



普通高等教育仪器类“十三五”规划教材



# 智能仪器技术

付 华 王雨虹 刘伟玲 主 编  
徐耀松 阎 馨 卢万杰 副主编



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育仪器类“十三五”规划教材

# 智能仪器技术

主 编 付 华 王雨虹 刘伟玲

副主编 徐耀松 阎 馨 卢万杰



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书全面系统地介绍了以单片机为核心的智能仪器的基本组成、结构和设计方法。全书共分9章,包括智能仪器输入/输出通道、人机接口设计、通信接口设计、数据处理技术和抗干扰措施等。书中通过具体的设计实例介绍了智能仪器的设计原则、设计流程和实现方法,设计实例均为工程研发中的实际应用,充分体现了科学性、系统性、工程性和实用性。

本书可作为高等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技术等专业的本科生教材,也可作为从事测控技术、电子技术、计算机应用技术等专业的人员提供参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

智能仪器技术/付华,王雨虹,刘伟玲主编. —北京:电子工业出版社,2017.7

普通高等教育仪器类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-121-31592-3

I. ①智… II. ①付… ②王… ③刘… III. ①智能仪器—高等学校—教材 IV. ①TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 116823 号

策划编辑:赵玉山

责任编辑:刘真平

印 刷:三河市良远印务有限公司

装 订:三河市良远印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:16 字数:409.6 千字

版 次:2017 年 7 月第 1 版

印 次:2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:zhaoy@phei.com.cn。

# 普通高等教育仪器类“十三五”规划教材

## 编委会

主任：丁天怀（清华大学）

委员：陈祥光（北京理工大学）

王 祁（哈尔滨工业大学）

王建林（北京化工大学）

曾周末（天津大学）

余晓芬（合肥工业大学）

侯培国（燕山大学）

# 前 言

智能仪器是测控技术与仪器专业的主干课程之一，课程内容涉及大量的工程应用环节，具有很强的实践性。本书以工程教育为理念，以培养应用创新型工程人才为目标，注重学生动手能力、设计研发能力和解决实际问题能力的培养，循序渐进地介绍了相关的知识点，对相关的内容给出了工程应用实例或应用背景，这些实际案例多来源于熟悉的生活、学习和工作中，有助于学生接受和理解这些内容，让学生带着问题或兴趣进行知识的学习。书中采用二维码技术，对相关知识点进行扩充，可以通过扫描二维码，获取学习相关知识的更多参考资料，包括相关文字介绍、图片展示或动画演示，以帮助学生更好地理解教材内容，扩充专业视野。

全书共分9章。第1章介绍了智能仪器的发展概况、智能仪器的特点和智能仪器的组成及基本结构。第2章介绍了智能仪器的数据采集与处理技术，包括数据采集原理、数据采集系统的组成、仪用放大器、采样/保持器、多路转换器、A/D转换器及接口技术，介绍了数据采集通道误差的分配方法。第3章介绍了智能仪器输出通道的信号种类、模拟量输出及D/A转换、开关量输出的隔离和驱动等。第4章介绍智能仪器的人机交换技术，包括键盘、LED、LCD显示器、触摸屏、打印机、绘图仪和它们的接口。第5章介绍智能仪器的通信接口设计，包括GPIB、RS-232、RS-485、通用串行总线USB、无线传输等数据通信技术。第6章介绍智能仪器可靠性技术，包括自动校准、自检方法和抗干扰技术。第7章介绍智能仪器的数据处理方法，包括测量算法、量程的自动转换与标度变换算法。第8章介绍智能仪器设计的原则、指导思想、设计步骤，智能仪器的硬件设计、软件设计、调试方法。第9章对智能仪器的实例进行介绍。

本书第1章由付华、阎馨、卢万杰执笔；第2~4章由王雨虹执笔；第5、6、8、9章由刘伟玲执笔；第7章由徐耀松执笔。全书的写作思路由付华教授提出，全书由付华、王雨虹统稿。孙滨、李猛、董瑞、司南楠、于翔、王治国、郭天驰、程诚、刘雨竹等也参加了本书的编写工作。在此，向对本书的完成给予了热情帮助的同行们表示感谢。

由于作者的水平有限，加上时间仓促，书中的错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2017年2月

# 目 录

第 1 章 智能仪器概述	(1)
1.1 智能仪器的作用	(1)
1.2 智能仪器的发展过程	(3)
1.3 智能仪器的组成、特点及分类	(6)
1.3.1 智能仪器的组成	(6)
1.3.2 智能仪器的特点	(7)
1.3.3 智能仪器的分类	(9)
1.3.4 智能仪器的应用	(10)
习题	(12)
第 2 章 智能仪器的数据采集电路	(13)
2.1 数据采集系统的基本概念	(14)
2.1.1 数据采集系统的组成	(14)
2.1.2 数据采集系统的工作步骤	(14)
2.1.3 数据采集系统的结构	(15)
2.2 模拟信号调理电路	(17)
2.2.1 传感器	(17)
2.2.2 放大器	(19)
2.3 模拟开关	(31)
2.3.1 模拟开关的功能	(31)
2.3.2 模拟开关的性能指标	(32)
2.3.3 集成模拟多路转换开关	(32)
2.4 采样/保持器	(34)
2.4.1 采样/保持器的功能	(34)
2.4.2 采样/保持器的工作原理	(34)
2.4.3 采样/保持器的主要参数	(35)
2.4.4 采样/保持器的选择	(36)
2.5 A/D 转换器	(37)
2.5.1 A/D 转换器的分类	(37)
2.5.2 A/D 转换器的性能指标	(38)
2.5.3 A/D 转换器的选用	(39)
2.6 数据采集系统设计	(41)
2.6.1 数据采集系统的误差分析	(41)
2.6.2 数据采集系统的误差分配实例	(44)
习题	(47)

<b>第 3 章 智能仪器输出通道</b> .....	(48)
3.1 输出通道的信号种类 .....	(49)
3.1.1 模拟量输出信号 .....	(49)
3.1.2 开关量输出信号 .....	(49)
3.1.3 数字量输出信号 .....	(50)
3.2 模拟量输出及 D/A 转换 .....	(50)
3.2.1 模拟量输出通道的组成及结构形式 .....	(50)
3.2.2 D/A 转换器及接口 .....	(51)
3.2.3 D/A 转换器的应用 .....	(58)
3.3 开关量输出 .....	(60)
3.3.1 开关量输出隔离 .....	(61)
3.3.2 开关量输出驱动 .....	(64)
习题 .....	(68)
<b>第 4 章 智能仪器的人机接口</b> .....	(69)
4.1 键盘接口设计 .....	(69)
4.1.1 键盘处理步骤 .....	(70)
4.1.2 键盘常见问题处理 .....	(70)
4.1.3 键盘的组织形式及工作方式 .....	(71)
4.1.4 非编码式键盘接口 .....	(72)
4.1.5 编码式键盘接口 .....	(75)
4.2 显示器接口设计 .....	(79)
4.2.1 LED 显示器接口 .....	(79)
4.2.2 点阵式 LED 显示 .....	(83)
4.2.3 LCD 液晶显示 .....	(85)
4.2.4 触摸屏 .....	(86)
4.3 打印机与绘图仪接口 .....	(90)
4.3.1 打印机接口 .....	(90)
4.3.2 绘图仪接口 .....	(93)
习题 .....	(95)
<b>第 5 章 智能仪器通信接口</b> .....	(96)
5.1 内总线 .....	(97)
5.1.1 I <sup>2</sup> C 总线 .....	(97)
5.1.2 I <sup>2</sup> C 总线应用实例 .....	(101)
5.1.3 SPI 总线及应用 .....	(103)
5.2 GPIB 并行总线 .....	(108)
5.2.1 相关术语 .....	(109)
5.2.2 仪器功能及接口功能 .....	(110)
5.2.3 GPIB 接口系统结构 .....	(111)
5.2.4 GPIB 接口工作过程 .....	(112)
5.2.5 GPIB 接口设计举例 .....	(113)
5.3 串口通信接口 .....	(115)

5.3.1	RS-232 标准串行接口	(115)
5.3.2	RS-485 标准串行接口	(117)
5.3.3	USB	(118)
5.3.4	串口通信的设计实例	(123)
5.4	无线传输方式	(125)
5.4.1	蓝牙技术	(125)
5.4.2	GPRS	(128)
	习题	(130)
<b>第 6 章</b>	<b>智能仪器的可靠性技术</b>	<b>(131)</b>
6.1	可靠性的概念及影响因素	(132)
6.2	智能仪器的自校准	(133)
6.2.1	内部自校准	(133)
6.2.2	外部自校准	(136)
6.3	智能仪器的自检	(137)
6.3.1	自检方式	(137)
6.3.2	自检内容	(137)
6.3.3	自检软件	(142)
6.4	干扰和干扰源分析	(142)
6.4.1	干扰的来源	(143)
6.4.2	干扰的类型	(145)
6.4.3	干扰的耦合方式	(146)
6.4.4	抗干扰的基本措施	(148)
6.5	硬件抗干扰措施	(149)
6.5.1	屏蔽和隔离技术	(149)
6.5.2	接地技术	(154)
6.5.3	滤波技术	(160)
6.5.4	其他常用抗干扰技术	(160)
6.6	软件抗干扰措施	(162)
6.6.1	软件冗余技术	(164)
6.6.2	软件陷阱	(165)
6.6.3	看门狗技术	(166)
	习题	(167)
<b>第 7 章</b>	<b>智能仪器数据处理</b>	<b>(168)</b>
7.1	智能仪器的非数值处理算法	(168)
7.1.1	查找	(169)
7.1.2	排序	(169)
7.2	随机误差处理与数字滤波	(171)
7.2.1	限幅滤波	(171)
7.2.2	中位值滤波	(172)
7.2.3	算术平均滤波	(172)
7.2.4	递推平均滤波	(172)



7.2.5	加权递推平均滤波	(173)
7.2.6	一阶惯性滤波	(173)
7.2.7	复合滤波	(174)
7.3	系统误差的数据处理	(174)
7.3.1	系统误差模型	(175)
7.3.2	利用离散数据修正系统误差	(176)
7.3.3	系统误差的标准数据校正法	(180)
7.3.4	传感器的非线性校正	(181)
7.4	测量数据的标度变换	(183)
7.4.1	线性标度变换	(184)
7.4.2	公式转换法	(184)
7.4.3	多项式变换公式	(184)
7.5	自动量程切换	(185)
7.5.1	量程自动切换的设计原则	(185)
7.5.2	量程自动转换原理	(186)
	习题	(187)
<b>第8章</b>	<b>智能仪器设计与调试</b>	<b>(189)</b>
8.1	智能仪器设计方法	(190)
8.1.1	智能仪器设计的原则	(190)
8.1.2	智能仪器设计的一般步骤	(193)
8.2	智能仪器硬件设计	(195)
8.2.1	硬件体系结构的设计	(195)
8.2.2	器件的选择	(197)
8.3	智能仪器软件设计	(200)
8.3.1	软件设计方法	(200)
8.3.2	智能仪器的软件构成与设计	(203)
8.4	智能仪器的调试	(205)
8.4.1	智能仪器调试的方法	(205)
8.4.2	智能仪器硬件调试	(208)
8.4.3	智能仪器软件调试	(209)
8.4.4	动态在线调试	(210)
	习题	(212)
<b>第9章</b>	<b>智能仪器设计实例</b>	<b>(213)</b>
9.1	简单单回路温度控制仪设计	(213)
9.1.1	温度控制系统的总体设计	(213)
9.1.2	系统下位机软件设计	(219)
9.1.3	系统上位机软件设计	(221)
9.2	智能工频电参数测量仪设计	(223)
9.2.1	硬件设计	(224)
9.2.2	软件设计	(226)
9.3	脉搏血氧仪设计	(232)

9.3.1	脉搏血氧仪的设计原理 .....	(233)
9.3.2	硬件系统设计 .....	(233)
9.3.3	软件系统设计 .....	(237)
9.3.4	系统的抗干扰 .....	(241)
	习题 .....	(241)
	参考文献 .....	(242)

# 第1章

## 智能仪器概述

### 本章知识点:

- 智能仪器的概念
- 智能仪器的发展历史及趋势
- 智能仪器的组成
- 智能仪器的特点
- 智能仪器的分类
- 智能仪器的应用

### 基本要求:

- 了解智能仪器的定义及特点
- 掌握智能仪器的基本结构
- 了解智能仪器的分类

### 能力培养目标:

通过本章的学习,使学生初步了解什么是智能仪器,理解智能仪器的基本分类和基本机构,能够结合智能仪器的相关技术发展,总结出智能仪器的发展趋势。

生活在科学技术高速发展的现今社会,我们恐怕对“智能”这个名词并不陌生,如“智能手机”除了可以进行手机通话外,还具有游戏、导航和无线上网等功能;“智能手表”除了具有手表的基本功能外,还可以实现定位、监测睡眠、记录运动量等诸多功能;还有“智能家居”、“智能穿戴”、“智能汽车”……总之,“智能”的产品在我们的生活、工作、学习中“无处不在”。可你知道什么是“智能”吗?一个普普通通的仪器、设备又是怎么实现“智能”的?未来的智能产品又会是什么样子呢?本章对智能仪器的重要作用、发展过程,以及智能仪器的组成、分类、特点、发展方向做了简要概述。

## 1.1 智能仪器的作用

智能仪器是认识世界的工具,是人们用来对物质(自然界)实体及其属性进行观察、监视、测定、验证、记录、传输、变换、显示、分析处理与控制的各种器具与系统的总称。智能仪器的功能在于用物理、化学或生物的方法,获取被检测对象运动或变化的信息,并将获取信息转换处理成为易于人们阅读、识别、表达的量化形式,或进一步数字化、图像化,直接进入自动化、智能化控制系统。

智能仪器是集传感器技术、计算机技术、电子技术、现代光学、精密机械等多种高新技术于一身的产品，其用途也从传统仪器单纯数据采集发展为集数据采集、信号传输、信号处理及控制于一体的测控设备。发展国民经济，必须大力发展科学技术，而发展科学技术，除了需要进行理论上的研究外，还必须进行一系列的科学实验，仪器则是科学实验中不可缺少的重要工具。

智能仪器在当今社会具有极为重要的作用。

在工业生产中，智能仪器是“倍增器”。美国商务部国家标准局在 20 世纪末发布的调查数据表明，美国仪器产业的产值约占工业总产值的 4%，而它拉动的相关经济的产值却达到社会总产值的 66%，仪器发挥出“四两拨千斤”的巨大的“倍增”作用。事实上，现代化大生产，如发电、炼油、化工、冶金、飞机和汽车制造，离开了只占企业固定资产大约 10% 的各种测量与控制装置就不能正常安全生产，更难以创造巨额的产值和利润。专家们形象地把仪器比喻为国民经济中的“卡脖子”产业。

在科学研究中，智能仪器是“先行官”。科学仪器是发展高新技术所必需的基础手段和设备，离开了科学仪器，一切科学研究都无法进行。在重大科技攻关项目中，几乎一半的人力财力都是用于购置、研究和制作测量与控制的仪器设备。诺贝尔奖设立至今，众多获奖者都是借助于先进仪器的诞生才获得重要的科学发现；甚至许多科学家直接因为发明科学仪器而获奖。统计资料显示，近 80 年来获诺贝尔奖同科学仪器有关的达 38 人。1992 年诺贝尔化学奖获得者 R.R.Ernst 说：“现代科学的进步越来越依靠尖端仪器的发展。”基因测量仪器的问世，使世界基因研究计划提前 6 年完成就是最好的证明。要加快科学研究和高技术的发展，智能仪器必须先行。

在军事上，智能仪器是“战斗力”。现代战争中，夺取技术优势已经成为军事战略的根本目标。主要目标是全球监视与通信和精确打击固定及瞬变目标。智能仪器的测量控制精度决定了武器系统的打击精度，智能仪器的测试速度、诊断能力则决定了武器的反应能力。先进的、智能化的仪器已成为精确打击武器装备的重要组成部分。1991 年海湾战争中美国使用的精密制导炸弹和导弹只占 8%，12 年后的伊拉克战争中，美国使用的精密制导炸弹和导弹达到了 90% 以上，这些先进武器都是靠一系列先进的测量与控制仪器系统装备并实现其控制功能的。1994 年美国国防部成立了“自动测试系统执行局”，以统一海陆空三军的测试技术、产品与标准，保证立体作战方式的有效实施。现代武器装备，几乎无一不配备相关的智能仪器。

智能仪器还是当今社会的“物化法官”。在检查产品质量、监测环境污染、检查违禁药物服用、识别指纹假钞、侦破刑事案件等方面，无一不依靠仪器进行“判断”。此外，智能仪器在教学实验、气象预报、大地测绘、交通指挥、煤矿安全、探测灾情，尤其是越来越受人们关注的诊治疾病等社会生活诸多领域都有着广泛应用，可以说智能仪器遍及“吃穿用、农轻重、海陆空”，无所不在。

可见，智能仪器的发展水平，是国家科技水平和综合国力的重要体现，智能仪器的制造水平反映出国家的文明程度。为此，世界发达国家都高度重视和支持仪器的发展。美国对发展智能仪器给予高度的重视和支持；日本科学技术厅把测量传感器技术列为 21 世纪首位发展的技术；德国大面积推广应用自动化智能仪器系统，仅在 20 世纪 90 年代的 6 年中就增加了 350% 的市场，劳动生产率增长了 1.9%；欧共体制定第三个科技发展总体规划，将测量和检测技术列为 15 个专项之一。我国政府也明确提出“把发展智能仪器放到重要位置”。

## 1.2 智能仪器的发展过程

智能仪器是计算机技术与测控技术相结合的产物，是含有微计算机或微处理器的测量仪器，由于它拥有对数据的存储、运算、逻辑判断及自动化操作等功能，具有一定智能的作用，因而被称为智能仪器。近年来，智能仪器已开始从较为成熟的数据处理向知识处理发展。它体现为模糊判断、故障诊断、容错技术、传感器信息融合、数据挖掘、知识发现、人工智能、计算智能、机件寿命预测、灾害信息辨识等，使智能仪器的功能向更高的层次发展。我国电磁测量信息处理仪器学会于1984年正式成立“自动测试与智能仪器专业学组”，1986年国际测量联合会（International Measurement Confederation）以“智能仪器”为主题召开了专门的讨论会，1988年国际自动控制联合会（International Federation of Automatic Control）的理事会正式确定“智能元件及仪器”（Intelligent Components and Instruments）为其系列学术委员会之一。1989年5月在我国武汉召开了第一届测试技术与智能仪器国际学术讨论会。如今，在国内外的学术会议上，以智能仪器为内容的研讨已层出不穷。

自从1971年世界上出现了第一种微处理器（美国Intel公司4004型4位微处理器芯片）以来，微计算机技术得到了迅猛发展。智能仪器在它的影响下也取得了新的进步。电子计算机从过去的庞然大物已经缩小到可以置于测量仪器之中，作为仪器的控制器、存储器及运算器，并使其具有智能的作用。概括起来说，智能仪器在测量过程自动化、测量结果的数据处理及一机多用（多功能化）等方面已取得巨大的进展。目前，在高准确度、高性能、多功能的测量仪器中已经很少有采用微计算机技术的了。

从智能仪器所采用的电路组成来看，仪器则经历了模拟式、数字式和智能化三个发展阶段，如图1-1所示。

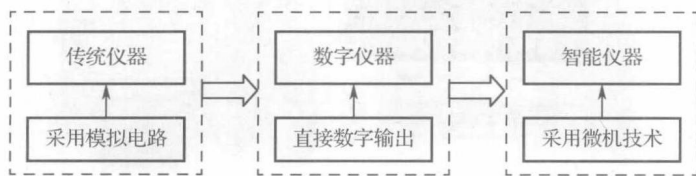
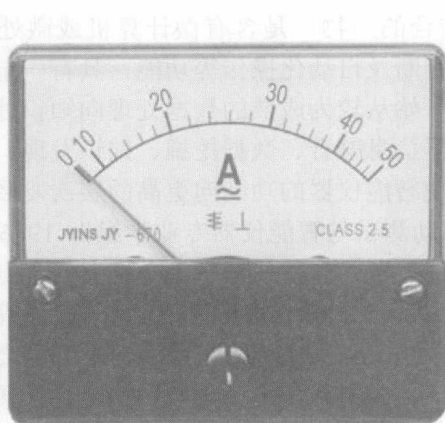


图 1-1 智能仪器的发展过程

人们通常把模拟式仪器称为第一代，大量指针式的电压表、电流表、功率表及一些通用的测试仪器均是典型的模拟式仪器，如图1-2（a）所示。模拟式仪器功能简单、精度低、响应速度慢。第二代是数字式仪器，它的基本特点是将待测的模拟信号转换成数字信号进行测量，测量结果以数字形式输出显示并向外传送。数字式万用表、数字式频率计等均是典型的数字式仪器，如图1-2（b）所示。数字式仪器精度高、响应速度快，读数清晰、直观，测量结果可打印输出，也容易与计算机技术相结合。同时因数字信号便于远距离传输，所以数字式仪器也适用于遥测、遥控。智能仪器属于第三代，它是在数字化的基础上发展起来的，是计算机技术与仪器相结合的产物，如图1-2（c）所示。

20世纪50年代初，仪器的发展取得了重大突破。数字技术的出现使各种数字式仪器相继问世，宏观上表现为，模拟式仪器开始逐渐在越来越多的应用场合被数字式仪器及系统所取代。这一阶段，即数字电子技术应用于电测量领域之初，对被测直流对象的测量，是先量化为恒定电压值，再经电压/频率变换后进行计数；而随时间变化的量，则是经过整流、滤波，转化成相

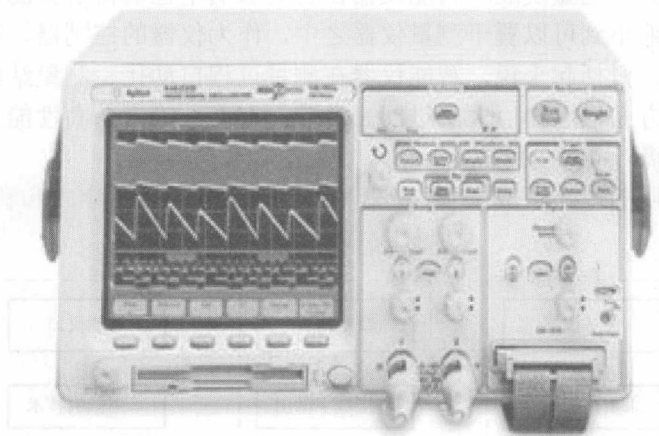
应的直流量后再进行处理及显示。这类仪器很普及，如数字电压表、数字功率计、数字频率计等。其基本原理是基于将模拟信号的测量转化为数字信号的测量，并以数字的形式显示或打印最终结果。



(a) 指针式电流表



(b) 数字式万用表



(c) 智能示波器表

图 1-2 仪器仪表发展历程实物图

20 世纪 60 年代中期，仪器技术又一次取得了进展，计算机的引入，使仪器的功能发生了质的变化，从个别参数的测量转变成整个系统特征参数的测量；从单纯的接收显示转变为控制、分析、处理、计算与显示输出；从用单台仪器进行测量转变为用测量系统进行测量；使电子测量仪器在传统的时域与频域之外，又出现了数据域测试。

20 世纪 70 年代以后，随着微处理器的广泛应用，出现了完全突破传统概念的新一代仪器，即目前比较流行的术语——智能仪器 (Intelligent Instrument)。这类仪器中含有一单片计算机或体积很小的微型机，有时亦称为内含微处理器的仪器，或称为基于微型机的仪器 (Micro-Computer-Based Instrumentation)。这类仪器因为功能丰富又很灵巧，国外书刊中常简称为智能仪器。有时为了避免该名词与人工智能中的“智能”的含义混淆，也可以称为微型机化的测量仪器。内含微型机是仪器的控制中枢。仪器的功能由软件、硬件相结合来完成。1974 年出现的

电压、电流波形等时间间隔采样技术,揭开了数字电子技术在仪器技术领域中的作用日益增大的序幕,成为仪器技术步入新时期发展阶段的重要标志。这一阶段,以微计算机、独立操作系统、各种标准接口总线式结构为特征,可相互通信、可扩展式仪器和自动测试系统以及相应的测量技术得到了蓬勃发展,并逐渐走向成熟。

智能仪器出现后不久就提出了新的课题:一台智能仪器难以胜任更复杂的多任务测量需求。为解决这样的问题,总线式智能仪器与系统应运而生。人们发明制造出 RS-232C 和 GPIB (又称 IEEE-488 总线)等多种通信接口总线,用于将多台智能仪器连在一起,以形成能完成复杂任务的自动测试系统。

但是,在复杂的 IEEE-488 总线仪器系统中,往往有多个重复的部件或功能电路单元,例如,若一个 IEEE-488 仪器系统中包含逻辑分析仪、数字示波器、数字多用表、频谱分析仪等多台智能仪器以及微计算机的话,显然它们都有 CRT、键盘和存储器等部件。正是在这种背景下,1982 年出现了个人计算机为基础的卡式仪器(Personal Computer Card Instrument, PCCI),也称为个人仪器(Personal Instrument)或 PC 仪器(PCI),它将传统的独立仪器与个人计算机的软/硬件资源融为一体,以较高的性能价格比、较强的灵活性及菜单式操作的方便性等突出特色进入测量测试领域,使仪器领域掀起了一次改进设计的高潮,发展十分迅速。

为了克服 PCCI 的缺点,1987 年,第一个适于模块式仪器标准化的接口总线标准 VXIbus 问世,其仪器系统被称为 VXI 总线仪器(VMEbus Extension for Instrumentation, PC 仪器的一种标准产品,简称 VXI 仪器)。这种仪器适应电子仪器从分立的台式与框架式结构过渡到更紧凑的模块式结构,提供了一种开放式的可靠接口总线。VXI 仪器在 20 世纪 90 年代已得到迅速的发展。

PCCI 或 VXI 均不带前面板,它们都是由显示在计算机 CRT 上的软面板来代替,用户由 CRT 上看到的是一幅由高分辨率图形生成的仪器面板,是物理面板的仿真模拟,用户通过键盘、触摸屏或鼠标来操作软面板上的按键或开关,这种仪器又称为虚拟仪器(Virtual Instrument)。

虚拟仪器是在智能仪器的基础上发展起来的,但在性能特点上又有新的飞跃,特别是近年来由于计算机软件技术(包括面向对象技术)和多媒体技术的迅猛发展,虚拟仪器的应用范围日益扩大,成为现代仪器的一个重要发展方向。

虚拟仪器是以个人计算机为核心,由测量应用软件支持,具有虚拟的仪器操作面板、足够的仪器硬件与(或)通信功能的测量信息处理装置。虚拟仪器具体可分为两种类型。一种是虚拟仪器代替某种传统的实物仪器,不需实物仪器参与即可完成全部仪器功能。这种虚拟仪器通常由微计算机、A/D 和 D/A 变换器等通用硬件、应用软件三部分组成。它常使用一些现代数字信号技术和 DSP(数字信号处理)芯片,有时在数据采集器部分还配有若干传感器和适配器。例如,在微机控制下,只要通过计算或存储得到一系列的数据,再经过 D/A 变换,就可以输出所需的任意波形信号,这就是一台虚拟的信号发生器。又如,只要对模拟信号进行采集和处理,最后以所需的形式显示在屏幕上,这就是虚拟仪器或虚拟示波器,等等。另一种常见的虚拟仪器主要是对实物仪器的映射。严格地说,它实质上是虚拟仪器程序,通常具有类似实物仪器的虚拟面板,并具有可操作性,但是在功能上,这种虚拟仪器只等同于仪器或系统的控制程序。NI 公司有一句著名的口号:“软件就是仪器”(The software is the instrument)。由于虚拟仪器的开发环境和仪器驱动程序可以为用户提供自行开发工具,用户可利用这些工具使仪器实现特定的功能(编制程序)。当需要增加新的测量功能时,不用购买一台新仪器,只需编制一段程序即可。

继虚拟仪器之后,美国互换性虚拟仪器(IVI)联盟新近提出一个仪器制造观念:变软件依从硬件为硬件依从软件。设想如能实现,那么,不同结构、不同配置、不同总线体制的仪器和

系统将顺利地解决互换性问题。如此,各仪器生产厂家任意生产硬件后再配置驱动软件,结果导致各家仪器间难以互换的现状,将可能彻底改变。

1997年美国国家仪器公司又推出一类新产品:基于PC的、适用于测量仪器的开放式接口总线标准PXI。相对于VXI仪器而言,PXI仪器的主要优点是成本低,且又具有先进的数字接口与仪器接口功能,适于组建便携式测试系统。

DSP芯片的大量问世,使智能仪器的数字信号处理功能大大加强;微型机的发展,使智能仪器具有更强的数据处理能力和图像处理功能。现场总线技术是20世纪90年代迅速发展起来的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,无线传感器网络技术、Internet和Internet技术也进入到测控仪器领域。软测量(也叫软仪器)技术的应用,使智能仪器在测控功能方面进一步延伸。智能仪器已经向着计算机化、网络化、智能化、多功能化、柔性化、集成化、可视化的方向发展。跨学科的综合设计、高精尖的制造技术使之能更高速、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。分析仪器正在经历一场革命性的变化,传统的光学、热学、电化学、色谱、波谱类分析技术都已从经典的化学精密机械电子结构、实验室内人工操作应用模式,转化为光、机、电、算(计算机)一体化及自动化的结构,并向名副其实的的智能系统发展。

近年来,智能仪器技术不断发展,开始从较为成熟的数据处理向知识处理发展。模糊判断、故障诊断、容错技术、传感器融合、机件寿命预测等,使智能仪器的功能向更高的层次发展。智能仪器对仪器仪表的发展以及科学实验研究产生了深远影响,是仪器设计的里程碑。

## 1.3 智能仪器的组成、特点及分类

### 1.3.1 智能仪器的组成

智能仪器实际上是一个专用的微型计算机系统,它主要由硬件和软件两大部分组成。硬件部分主要包括主机电路、模拟量输入/输出通道、人机联系部件与接口电路、标准通信接口等部分。其中,主机电路通常由微处理器、程序存储器、输入/输出(I/O)接口电路等组成,或者它本身应是一个具有多功能的单片机。模拟量输入/输出通道用来输入/输出模拟量信号,主要由A/D转换器、D/A转换器和有关的模拟信号处理电路等组成。人机联系部件的作用是沟通操作者和仪器之间的联系,它主要由仪器面板中的键盘和显示器等组成。标准通信接口电路用于实现仪器与计算机的联系,以便使仪器可以接受计算机的程控命令,目前生产的智能仪器一般都配有GPIB、RS-232C、RS-485等标准的通信接口。

图1-3所示为智能仪器的组成示意图。图中虚线框部分为智能仪器的选择组成部分。

软件部分主要包括监控程序、接口管理程序 and 数据处理程序三大部分。其中监控程序面向仪器面板键盘和显示器,其内容包括人机对话的键盘输入及对仪器进行预定的功能设置,对处理后的数据以数字、字符、图形等形式显示等。接口管理程序主要通过接口电路进行数据采集、输入/输出通道控制、数据的通信及数据的存储等。数据处理程序主要完成数据的滤波、数据的运算、数据的分析等任务。



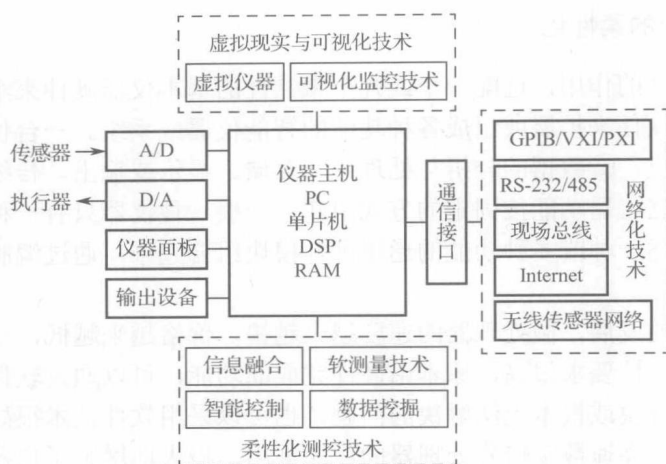


图 1-3 智能仪器的组成示意图

### 1.3.2 智能仪器的特点

与传统的电子仪器相比，智能仪器具有以下特点：

#### 1. 智能仪器功能的多样化

单片机、PC（或工业控制计算机）、DSP、PLC 及嵌入式系统等技术的应用，使智能仪器利用微处理器的运算和逻辑判断功能，按照一定的算法可以方便地消除由于漂移、增益的变化和干扰等因素所引起的误差，从而提高了仪器的测量精度。智能仪器除具有测量功能外，还具有很强的数据处理和控制能力。例如，传统的数字式万用表只能测量电阻，交直流电压、电流等，而智能型的数字式万用表不仅能进行上述测量，而且还具有对测量结果进行诸如零点平移、平均值、极值、统计分析以及更加复杂的数据处理功能，使用户从繁重的数据处理中解放出来。目前，有些智能仪器还运用了专家系统、数据挖掘、融合决策、模糊逻辑、神经网络、混沌控制等技术，使仪器具有更深层次的分析能力，帮助人们思考、解决只有专家才能解决的问题。

智能仪器运用微处理器的控制功能，可以方便地实现量程自动转换、自动调零、触发电平自动调整、自动校准、自诊断等功能，有力地改善了仪器的自动化测量水平。例如，智能型的数字示波器有一个自动分度键，测量时只要一按这个键，智能数字示波器就能根据被测信号的频率及幅度，自动设置好最合理的垂直灵敏度、时基及最佳的触发电平，使信号的波形稳定地显示在屏幕上。又如，智能仪器一般都具有自诊断功能，当仪器发生故障时，可以自动检测出故障的部位并能协助诊断故障的原因，甚至有些智能仪器还具有自动切换备件进行自维修功能，极大地方便了仪器的维护。

#### 2. 智能仪器系统的集成化、模块化

大规模集成电路技术发展到今天，集成电路的密度越来越高，体积越来越小，内部结构越来越复杂，功能也越来越强大，从而大大提高了每个模块进而整个仪器系统的集成度。模块化功能硬件是现代仪器仪表的一个强有力的支持，它使得仪器更加灵活，仪器的硬件组成更加简洁，比如在需要增加某种测试功能时，只需增加相应的模块化功能硬件，再调用相应的软件来使用此硬件即可。