

# 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。

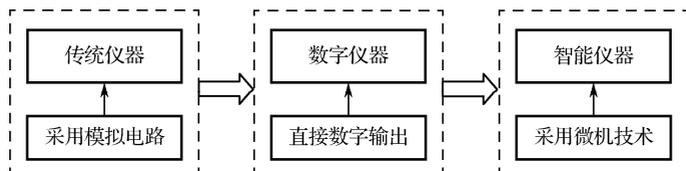


图 1-1 智能仪器的发展过程

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

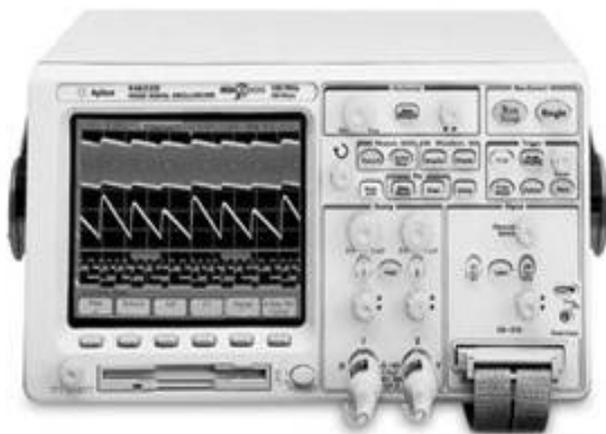
应的直流量后再进行处理及显示。这类仪器很普及，如数字电压表、数字功率计、数字频率计等。其基本原理是基于将模拟信号的测量转化为数字信号的测量，并以数字的形式显示或打印最终结果。



(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。

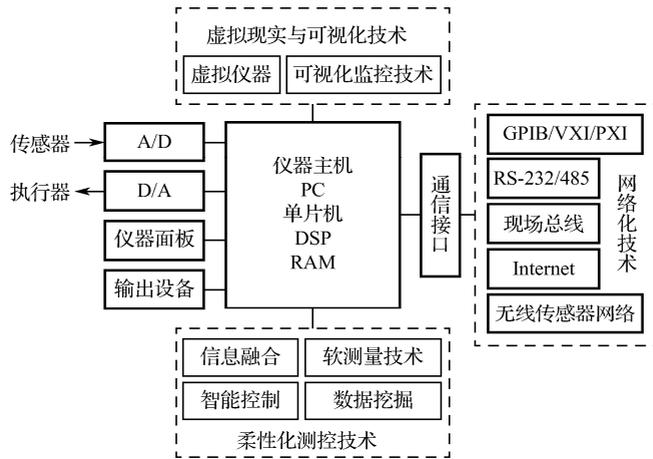


图 1-3 智能仪器的组成示意图

### 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。

### 3. 智能仪器构成的柔性化

智能仪器强调软件的作用，选配一个或几个带共性的基本仪器硬件来组成一个通用硬件平台，通过调用不同的软件来扩展或组成各种功能的智能仪器或系统。一台仪器大致可分解为三个部分：①数据的采集；②数据的分析与处理；③存储、显示或输出。传统的仪器是由厂家将上述三类功能部件根据仪器功能按固定的方式组建，一般一种仪器只有一种或数种功能。而智能仪器则是将具有上述一种或多种功能的通用硬件模块组合起来，通过编制不同的软件来构成任何一种新功能的仪器。

随着微电子技术的发展，微处理器的速度越来越快，价格越来越低，已被广泛应用于仪器仪表中，使得一些实时性要求很高，原本由硬件完成的功能，可以通过软件来实现。甚至许多原来用硬件电路难以解决或根本无法解决的问题，也可以采用软件技术很好地加以解决。数字信号处理技术的发展和高速数字信号处理器的广泛采用，极大地增强了仪器的信号处理能力。数字滤波、FFT、相关、卷积等是信号处理的常用方法，其共同特点是，算法的主要运算都由迭代式的乘和加组成，这些运算如果在通用微机上用软件完成，运算时间较长，而数字信号处理器通过硬件完成上述乘、加运算，大大提高了仪器性能，推动了数字信号处理技术在仪器仪表领域的广泛应用。特别是智能计算理论的发展，又促进了智能仪器柔性化的进程，软测量、模型化测量、符号化测量、多传感器信息融合等技术的应用，使智能仪器的硬件功能软件化。

### 4. 智能仪器的网络化

智能仪器一般都配有 GPIB、VXI、PXI、RS-232C、RS-485 等通信接口，使智能仪器具有远程操作的能力，可以很方便地与计算机和其他仪器一起组成用户所需要的多种功能的自动测量与控制系统，来完成更复杂的测控任务。网络化智能仪器实质上是采用一台已联网（如与 Ethernet 或 Internet 相连）的计算机作为核心器件。它利用计算机通用资源，加上特殊设计的仪器硬件和专用软件，构成单台智能仪器所没有的特殊功能的新型仪器。它采用的微型计算机（或微处理器）可以是各种不同形式：可以是嵌入式智能仪器测控系统，也可以是以 PC 为测试平台，内插（ISA、PCI 等）数据采集卡，外接普通的测试仪器，就构成所谓的 PC 仪器；一些测试平台自己本身就是一台计算机，如基于 VMEbus 总线的 VXI、基于 CompactPCI 总线的 PXI。它们也通过网络接口卡和通信接口及通信软件与 Ethernet（或 Internet）相连。现场总线技术、无线传感器网络、企业局域网、GPRS（General Packet Radio Service，通用无线分组业务）、蓝牙通信等技术的应用，使智能仪器网络化的特点更加显著。

随着网络技术的飞速发展，信息网络中的新技术、新理论不断地引入到智能仪器测控系统中，带动智能仪器网络的发展。这些信息技术包括：

(1) Internet 上流行的 Web/Browser 模式，是分布式应用程序之间通信的一种有效方式，可完成不同平台、不同操作系统之间的通信。它以 HTTP 协议和 HTML 标记语言作为通用标准，以超文本界面的形式查找、提取有用信息。

(2) JDBC (Java Database Connectivity)，是执行 SQL 语句的 Java 语言应用程序编程接口 API，它包括了一系列用 Java 语言编写的类和接口，为数据库的应用开发提供了标准的应用程序编程接口。

(3) CORBA (公共对象请求代理结构) 规范，是一种面向对象的技术。

## 5. 智能仪器的可视化

智能仪器可视化的目的就是借助计算机的图形图像处理能力,将智能仪器的测控过程及结果用直观的图形或图像输出代替数字输出,即实现将测控过程中涉及与产生的数字信息转变为以图形或图像表示的物理现象后,呈现在人们面前,使操作者一目了然地获得被测对象的状态、变化规律及分布情况,从而使人们摆脱了只能对测控中的大量数据进行抽象分析的这种情况。智能仪器可视化的内容包括:体可视化、流场可视化、可视化人机交互、医学分析可视化、信号处理的可视化、科学计算可视化的数据建模、可视化基本原理的研究、复杂对象形状的建模和复杂数据集基于模型的可视化等。

智能仪器具有友好的可视化人机交互能力。LabVIEW、Windows/CVI、组态软件以及各种可视化开发平台的应用,使智能仪器可以通过显示屏将仪器的运行情况、工作状态以及对测量数据的处理结果及时告诉使用人员,使人机之间的联系非常密切。

通用的可视化平台、开发工具和虚拟仪器技术在提供图形真实化显示的同时,也应提供更多的人机交互接口。大部分分析软件或虚拟仪器系统都构成自己的图形显示系统,如MATCOM公司的MATLAB、B&K公司的PLUS、NI公司的LabVIEW等。LabVIEW等图形化虚拟仪器编程系统提供了模块化的显示器,能够显示趋势、NY、柱状图、三维图等。

### 1.3.3 智能仪器的分类

智能仪器种类繁多,应用范围广泛。如在机械制造和仪器制造工业中,产品的静态与动态性能测试、加工过程的控制与监测、故障的诊断等方面,所用到的仪器有各种尺寸测量仪器、加速度计、测力仪、温度测量仪器等。在自动化机床、自动化生产线上,也要用到控制行程和控制生产过程的检测仪器。在电力、化工、石油、煤炭工业中,为保证生产过程能正常、高效运行,要对相关的参数,如压力、流量、流速、温度、浓度、尺寸等进行检测和控制,包括对动力设备进行监测和控制、对压力容器和蒸汽锅炉等进行在线监测、对石油产品质量及成分进行检测。在煤炭工业中,为减少和避免瓦斯爆炸、矿井透水、煤炭自燃等灾害的发生,要对矿井瓦斯浓度、风速、温度、压力、一氧化碳气体浓度等相关参数进行在线实时监测,对矿井通风系统、排水系统等进行监测与控制。在纺织工业中要用到各种张力仪、尺寸测量仪检测产品。在航空、航天领域对产品质量的要求更为严格,如对发动机的转速、转矩、振动、噪声、动力特性等进行测量,对燃烧室和喷管的压力流量进行测量,对构件进行应力、结构无损检测及强度、刚度测量,对控制系统进行控制性能、电流、电压、绝缘强度测量等。

#### 1. 按测量物理量不同分类

智能仪器按测量物理量不同,可划分为如下八种测试计量仪器。

(1) 几何量计量仪器:这类仪器包括各种尺寸检测仪器,如长度、角度、形貌、形位、位移、距离测量仪器等。

(2) 热工量计量仪器:这类仪器包括温度、湿度、压力、流量测量仪器,如各种气压计、真空计、多波长测温仪器、流量计等。

(3) 机械量计量仪器:这类仪器包括各种测力仪、硬度仪、加速度与速度测量仪、力矩测量仪、振动测量仪等。

(4) 时间频率计量仪器:这类仪器包括各种计时仪器与钟表、铯原子钟、时间频率测量仪等。

(5) 电磁计量仪器：这类仪器主要用于测量各种电量和磁量，如各种交/直流电流表、电压表、功率表、电阻测量仪、电容测量仪、静电仪、磁参数测量仪等。

(6) 无线电参数测量仪器：这类仪器包括示波器、信号发生器、相位测量仪、频谱分析仪、动态信号分析仪等。

(7) 光学与声学参数测量仪器：这类仪器包括光度计、光谱仪、色度计、激光参数测量仪、光学传递函数测量仪等。

(8) 电离辐射计量仪器：这类仪器包括各种放射性、核素计量，X、 $\gamma$ 射线及中子计量仪器等。

以上八大类测试计量仪器尽管测试对象不同，但是有共同的测试理论，而且测量的数字化、测量过程的自动化、数据处理的程序化等共性技术都成为现代仪器设计的主要内容。

## 2. 按应用领域和自身技术特性分类

智能仪器按其应用领域和自身技术特性，可划分为如下六类测量仪器。

(1) 工业自动化仪器与控制系统。

(2) 科学仪器。

(3) 电子与电工测量仪器。

(4) 医疗仪器。

(5) 各类专用仪器。

(6) 传感器与仪器元器件及材料。

工业自动化仪器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器、执行机构与自动控制系统装置。科学仪器主要指应用于科学研究、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。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仪器。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。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。对智能仪器虽然做了大致分类，但实际上各类仪器存在着许多交叉。

### 1.3.4 智能仪器的应用



#### 1. 智能仪器在概念区分设计领域中的应用

智能仪器仪表发展现状及未来出路

在实际的应用中，我们会发现几乎每一台智能仪器以及其他的电气设备都配备了多个不同类型的传感器，并与计算机、控制电路及机械传动部件构成一个综合系统，来达到某种设定的目的。例如，电气CAD，即用于电气设计领域的CAD软件，可以帮助电气工程师提高电气设计的效率、减少重复劳动和降低差错率。电气CAD技术的应用，极大地推动了智能仪器设计知识处理的自动化水平，传统的设计中，设计人员需要查阅设计手册、进行各种分析和校验核算、绘制设计图纸等，现在技术人员可以利用数据库技术、计算方法、图形学技术等来辅助智能产品设计知识的处理过程。但是当前CAD系统的研究与应用也存在缺点：

(1) 有的CAD技术不支持产品设计的全过程，并不能保证设计出来的产品符合用户需求；

(2) 当前的CAD系统是一个定量的、准确的系统，不允许设计知识存在模糊性和不一致性。

解决上述问题的途径之一是在传统的CAD系统中加入人工智能和自然语言理解技术。仪器设计的知识丰富、复杂且具有随机性和模糊性，知识表示的主要内容有知识的功能、知识的行为、知识的结构及它们之间的关系。智能仪器的总体设计目标是要明确仪器需实现的功能和

需要完成的测量任务等，其设计过程是将智能仪器的参数指标向智能仪器的结构进行映射的过程，具体实施时，由所设计的仪器给出性能指标要求、问题和约束条件。在设计知识的驱动之下，利用自然语言从参数中提取信息，然后选择最佳的设计过程，构思出满足性能要求的对象实体。

## 2. 智能仪器在检测方面的应用

测量是人们从客观世界中得到信息的方法与手段。测量仪器是人们实现测量过程的工具。测量仪器水平的高低，直接决定着测量结果正确与否，也即控制着获得的信息的真实性。现代工业生产中越来越多的在线性、实时性测量需求，推动了测量技术及仪器指标的迅速提升。如何提高测量准确度和测量仪器的可靠性，成为国内外各大仪器公司和高等院校研究单位的探索热点。根据行业情况，国内外公司都将研究重点放在了测量仪器开发方法的研究上。现代信息技术的迅猛发展，特别是服务于高性能计算的超大规模集成芯片技术的飞速进步，使许多从前无法实现的高性能、便携化的测量仪器得以实现。尤其片上系统的出现，使得仪器开发手段和过程都有了深刻的变化。在测量仪器中，基于嵌入式微处理器的智能测量仪器已经成为主流。

智能仪器是计算机技术与测量技术、仪器仪表技术相结合的产物。它具有传统仪器无法比拟的优点，在测量精度、测量速度、可靠性方面有了根本性改变。智能仪器广泛应用于工业、土木、航天、控制、通信、医学、生物、化学、材料等科学研究的各个方面。近年来随着计算机技术、微电子技术的迅速发展，智能仪器开发过程又发生了巨大的变化，积极推动智能仪器的设计，对设计方法进行探索创新将是非常有意义的。

智能气体检测仪如今已经广泛地应用于油田、气田、煤矿等可能存在危险气体的场合。它不但需要能准确地测量出相关气体的浓度，还要能够在气体超过一定浓度后，及时向外发出报警，告诉相关人员及时撤离。此外，智能气体检测仪需要提供一定的人机界面供技术人员进行设置、标定、调零的工作；如果是固定式的仪表，RS-485 或者 4~20mA 的网络接口也是必须提供的，以达到大规模气体检测和智能化管理的要求。因此这些特点对气体检测仪的智能化提出了更高的要求，不但要求性能可靠，而且要便于管理，这是智能气体检测仪今后的趋势。如今，正逐渐变得更加智能化、网络化和轻型化，从单一的浓度检测，向多功能、多气体、高安全性的方向发展。

## 3. 自然语言理解技术在智能仪器设计领域的应用

自 20 世纪 70 年代诞生以来，随着计算机技术和微电子技术的迅猛发展，智能仪器技术的发展相当快，新的观念、新的方法、新的器件不断涌现，测试仪器的智能化、软件化（虚拟仪器）、网络化（网络化仪器）已成为现代检测技术发展的主流方向。以往的人工设计过程逐渐不能满足现代仪器设计的需要，计算机辅助仪器设计水平的提高及未来仪器设计的自动化势在必行。这是因为，一方面，仪器设计人员和用户的知识结构不同，设计人员往往不能准确地分析用户的需求并将其转化为实际的设计参数；另一方面，虽然仪器设计越来越标准化和规范化，但在器件选择、电路设计等上又很灵活，设计人员往往不能及时借鉴国内外同类仪器的设计方法，同时也存在着重复设计等问题。具有自然语言处理能力的智能仪器辅助设计专家系统，将有效地帮助仪器设计人员准确分析用户需求、挖掘前沿设计知识，从而缩短设计周期、设计出性能更优的智能仪器。

## 习题



解读大数据与智能仪器仪表

1. 什么是智能仪器？智能仪器有哪些重要作用？
2. 智能仪器的主要特点是什么？
3. 画出智能仪器基本组成结构框图，简述每一部分的作用。
4. 想一想，你接触过或看过哪些智能仪器？它们都应用在哪些领域？
5. 根据智能仪器的结构、特点，想一想哪些技术与智能仪器的发展紧密相关？