.2 RS-232C 串行通信数据格式	121
4.7.3 单片机与 PC 机之间的 RS-232C 串行通信接口	121
4.7.4 自带电源的集成 RS-232C 接口电路	122

4.8	PC 机与多台单片机间的通信	122
4.9	IBM-PC 总线微机与单片机的数据传输	124
4.9.1	IBM-PC 总线与单片机的结构特点	125
4.9.2	PC 总线与单片机间的数据传递	126
第 5 章	虚拟检测技术与实时多任务处理	135
5.1	虚拟仪器技术及其应用	135
5.1.1	虚拟检测技术概述	135
5.1.2	虚拟检测系统的构成	137
5.1.3	虚拟检测系统的软件开发平台	139
5.2	智能测试系统的实时多任务处理	141
5.2.1	实时多任务处理问题的提出	141
5.2.2	实时多任务处理的基本要求	142
5.2.3	实时多任务处理方法	143
第 6 章	智能检测系统的抗干扰设计	150
6.1	干扰因素	150
6.2	智能检测系统的接地	152
6.2.1	智能检测系统的接地方法	153
6.2.2	智能检测系统的接地施工	158
6.3	智能检测系统的抗干扰方法	162
6.3.1	隔离与耦合	162
6.3.2	布线抗干扰设计	163
6.3.3	软件抗干扰设计	165
第 7 章	基于数字图像处理的智能检测技术	168
7.1	数字图像处理概述	168
7.2	图像的平滑和滤波	170
7.2.1	邻区平均	170

7.2.2	空间域低通滤波	171
7.2.3	频率域低通滤波	172
7.2.4	中值滤波法	173
7.2.5	修正的邻域平均法	174
7.3	图像采集处理系统	176
7.3.1	数字图像处理系统简介	176
7.3.2	系统工作原理	179
7.4	图像的分割	180
7.4.1	模糊 C-means 方法 (FCM) 及其应用	181
7.4.2	类中心及多级定域分割方法	188
7.5	图像的特征选择与提取	190
7.5.1	基本概念	190
7.5.2	应用举例——回转窑内基本特征选择和提取	191
7.6	检测结论的智能推断方法	196
7.6.1	温度估测的神经网络实现	196
7.6.2	用专家系统获得检测结论	200
第 8 章	数据融合的原理与应用	201
8.1	数据融合的原理	201
8.1.1	数据融合技术的起源与基本原理	201
8.1.2	数据融合的目的	202
8.1.3	数据融合的定义	203
8.1.4	数据融合的过程问题	204
8.1.5	数据融合的时间性与空间性	205
8.2	数据融合的结构	206
8.2.1	数据融合的结构形式	206
8.2.2	数据融合的功能模型	208
8.2.3	数据融合系统的分类	208
8.2.4	数据融合的层次	209

8.3 数据融合系统	211
8.3.1 数据融合系统的构成	211
8.3.2 数据融合的关键技术	214
8.3.3 数据融合存在的问题	215
8.4 数据融合系统的应用	217
第9章 数据融合的方法	219
9.1 数据融合方法简介	219
9.2 基于参数估计的多传感器数据融合	220
9.2.1 Bayes 公式描述	220
9.2.2 基于 Bayes 参数估计数据融合的数学模型	221
9.2.3 数据融合值计算	223
9.3 智能检测系统的自适应加权数据融合	225
9.3.1 权的概念与权数的确定	226
9.3.2 智能检测系统的自适应加权融合算法	227
9.4 多传感器数据融合的 D—S 证据推理方法	228
9.4.1 D—S 方法的推理结构	228
9.4.2 D—S 证据推理原理	229
9.4.3 D—S 证据推理的应用	230
9.5 基于认识模型的多传感器数据融合方法	231
9.5.1 基于模糊集合理论的数据融合方法	231
9.5.2 基于逻辑模板法的数据融合方法	233
9.6 基于算术平均值与递推估计的数据融合方法	234
9.7 智能数据融合	236
9.7.1 AI 技术在多传感器数据融合中的作用	237
9.7.2 专家系统在多传感器数据融合中的应用	238
9.8 数据融合在智能检测系统中的应用展望	240

第 10 章 智能检测系统设计实例与展望	241
10.1 基于数据融合的 620 产品热处理炉温度测量控制系统	241
10.1.1 热处理炉温度测量系统的构成	242
10.1.2 基于多传感器算术平均值与分批估计的数据融合方法	242
10.1.3 温度测量数据融合实验	244
10.1.4 Fuzzy + PID 温度控制方法	245
10.2 仓储综合测试专家系统	247
10.2.1 系统功能与总体结构	247
10.2.2 检测原理	249
10.2.3 插杆式传感器	254
10.2.4 水分检测中的数据融合	255
10.2.5 软件构成	256
10.2.6 推理机	257
10.2.7 知识库	258
10.2.8 仓储综合测试专家系统中的多传感器管理	259
10.3 海上目标识别多传感器数据融合系统	264
10.3.1 系统的构成	264
10.3.2 系统定义	266
10.3.3 证据理论在海上目标识别中的应用	268
10.3.4 模糊推理在海上目标类型识别中的应用	270
10.4 智能检测系统发展展望	274
10.4.1 智能检测系统的高可靠性	274
10.4.2 智能检测系统的高智能化	275
10.4.3 智能检测系统的通用化与标准化	276
参考文献	277

第 1 章 绪 论

1.1 智能检测系统的发展、作用及特点

检测是人类认识物质世界、改造物质世界的重要手段。远古时代，人类就知道用自身的指幅、臂长为标准确定其他物体的长度，后来又发明了观察时间的“日晷”和测定方向的指南针。检测技术的发展标志着人类的进步和人类社会的繁荣。在现代工业、农业、国防、交通、医疗、科研等各行业，检测技术的作用越来越大，检测设备就像神经和感官，源源不断地向人们传输各种有用的信息。

检测的智能化归功于计算机技术的发展。1946 年，美国宾夕法尼亚大学在美籍匈牙利数学家冯·纽曼的设计思想指导下研制出世界上第一台电子计算机，为现代智能检测系统的发展提供了有效的手段。1971 年，美国 Intel 公司研究出 4004 型 4 位微处理芯片，使传统的检测仪器采用计算机进行数据分析处理成为现实。微电子技术，特别是微计算机技术的迅猛发展，使检测仪器在测量过程自动化、测量结果的智能化处理和仪器功能仿人化等方面都有了巨大的进展。从广义上说，智能检测系统（Intelligent Measuring System）包括以单片机为核心的智能仪器、以 PC 机为核心的自动测试系统和目前发展势头迅猛的专家系统。

所谓智能检测，应当包含测量、检验、故障诊断、信息处理和决策输出等多种内容，具有比传统的“测量”远远丰富的范畴，是检测设备模仿人类专家信息综合处理能力的结晶。

智能检测系统充分开发利用计算机资源，在人工最少参与的条件下尽量以软件实现系统功能。因此，智能检测系统具有以下特点：

(1) 测量过程软件控制

智能检测系统可实现自稳零放大、自动极性判断、自动量程切换、自动报警、过载保护、非线性补偿、多功能测试和自动巡回检测。由于有了计算机，上述过程可采用软件控制。测量过程的软件控制可以简化系统的硬件结构，缩小体积，降低功耗，提高检测系统的可靠性和自动化程度。

(2) 智能化数据处理

智能化数据处理是智能检测系统最突出的特点。计算机可以方便、快捷地实现各种算法。因此，智能检测系统可用软件对测量结果进行及时、在线处理，提高测量精度。另一方面，智能检测系统可以对测量结果进行再加工，获得并提供更多更可靠的高质量信息。

智能检测系统中的计算机可以方便地用软件实现线性化处理、算术平均值处理、数据融合计算、快速傅立叶变换（FFT）、相关分析等各种信息处理功能。

(3) 高度的灵活性

智能检测系统以软件为工作核心，生产、修改、复制都较容易，功能和性能指标更改方便。而传统的硬件检测系统，生产工艺复杂，参数分散性较大，每次更改都牵涉到元器件和仪器结构的改变。

(4) 实现多参数检测与信息融合

智能检测系统配备多个测量通道，可以由计算机对多路测量通道进行高速扫描采样。因此，智能检测系统可以对多种测量参数进行检测。在进行多参数检测的基础上，依据各路信息的相关特性，可以实现智能检测系统的多传感器信息融合，从而提高检测系统的准确性、可靠性和容错性。

(5) 测量速度快

高速测量是智能检测系统追求的目标之一。所谓检测速度，是指从测量开始，经过信号放大、整流滤波、非线性补偿、A/D转换、数据处理和结果输出的全过程所需的时间。目前，高速

A/D 转换的采样速度在 200MHz 以上, 32 位 PC 机的时钟频率也在 500MHz 以上。随着电子技术的迅猛发展, 高速显示、高速打印、高速绘图设备也日臻完善。这些都为智能检测系统的快速检测提供了条件。

(6) 智能化功能强

以计算机为信息处理核心的智能检测系统具有较强的智能功能, 可以满足各类用户的需要。典型的智能功能有:

1) 测量选择功能 智能检测系统能够实现量程转换、信号通道和采样方式的自动选择, 使系统具有对被测对象的最优化跟踪检测能力。

2) 故障诊断功能 智能检测系统结构复杂, 功能较多, 系统本身的故障诊断尤为重要。系统可以根据检测通道的特性和计算机本身的自诊断能力, 检查各单元故障, 显示故障部位、故障原因和应采取的故障排除方法。

3) 其他智能功能 智能检测系统还可以具备人机对话、自校准、打印、绘图、通信、专家知识查询和控制输出等智能功能。

1.2 智能检测系统的基本结构

1.2.1 智能检测系统的结构框图与设计原则

智能检测系统和所有的计算机系统一样, 由硬件、软件两大部分组成。

智能检测系统的硬件基本结构如图 1-1 所示。图中不同种类的被测信号由各种传感器转换成相应的电信号, 这是任何检测系统都必不可少的环节。传感器输出的电信号经调节放大(包括交直流放大、整流滤波和线性化处理)后, 变成 0~5V 直流电压信号, 经 A/D 转换后送单片机进行初步数据处理。单片机通过通信电路将数据传输到主机, 实现检测系统的数据分析和测量结果的存储、显示、打印、绘图、以及与其他计算机系统的联网通信。

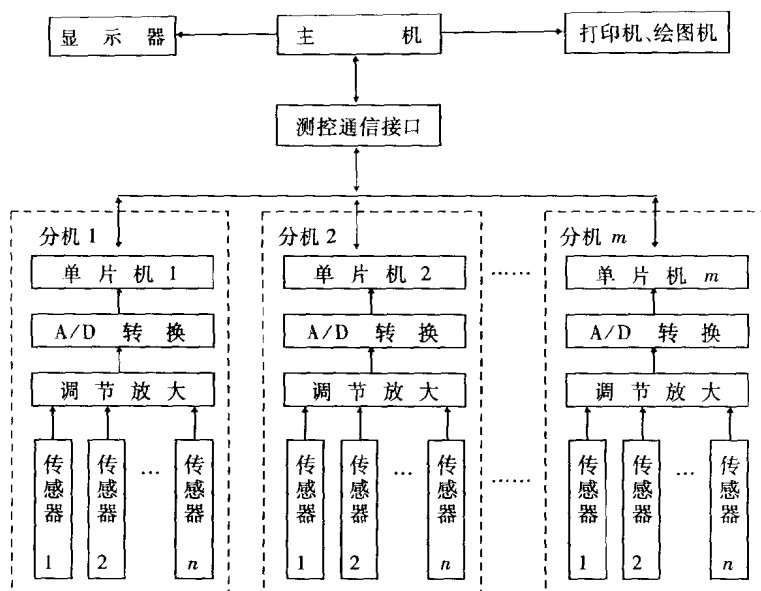


图 1-1 智能检测系统硬件构成框图

对于直流输出的传感器信号，则不需要交流放大和整流滤波等环节。

典型的智能检测系统由主机（PC 机、工控机）、分机（以单片机为核心、带有标准接口的仪器）和相应的软件组成。分机根据主机命令，实现传感器测量采样、初级数据处理以及数据传送。主机负责系统的工作协调，输出对分机的命令，对分机传送的测量数据进行分析处理，输出智能检测系统的测量、控制和故障检测结果，供显示、打印、绘图和通信。

1.2.1.1 硬件设计原则

智能检测系统的硬件包括主机硬件、分机硬件（包括传感器）和接口系统三大部分。硬件组成决定一个系统的主要技术与经济指标。智能检测系统的硬件系统设计应遵循下列原则：

（1）简化电路设计

以最简单的电路实现最完善的功能始终是电路设计者应当遵循的设计原则。硬件电路越简单，可靠性越高，功耗越低。

(2) 低功耗设计

低功耗设计对于降低系统的功耗与干扰有积极意义。

(3) 通用化、标准化设计

一个智能检测系统，可能包括多种测量参数，设计中采用通用化、标准化硬件电路，有利于系统的商品化生产和现场安装、调试、维护；也有利于降低系统的生产成本，缩短加工周期。

(4) 可扩展性设计

智能检测系统是大型关键设备，因此，设计组建时要结合系统使用部门的发展，充分考虑系统的可扩展性，为系统的升级和扩展奠定基础。

(5) 采用通用化接口

智能检测系统的设计者应当根据用户单位的其他设备情况和发展意向，选用通用化的接口与总线系统，以方便用户。

为降低成本，减少体积，功能较为简单的智能检测系统也可只采用一个 A/D 转换和一台计算机（或单片机）。各路检测信号可以通过多路切换电子开关共用一个 A/D 转换器。多路切换电子开关相当于一个单刀多掷开关，能够将多路信号按预定时序分时接通。

1.2.1.2 软件设计原则

智能检测系统的软件包括应用软件和系统软件。应用软件与被测对象直接有关，贯穿整个测试过程，由智能检测系统研究人员根据系统的功能和技术要求编写，它包括测试程序、控制程序、数据处理程序、系统界面生成程序等。系统软件是计算机实现其运行的软件，如 DOS6.0、WINDOWS95、WINDOWS98 等。

智能检测系统的软件设计应遵循下列设计原则：

(1) 优化界面设计，方便用户使用

界面是智能检测系统的“造型”，是系统显示功能信息的主要表现。美观、大方且使用方便的界面反映了系统设计者的技术水平和审美观。

(2) 使用编制、修改、调试、运行和升级方便的应用软件