

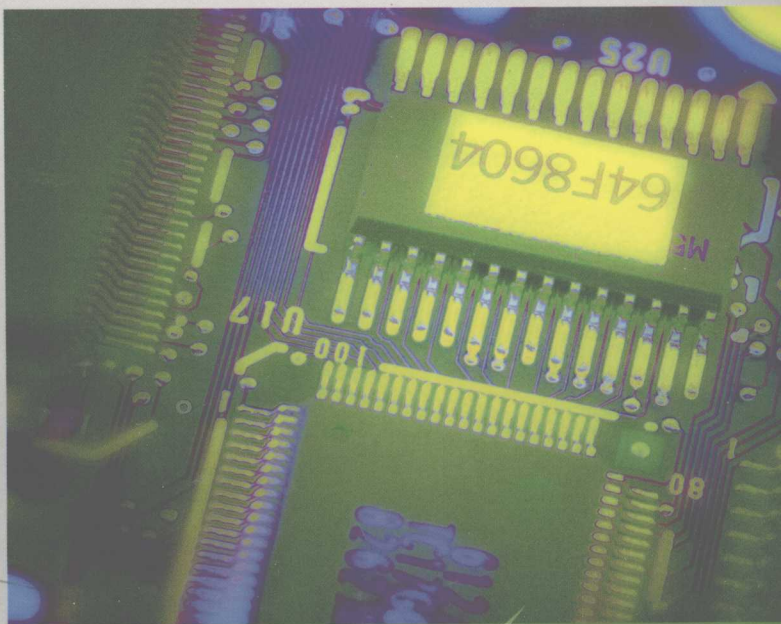


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

凌志浩 主编 吴勤勤 主审

智能仪表 原理与设计技术

(第二版)



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

TP216/36=2

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

智能仪表原理与 设计技术

(第二版)

凌志浩 主编
吴勤勤 主审



华东理工大学出版社

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

智能仪表原理与设计技术/凌志浩主编. —2 版. —上海:
华东理工大学出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-5628-2237-0

I. 智... II. 凌... III. 智能仪器-高等学校-教材
IV. TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 050835 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

智能仪表原理与设计技术(第二版)

主 编 / 凌志浩

主 审 / 吴勤勤

责任编辑 / 徐惠娟

责任校对 / 张 波 徐 群

封面设计 / 王晓迪

出版发行 / 华东理工大学出版社

地 址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电 话: (021)64250306(营销部)

传 真: (021)64252707

网 址: www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 丹阳市教育印刷厂

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 24.5

字 数 / 595 千字

版 次 / 2003 年 9 月第 1 版 2008 年 7 月第 2 版

印 次 / 2008 年 7 月第 1 次

印 数 / 9131 - 13180 册

书 号 / ISBN 978-7-5628-2237-0/TP·156

定 价 / 42.00 元

(本书如有印装质量问题, 请到出版社营销部调换。)

第二版前言

本书第一版于2003年出版,使我们感到欣慰的是本书受到了不少大专院校的欢迎,被选为教材,也受到了业内许多工程技术人员的厚爱。2006年教育部将《智能仪表原理与设计技术》(第二版)列入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

这次再版,我们在保持第一版原有内容、特色和风格的基础上,紧密结合现代科技发展和业内热点,力求将一些最新技术和实用技术融入第二版教材之中,并把握教材内容的新颖性和学以致用实用性。内容包括智能仪表的基本构成和设计思想,嵌入式系统、新颖A/D和D/A转换器、液晶驱动芯片、点阵显示装置、传统串行接口和USB接口、现场总线、虚拟仪表、电力线通信技术、蓝牙技术和短程无线通信技术ZigBee等对智能仪表的支持,智能仪表的硬件电路设计和软件设计等,力求在前版教材风格的基础上,既能详细阐述智能仪表的工作原理和设计技术,又能体现出对智能仪表设计和实现提供的最新技术支持。

本书修订工作由凌志浩负责,吴勤勤主审。参加本书修订的有凌志浩(第1,2,3章),王慧锋(第4,9章),王华忠(第5,10章),叶西宁(第6,7,8章)。参加前版教材编写工作的还有马欣、姜捷、张文超。

在本书修订过程中,得到了吴勤勤教授的鼓励、支持和指导,得到了华东理工大学教材建设与评审委员会的资助,在此一并表示诚挚的感谢!

本书可作为大专院校测控技术与仪器、自动化、电子信息工程、机电一体化和计算机应用等专业的教材,也可供从事智能仪表设计、制造、使用的工程技术人员参考。

由于编者的水平和教学经验所限,错误和不妥之处在所难免,恳请前辈、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2008年4月于上海,华东理工大学

第一版前言

微电子技术和通信技术的发展极大地促进了智能仪表的变革,现场总线的问世和虚拟仪表的推出给智能仪表带来了新的生机,单片机技术和嵌入式系统的应用为智能仪表的设计提供了灵活的实施手段,蓝牙技术又为智能仪表的通信提供了新的方式,所有这一切新技术都为智能仪表注入了新的活力。

近年来,各仪表研究所、高等院校、仪表制造商均在开发带有单片机或嵌入式系统的智能化、网络化的智能仪器仪表,并将其应用于生产过程自动测控系统中。为了掌握智能仪表的原理和设计技术,研究性价比高的新型智能仪表,工科学生和广大从事仪器仪表研制、制造的工程技术人员迫切需要一本能反映现代先进技术、结合业内热点的教材或参考书。为此,吴勤勤教授、季建华副教授曾编写出版过智能仪表方面的教材。本书紧密结合现代科技发展和业内热点,在充分吸取原有教材精华的基础上,删除了一些陈旧的内容,充实了嵌入式系统、新颖 A/D 和 D/A 转换器、点阵显示装置、现场总线、虚拟仪表、蓝牙技术、电力线通信技术等智能仪表的新概念和新器件,力求在原有风格的基础上,既能详细阐述智能仪表的工作原理和设计技术,又能体现出对智能仪表设计和实现提供的最新技术支持。

本书共分 10 章。第 1 章扼要介绍智能仪表的基本功能和组成结构、支持智能仪表设计的技术以及智能仪表设计梗概。第 2 章介绍由单片机和嵌入式系统实现的智能仪表主机电路。第 3 章介绍智能仪表与现场信息的传输通道:包括模拟量、开关量等输入/输出通道以及所需用到的接口电路、调试软件和辅助电路。第 4 章介绍人机接口电路:包括智能仪表中的操作、显示、记录所需的接口电路和接口软件设计以及设备配置。第 5 章介绍智能仪表的通信原理和接口电路设计:包括 RS-232 异步通信、现场总线通信、基于工业 Ethernet 网的通信、蓝牙技术通信、电力线通信等。第 6 章介绍智能仪表的抗干扰措施。第 7 章介绍智能仪表的监控程序:包括智能仪表监控软件的设计方法以及各类程序设计实例。第 8 章介绍智能仪表的基本算法:包括测量算法中的滤波、校正、工程量变换等算法;控制算法中的 PID 算法、模糊控制算法、人工神经网络技术等。第 9 章介绍智能仪表设计实例:分别介绍利用单片机、嵌入式系统等设计的智能仪表实例,讨论硬件和软件的设计原理和实现手段。第 10 章简单介绍虚拟仪器的组成、开发平台以及虚拟仪器的开发应用技术。

本书在内容安排上,贯彻“软硬结合、面向应用”的方针,注重过程检测控制中的实际问题,选材具有代表性,强调基本技能训练和对实例的剖析和引导,真正体现出实用性和先进性。

本书由凌志浩主编,吴勤勤主审。王慧锋编写第4、第9章,王华忠编写第5、第10章,马欣编写第6章,姜捷编写第7、第8章,凌志浩编写第1章,张文超和凌志浩编写第2、第3章。全书由凌志浩统编定稿。本书的编写得到了吴勤勤教授的鼓励、支持和指导,得到了华东理工大学教材建设与评审委员会的资助,在此一并表示诚挚的感谢!

本书可作为大专院校测控技术与仪器、自动化、电子信息工程、机电一体化和计算机应用等专业的教材,也可供从事智能仪表设计、制造、使用的工程技术人员参考。

由于编者的水平和教学经验所限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2003年4月于上海,华东理工大学

目 录

1 概述	1
1.1 仪器仪表的技术发展	1
1.1.1 现代仪器仪表的分类	1
1.1.2 现代仪器仪表的发展趋势	2
1.1.3 现代仪器仪表发展的关键技术	3
1.2 智能仪表的功能和组成	5
1.2.1 智能仪表的主要功能	5
1.2.2 智能仪表的基本组成	6
1.3 智能仪表的设计思想和研制步骤	7
1.3.1 智能仪表的基本设计思想	7
1.3.2 智能仪表的设计研制步骤	8
1.4 智能仪表的开发工具	14
1.4.1 开发系统的功能	14
1.4.2 嵌入式系统的软件技术和开发工具平台	14
习题与思考题一	19
2 仪表主机电路设计	20
2.1 由 MCS—51 单片微机构成的主机电路	20
2.1.1 MCS—51/52 单片微型计算机	20
2.1.2 主机电路	34
2.2 带 ARM 核的处理器芯片	39
2.2.1 ARM 处理器概述	39
2.2.2 带 ARM 核的处理器芯片 S3C44B0X	40
习题与思考题二	42
3 过程输入/输出通道设计	44
3.1 模拟量输入通道	44
3.1.1 模拟输入通道的结构	44
3.1.2 A/D 转换芯片及其与单片机的接口	45
3.1.3 模拟量输入通道的其他器件	69
3.1.4 模拟量输入通道设计举例	74
3.2 模拟量输出通道	75

3.2.1	模拟量输出通道的结构	76
3.2.2	D/A 转换芯片及其与单片机的接口	76
3.2.3	模拟量输出通道设计实例	84
3.3	开关量输入/输出通道	86
3.3.1	开关量输入/输出通道的结构	86
3.3.2	开关量输入/输出通道设计举例	87
	习题与思考题三	88
4	人-机接口电路设计	90
4.1	显示器接口	90
4.1.1	LED 显示器	90
4.1.2	点阵式 LED 显示器	93
4.1.3	LCD 显示器	93
4.1.4	点阵式 LCD 显示器	96
4.1.5	液晶驱动芯片	102
4.2	键盘接口	107
4.2.1	键盘结构和类型	107
4.2.2	抖动与串键	108
4.2.3	非编码式键盘接口电路	108
4.2.4	编码式键盘接口电路	110
4.3	打印机接口	117
4.3.1	打印原理	118
4.3.2	GP—16 微型打印机接口	118
4.3.3	PP—40 彩色描绘器接口	121
	习题与思考题四	125
5	智能仪表通信原理与接口设计	126
5.1	引言	126
5.2	串行总线通信	127
5.2.1	RS—232C	127
5.2.2	RS—422 与 RS—485 串行接口标准	129
5.2.3	串行通信参数	130
5.2.4	串行通信工作模式及流量控制	131
5.2.5	基于单片机的智能仪表与 PC 机数据通信	132
5.2.6	应用实例	136
5.3	通用串行总线 USB	139
5.3.1	USB 的特点	139
5.3.2	USB 的物理接口和电气特性	140
5.3.3	USB 的系统的组成	141

5.3.4	USB 通信流	142
5.3.5	USB 的传输方式	143
5.3.6	USB 交换的包格式	144
5.3.7	USB 接口芯片	146
5.3.8	基于 USB2.0 的高速数据采集系统设计	147
5.4	现场总线技术及现场总线智能仪表	150
5.4.1	现场总线的体系结构与特点	150
5.4.2	几种有影响的现场总线	151
5.4.3	现场总线智能仪表	152
5.5	工业以太网及其通信程序设计	153
5.5.1	概述	153
5.5.2	以太网在 SCADA 系统中的应用	154
5.5.3	以太网控制装置的通信程序设计	155
5.5.4	Socket 基本技术介绍	155
5.5.5	基于 PC—104 嵌入式控制器的 SCADA 系统中以太网通信程序的设计	158
5.6	电力线载波通信技术及其在自动抄表系统中的应用	163
5.6.1	电力线载波通信概述	163
5.6.2	电力线载波通信原理与方法	164
5.6.3	常用电力线载波通信芯片	165
5.6.4	基于电力线载波通信的自动抄表系统结构和功能	166
5.6.5	基于 PL2000A 芯片的电力线载波通信系统设计	167
5.7	短程无线通信与蓝牙技术	177
5.7.1	短程无线通信技术概述	177
5.7.2	蓝牙通信技术	178
5.7.3	蓝牙芯片组及其实用连接技术	180
5.7.4	基于蓝牙技术的便携式数据采集装置	182
5.8	ZigBee 短程无线通信技术	186
5.8.1	ZigBee 协议标准	187
5.8.2	ZigBee 的特点和组网方式	191
5.8.3	ZigBee 的技术支持	192
5.8.4	ZigBee 技术在无线水表中的应用	193
	习题与思考题五	196
6	智能仪表的抗干扰技术	197
6.1	干扰分析	197
6.1.1	电磁干扰分析	197
6.1.2	干扰进入的渠道	200
6.2	智能仪表的硬件抗干扰技术	201



6.2.1 串模干扰的抑制	201
6.2.2 共模干扰的抑制	203
6.2.3 隔离技术	206
6.2.4 接地技术	213
6.2.5 屏蔽技术	216
6.2.6 电源抗干扰设计	217
6.3 软件抗干扰技术	219
6.3.1 干扰对智能仪表造成的后果	219
6.3.2 软件抗干扰的前提条件	220
6.3.3 冗余技术	220
6.3.4 软件陷阱技术	221
习题与思考题六	227
7 监控程序	229
7.1 软件设计方法	229
7.1.1 结构化设计和编程	229
7.1.2 软件功能测试	230
7.1.3 软件的运行、维护和改进	232
7.2 监控程序设计	232
7.2.1 概述	232
7.2.2 监控主程序	233
7.2.3 初始化管理	234
7.2.4 键盘管理	234
7.2.5 显示管理	238
7.2.6 中断管理	239
7.2.7 时钟管理	241
7.2.8 手-自动控制	242
7.2.9 自诊断处理	242
习题与思考题七	243
8 智能仪表的测量与控制算法	244
8.1 测量算法	244
8.1.1 克服随机误差的软件算法(数字滤波)	244
8.1.2 克服系统误差的软件算法	250
8.1.3 量程自动切换与工程量变换	260
8.2 控制算法	263
8.2.1 PID 控制算法	263
8.2.2 智能控制算法	273
8.3 多传感器信息融合技术	291

8.3.1	多传感器信息融合的基本概念	291
8.3.2	多传感器信息融合的基本原理	292
8.3.3	多传感器信息融合系统的模型及结构	293
8.3.4	多传感器信息融合的分类	296
8.3.5	多传感器信息融合的主要数学工具	297
8.3.6	多传感器信息融合的应用	298
习题与思考题八		300
9	智能仪表设计实例	301
9.1	设计准则	301
9.2	设计实例	303
9.2.1	温度程序控制仪	303
9.2.2	变频调速控制器	313
9.2.3	多通道 pH 控制器	316
9.2.4	水表智能抄表系统	319
9.2.5	以太网控制器	324
9.3	仪表调试	334
9.3.1	常见故障	334
9.3.2	调试方法	335
习题与思考题九		337
10	虚拟仪器技术及应用	339
10.1	引言	339
10.1.1	什么是虚拟仪器	339
10.1.2	虚拟仪器与传统仪器的比较	340
10.1.3	虚拟仪器的分类	341
10.1.4	虚拟仪器产品的国内外发展和应用状况	344
10.1.5	虚拟仪器系统与 SCADA 系统	344
10.1.6	虚拟仪器技术的发展前景与展望	345
10.2	虚拟仪器系统组成与硬件结构	345
10.2.1	虚拟仪器系统组成	345
10.2.2	虚拟仪器系统硬件构成	346
10.3	虚拟仪器软件体系结构	347
10.3.1	虚拟仪器软件架构的发展	347
10.3.2	虚拟仪器软件架构 VISA	348
10.3.3	虚拟仪器设备的互换性和互操作性	350
10.4	仪器驱动程序开发	354
10.4.1	VPP 仪器驱动程序模型	354
10.4.2	VISA 函数的应用	356

10.5 虚拟仪器软件开发平台	359
10.5.1 LabWindows/CVI 的组成、功能及特点	360
10.5.2 LabWindows/CVI 开发环境介绍	361
10.5.3 LabVIEW 简介	366
10.6 虚拟仪器系统的设计及应用实例	371
10.6.1 虚拟仪器系统的设计	371
10.6.2 虚拟仪器系统开发应用实例	372
习题与思考题十	377
参考文献	378



概述

伴随着 20 世纪 90 年代末计算机、网络和通信技术的发展,人类已进入了所谓的后 PC 时代。在这一阶段,人们开始考虑如何将各类仪器设备变得更加智能化、数字化、网络化,从而使改进后的仪器设备轻巧便利、易于控制或具有联网等某些特定的功能。为了实现人们在后 PC 时代对仪器设备提出的新要求,嵌入式技术(Embedded Technology)提供了一种灵活、高效和高性价比的解决方案,成为后 PC 时代 IT 领域发展的主力军。

微型计算机技术和嵌入式系统的迅速发展,确实引起了仪器仪表结构的根本性变革,即以单片机等嵌入式系统为主体,代替传统仪表的常规电子线路,成为新一代的具有某种智能的灵巧仪表。这类仪表的设计重点,已经从模拟和逻辑电路的设计转向专用的微机模板或微机功能部件、接口电路和输入/输出通道的设计,以及应用软件的开发。传统模拟式仪表的各种功能是由单元电路实现的,而在以单片机或嵌入式系统为主体的仪表中,则由软件完成众多的数据处理和控制任务。

在测量、控制仪表中引入微机,不仅能解决传统仪表不能解决或不易解决的问题,而且能简化电路,增加功能,提高精度和可靠性,降低售价以及加快新产品的开发速度。由于这类仪表已经实现人脑的一部分功能,例如四则运算、逻辑判断、命令识别等,有的还能够进行自校正、自诊断,并具有自适应、自学习的能力,因此人们习惯上称它们为智能仪表。但智能的水平高低不一,目前所见的大部分这类产品,智能化程度还不是很很高,有待进一步改进和完善。当然,随着科学技术的不断发展,这类仪表所具有的智能水平将会越来越高。

MCU(微控制器或单片机)、DSP(数字信号处理器)、嵌入式系统等问世的性能和性能的不断改善,大大加快了仪器仪表微机化和智能化的进程。它们具有体积小、功耗低、价格便宜等优点,另外用它们开发各类智能产品周期短、成本低,在计算机和仪表的一体化设计中有着更大的优势和潜力。事实上,嵌入式系统的应用数量上远远超过各种通用计算机,一台通用计算机的外部设备中就可能包含 5~10 个嵌入式微处理器,键盘、鼠标、软驱、硬盘、显示卡、显示器、Modem、网卡、声卡、打印机、扫描仪、数码相机、USB 集线器等均是由嵌入式处理器控制的。在制造工业、过程控制、通信、仪器、仪表、汽车、船舶、航空、航天、军事装备、消费类产品等方面均是嵌入式计算机的应用领域。

1.1 仪器仪表的技术发展

1.1.1 现代仪器仪表的分类

根据国际发展潮流和我国的现状,现代仪器仪表按其应用领域和自身技术特性大致可划分为 6 个大类。

(1) 工业自动化仪表与控制系统: 主要指工业, 特别是流程产业生产过程中应用的各种检测仪表、执行机构及自动控制系统装置。

(2) 科学仪器: 应用于科学研究、教学实验、计量测试、环境监测、质量和安全检查等各个方面的仪器仪表。

(3) 电子与电工测量仪器: 主要指低频、高频、超高频、微波等各个频段测试计量专用和通用的仪器仪表。

(4) 医疗仪器: 主要指用于生命科学研究和临床诊断治疗的仪器。

(5) 各类专用仪器: 各类专用仪器指农业、气象、水文、地质、海洋、核工业、航空、航天等各个领域应用的专用仪器。

(6) 传感器与仪器仪表元器件及材料。

现代仪器仪表虽然作了大致分类, 实际上仍存在着许多交叉, 而且都与嵌入式系统密切相关。

1.1.2 现代仪器仪表的发展趋势

近十多年来, 国际仪器仪表发展极为迅速, 其主要趋势是: 数字技术的出现把模拟仪器的精度、分辨率与测量速度提高了几个数量级, 为实现测试自动化打下了良好的基础; 计算机的引入, 使仪器的功能发生了质的变化, 从个别参量的测量转变成测量整个系统的特征参数, 从单纯的接收、显示转变为控制、分析、处理、计算与显示输出, 从用单个仪器进行测量转变成用测量系统进行测量; 计算机技术在仪器仪表中的进一步渗透, 使电子仪器在传统的时域与频域之外, 又出现了数据域测试; 仪器仪表与测量科学技术突破性进展又使仪器仪表智能化程度得到提高; DSP 芯片的大量问世, 使仪器仪表数字信号处理功能大大加强; 微型机的发展, 使仪器仪表具有更强的数据处理能力和图像处理功能; 现场总线技术的迅速发展, 提供了一种用于各种现场自动化设备与其控制系统的网络通信技术, 并使 Internet 和 Intranet 技术也进入控制领域。

现代仪器仪表产品将向着计算机化、网络化、智能化、多功能化的方向发展, 跨学科的综合设计、高精尖的制造技术使它能更高速、更灵敏、更可靠、更简捷地获取被分析、检测、控制对象的全方位信息。而更高层次的智能化应包括理解、推理、判断与分析等一系列功能, 是数值、逻辑与知识结合分析的结果, 智能化的标志是知识的表达与应用。嵌入式系统是未来真正实现光、机、电、算(计算机)一体化, 自动化的结构, 走向更名副其实的智能系统(带有自诊断、自控、自调、自行判断决策等高智能功能)的基本保证。

根据上述仪器仪表国际发展的趋势, 可以清楚地看出现代仪器仪表发展具有以下主要特点。

(1) 技术指标不断提高。仪器仪表在提高检测、控制技术指标上是永远的追求, 包括仪器仪表和测量控制的技术范围指标、测量精度指标、测量的灵敏度、可靠性、稳定性、产品的环境适应性等。

(2) 最先应用新的科学研究成果和高新技术。现代仪器仪表作为人类认识物质世界、改造物质世界的第一手工具, 是人类进行科学研究和工程技术开发的最基本工具。人类很早就懂得“工欲善其事, 必先利其器”的道理, 新的科学研究成果和发现(如信息论、控制论、系统工程理论), 微观和宏观世界研究成果及大量高新技术(如微弱信号提取技术, 计算机

软、硬件技术,网络技术,激光技术,超导技术,纳米技术等)均成为仪器仪表和测量控制科学技术发展的重要动力,现代仪器仪表不仅本身已成为高技术的新产品,而且利用新原理、新概念、新技术、新材料和新工艺等最新科学技术成果集成的装置和系统也已层出不穷。

(3) 单个装置微型化、智能化,可独立使用,嵌入式使用和联网使用。测量控制仪器仪表大量采用新的传感器、大规模和超大规模集成电路、计算机及专家系统等信息技术产品,不断向微型化、智能化发展,从目前出现的“芯片式仪器仪表”、“芯片实验室”等看,单个装置的微型化和智能化将是长期的发展趋势。从应用技术看,微型化和智能化装置的嵌入式连接和联网应用技术必将得到重视。

(4) 测控范围向有关工作方式立体化、全球化扩展,测量控制向系统化、网络化发展。随着测量控制仪器仪表所测控的既定区域不断向立体化、全球化甚至星球化发展,仪器仪表和测控装置已不再呈单个装置形式,它必然向测控装置系统化、网络化方向发展。

(5) 便携式、手持式乃至个性化仪器仪表的大量发展。随着生产的发展和人民生活水平的提高,人们对自己的生活质量和健康水平日益关注,检测与人们生活密切相关的各类商品、食品质量的仪器仪表,预防和治疗疾病的各种医疗仪器将是今后发展的一个重要趋势。科学仪器的现场、实时在线化,特别是家庭和个人使用的健康状况和疾病警示仪器仪表将有较大发展。

1.1.3 现代仪器仪表发展的关键技术

从现代仪器仪表科学技术的发展趋势和特点,可以列出如下一些反映仪器仪表发展的关键技术。

(1) 传感技术。传感技术不仅是仪器仪表实现检测的基础,它也是仪器仪表实现控制的基础。这不仅因为控制必须以检测输入的信息为基础,并且是由于控制达到的精度和状态必须感知,否则不明确控制效果的控制仍然是盲目的控制。

广义而言,传感技术必须感知三方面的信息,它们是客观世界的状态和信息,被测控系统的状态和信息,以及操作人员需了解的状态信息和操控指示。在这里应注意到客观世界无穷无尽,测控系统对客观世界的感知主要集中在与目标相关的客观环境(简称既定目标环境),既定目标环境之外的环境信息可通过其他方法采集。狭义而言,传感技术主要是对客观世界有用信息的检测,它包括有用的测量敏感技术:涉及各学科工作原理、遥感遥测、新材料等技术;信息融合技术:涉及传感器分布,微弱信号提取(增强),传感信息融合,成像等技术;传感器制造技术:涉及微加工、生物芯片、新工艺等技术。

(2) 系统集成技术。系统集成技术直接影响仪器仪表和测量控制科学技术的应用广度和水平,特别是对大工程、大系统、大型装置的自动化程度和效益有决定性影响,它是系统级层次上的信息融合控制技术,包括系统的需求分析和建模技术、物理层配置技术、系统各部分信息通信转换技术、应用层控制策略实施技术等。

(3) 智能控制技术。智能控制技术是人类以接近最佳方式,通过测控系统监控智能化工具、装备,系统达到既定目标的技术,是直接涉及测控系统的效益发挥的技术,是从信息技术向知识经济技术发展的关键。智能控制技术可以说是测控系统中最重要和最关键的软件资源,包括仿人的特征提取技术、目标自动辨识技术、知识的自学习技术、环境的自适应技术、最佳决策技术等。

(4) 人机界面技术。人机界面技术主要为方便操作人员操作仪器仪表或主设备、主系统而服务的。它使仪器仪表成为人类认识世界、改造世界的直接操作工具。仪器仪表,甚至配有仪器仪表的主设备、主系统的可操作性、可维护性主要由人机界面技术完成。仪器仪表具有一个美观、精致、操作简单、维护方便的人机界面,常成为人们选用仪器仪表及配有仪器仪表的主设备、主系统的一个重要条件。

人机友好界面技术包括显示技术、硬拷贝技术、人机对话技术、故障人工干预技术等。考虑到操作人员从单机单人向系统化、网络化情况下的许多不同岗位的操作人员群体发展,人机友好界面技术的研发正向人机大系统技术进行。此外,随着仪器仪表的系统化、网络化发展,识别特定操作人员,防止非操作人员介入的技术也日益受到重视。

(5) 可靠性技术。随着仪器仪表和测控系统应用领域的日益扩大,可靠性技术特别是在一些军事、航空航天、电力、核工业设施、大型工程和工业生产中起到提高战斗力和维护正常工作的重要作用。这些部门一旦出现故障,将导致灾难性的后果。因此装置的可靠性、安全性、可维护性,特别是包括受测控系统在内的整个系统的可靠性、安全性、可维护性显得特别重要。

仪器仪表和测控系统的可靠性技术,除了测控装置和测控系统自身的可靠性技术外,同时还要包括受测控装置和系统出现故障时的故障处理技术。测控装置和系统可靠性包括故障的自诊断、自隔离技术、故障自修复技术、容错技术、可靠性设计技术、可靠性制造技术等。

(6) 网络技术已成为测控技术满足实际需求的关键支撑。当今时代,以 Internet 为代表的计算机网络的迅速发展及相关技术的日益完善,突破了传统通信方式的时空限制和地域障碍,使更大范围内的通信变得十分容易,Internet 拥有的硬件和软件资源正在越来越多的领域中得到应用,如远程数据采集与控制、高档测量仪器设备资源的远程实时调用,远程设备故障诊断等。与此同时,高性能、高可靠性、低成本的网关、路由器、中继器及网络接口芯片等网络互联设备的不断进步,又方便了 Internet、不同类型测控网络、企业网络间的互联。利用现有 Internet 资源而不需建立专门的拓扑网络,使组建测控网络、企业内部网络以及他们与 Internet 的互联都十分方便,这就为测控网络的普遍建立和广泛应用铺平了道路。

计算机技术、传感器技术、网络技术与测量、测控技术的结合,使网络化、分布式测控系统的组建更为方便。以 Internet 为代表的计算机网络技术的迅猛发展及相关技术的不断完善,使得计算机网络的规模更大、应用更广。在国防、通信、航空、航天、气象、制造等领域,对大范围的网络化测控将提出更迫切的需求,网络技术也必将在测控领域得到广泛的应用;网络化仪器很快会发展并成熟起来,从而有力地带动和促进现代测量技术(即网络测量技术)的进步。把 TCP/IP 协议作为一种嵌入式的应用,嵌入现场智能仪器(主要是传感器)的 ROM 中,使信号的收/发都以 TCP/IP 方式进行。如此,测控系统在数据采集、信息发布、系统集成等方面都以企业内部网络 Intranet 为依托,将测控网和企业内部网与 Internet 互联,便于实现测控网和信息网的统一。在这样构成的测控网络中,传统仪器设备充当着网络中独立节点的角色,信息可跨越网络传输至所及的任何领域,使实时、动态(包括远程)的在线测控成为现实。将这样的测量技术与过去的测控、测试技术相比不难发现,如今的测控能节约大量现场布线、扩大测控系统所及地域范围。使系统扩充和维护都极大便利的原因,就是因为在这种现代测量任务的执行和完成过程中,网络发挥了不可替代的关键作用,即网络实实在在地介入了现代测量与测控的全过程。“网络就是仪器”的概念确切地概括了仪器的网

络化发展趋势。

1.2 智能仪表的功能和组成

1.2.1 智能仪表的主要功能

将单片机、DSP、嵌入式系统引入仪表中能解决的问题是多方面的,大体上可实现如下一些功能。

(1) 自动校正零点、满度和切换量程。自动校正功能大大降低了因仪表零点漂移和特性变化造成的误差,而量程的自动切换又给使用带来了方便,并可提高读数的分辨率。

(2) 多点快速检测。能对多个参数(模拟量或开关量信号)进行快速、实时检测,以便及时了解生产过程的瞬变工况。

(3) 自动修正各类测量误差。许多传感器的特性是非线性的,且受环境温度、压力等参数变化的影响,从而给仪表带来误差。在智能仪表中,只要掌握这些误差的变化规律,就可依靠软件进行修正。常见的有测温元件的非线性校正、热电偶冷端温度补偿、气体流量的温度压力补偿等。

(4) 数字滤波。通过对主要干扰信号特性的分析,采用适当的数字滤波算法,可抑制各种干扰(例如低频干扰、脉冲干扰等)的影响。

(5) 数据处理。能实现各种复杂运算,对测量数据进行整理和加工处理,例如统计分析、查找排序、标度变换、函数逼近和频谱分析等。

(6) 各种控制规律。能实现 PID 及各种复杂控制规律,例如可进行串级、前馈、解耦、非线性、纯滞后、自适应、模糊等控制,以满足不同控制系统的需求。

(7) 多种输出形式。输出形式有数字(或指针)显示、打印记录、声光报警,也可以输出多点模拟量或数字量(开关量)信号。

(8) 数据通信。能与其他仪表和计算机进行数据通信,以便构成不同规模的计算机测量控制系统。

(9) 自诊断。在运行过程中,可对仪表本身各组成部分进行一系列测试,一旦发现故障即能告警,并显示出故障部位,以便及时正确地处理。

(10) 掉电保护。仪表内装有后备电池和电源自动切换电路。掉电时,能自动将电池接向 RAM,使数据不致丢失。也可采用 Flash 存储器来替代 RAM,存储重要数据,以实现掉电保护的功能。

在一些不带微机的常规仪表中,通过增加器件和变换电路,亦能或多或少地具有上述的某些功能,但往往要付出较大的代价,性能上的少许提高,会使仪表的成本增加。而在智能仪表中,性能的提高、功能的扩大是比较容易实现的,低廉的微机芯片使这类仪表具有较高的性能价格比。

为对传统仪表更新换代,近年来国内各仪表研制和使用单位正致力于智能仪表的开发和应用研究工作。例如开发出能自动进行温压补偿的节流式流量计,能对测量元件、检测装置或执行机构进行快速测试和校核的各种校验设备,能对各种谱图进行分析和数据处理的色谱数据处理仪,能进行程序控温的多段温度控制仪,以及能实现 PID 和复杂控制规律的数