



现代测试技术

主讲：丁晖 郭福田 汤晓君
实验：孔忻 白洁 骆一平

课程基本情况



- 院级平台课程，省级精品课程；
- 1996年设立，面向电气工程学院本科生授课；
- 课内学时：32学时，实验学时：16学时；
- 课程定位：以电气工程领域的测试问题为背景，讲授现代测试系统的结构及其设计方法；电气工程领域中涉及的典型电学、磁学量的测量方法；以及测量系统的性能评价等测量领域的共性问题。

测试系统性能评价方法

- 测量误差的基本概念、测试数据处理及测量结果的表示方法；
- 测试系统静态特性及其实验获取方法；
- 测试系统动态特性及动态测量误差的评估方法；

测试系统结构及组建方法

- 现代测试系统的几种典型硬件结构：不同总线式仪器；
- 典型测试系统的结构及各模块的硬件设计方法：常用传感器，调理电路，系统硬件组件方法，总线式测量仪器概念及其基本结构，系统设计案例；
- 测试系统的软件设计方法：信号处理软件、系统智能化功能设计软件。

几种典型电磁参量的测试方法

- 电阻、电感、电容、信号频率的测量方法；
- 频率、相位差的测量方法；
- 磁感应强度、磁场强度的测量方法：霍尔法和冲击法；

测试系统抗干扰设计

- 电源抗干扰设计；
- 电子线路板抗干扰设计；
- 系统抗干扰设计：屏蔽、接地问题，屏蔽线的使用等；

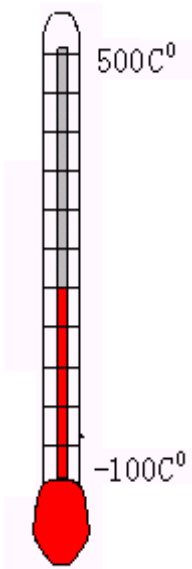
本章学习要求:

1. 测量的基本概念及其在工业等各领域技术发展中的重要地位;
2. 测量仪器的发展历史进程;
3. 现代测量系统的基本结构;
4. 测试技术的未来发展趋势;

0.1 测试技术的基本概念

测试技术是实验科学的一部分，主要研究各种物理量的测量原理和测量信号分析处理方法。

测试技术是进行各种科学实验研究和生产过程参数测量必不可少的手段，起着人的感官的作用。



简单的测试系统可以只有一个模块，如玻璃管温度计。它直接将被温度变化转化液面示值。没有电量转换和分析电路，很简单，但精度低，无法实现测量自动化。



为提高测量精度和自动化程度，以便于和其它环节一起构成自动化装置，通常先将被测物理量转换为电量，再对电信号进行处理和输出。如图所示的声级计。

0.2 测试技术的工程应用

在工程领域，科学实验、产品开发、生产监督、质量控制等，都离不开测试技术。测试技术应用涉及到航天、机械、电力、石化和海洋运输等每一个工程领域。

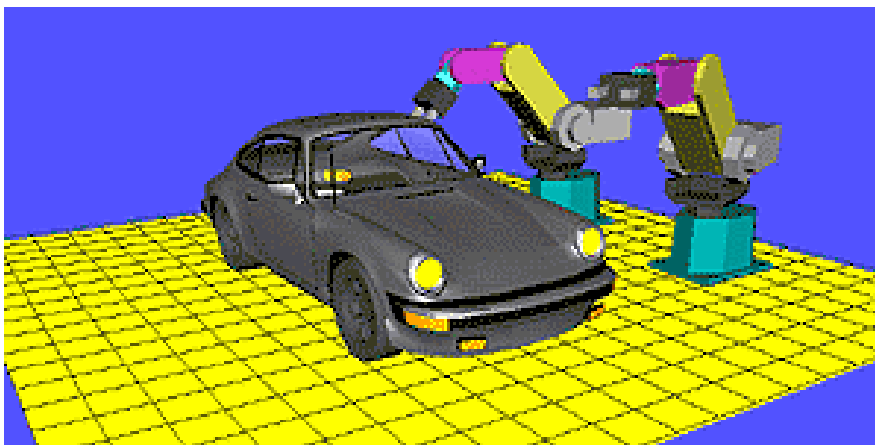


(1) 工业自动化中的应用

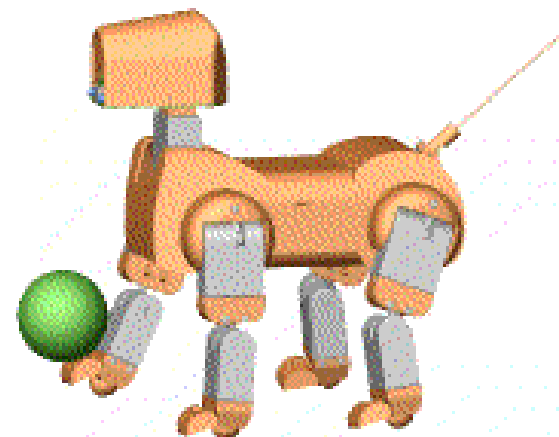
在各种自动控制系统中，测试环节起着系统感官的作用，是其重要组成部分。

a) 机械手、机器人中的传感器

转动/移动位置传感器、力传感器、视觉传感器、听觉传感器、接近距离传感器、触觉传感器、热觉传感器、嗅觉传感器。



密歇根大学的机械手装配模型



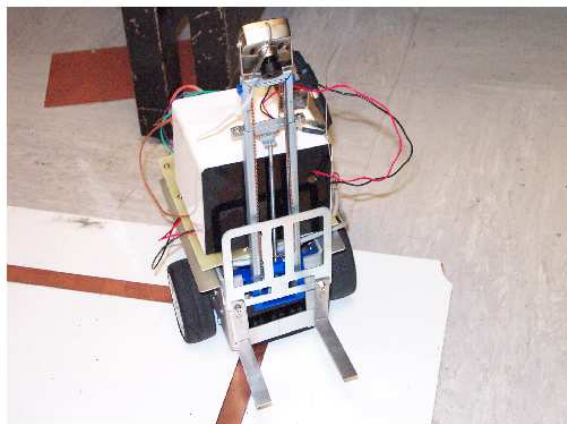
广州中鸣数码的机器狗

(1) 工业自动化中的应用



b) AGV自动送货车

超声波测距传感器、判断建筑物内人和物所在位置；红外线色彩传感器运动轨迹和AGV小车位置识别；条形码传感器，货品识别。



香港理工AGV模型



(1) 工业自动化中的应用

c) 生产加工过程监测

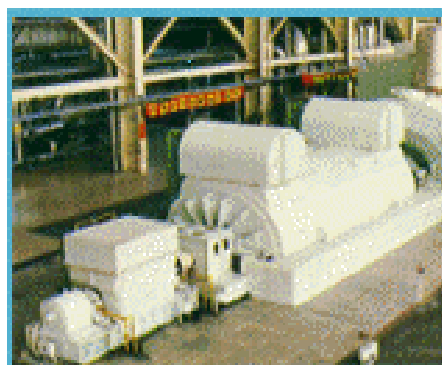
切削力传感器，加工噪声传感器，超声波测距传感器、红外接近开关传感器等。



密歇根大学数字化工厂

(2) 流程工业设备运行状态监控

在电力、冶金、石化、化工设备运行状态关系到整个生产线监测系统。



扬子石化50MW热电机组监测系统
阳逻电厂300MW汽轮机组监测系统
荆门电厂200MW机组监测系统
青山热电厂生产信息实时查询系统
沙角电厂生产信息实时查询系统
宝钢30KW以上风机监测系统
宝钢精轧F2轧机网络化监测系统
宝钢冷轧带钢振动纹监测系统
武钢风机状态监测系统

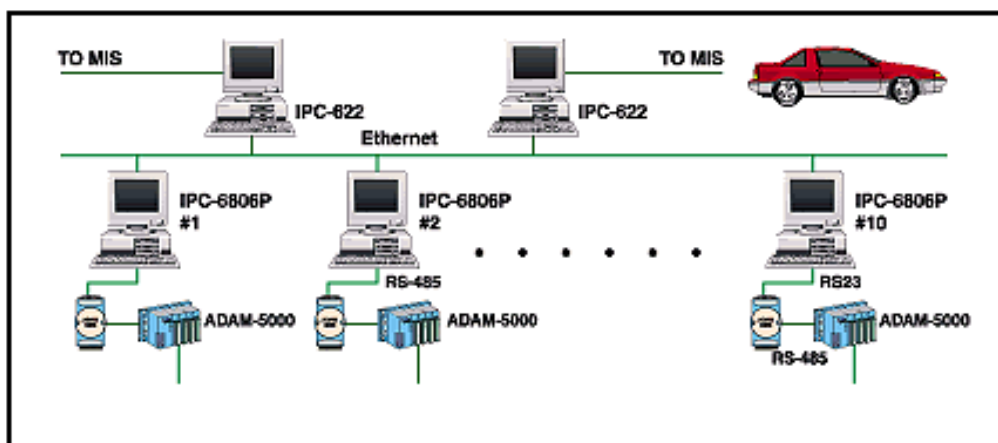


石化企业输油管道、
储油罐等压力容器的
破损和泄露检测。



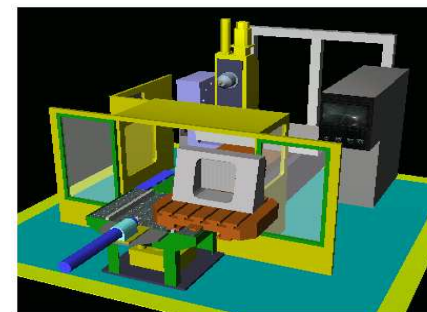
(3) 产品质量测量

在汽车、机床等设备，电机、发动机等零部件出厂时，必须对其性能质量进行测量和出厂检验。



汽车扭矩测量

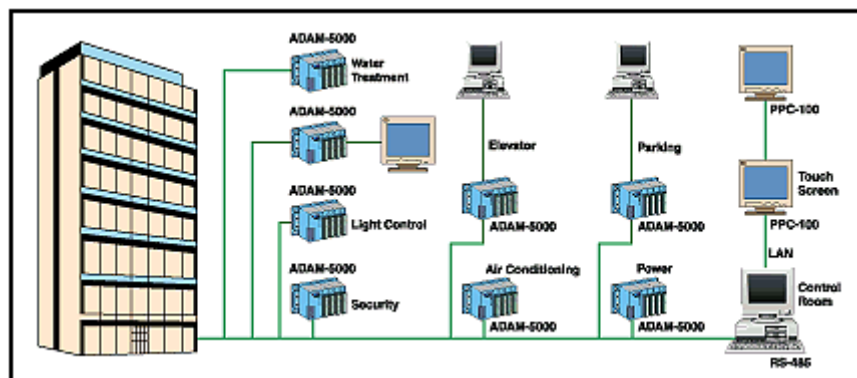
图示为汽车出厂检验原理框图，测量参数包括润滑油温度、冷却水温度、燃油压力及发动机转速等。通过对抽样汽车的测试，工程师可以了解产品质量。



机床加工精度测量

(4) 楼宇控制与安全防护

为使建筑物成为安全、健康、舒适、温馨的生活、工作环境，并能保证系统运行的经济性和管理的智能化。在楼宇中应用了许多测试技术，如闯入监测、空气监测、温度监测、电梯运行状况。



图示为某公司楼宇自动化系统。该系统分为：电源管理、安全监测、照明控制、空调控制、停车管理、水/废水管理和电梯监控。



室内恒温器



空气质量传感器



湿度传感器



水压传感器



烟雾传感器



亮度传感器



红外人体探测器

(5) 家庭与办公自动化

在家电产品和办公自动化产品设计中，人们大量的应用了传感器和测试技术来提高产品性能和质量。



全自动洗衣机中的传感器：衣物重量传感器，衣质传感器，水温传感器，水质传感器，透光率光传感器(洗净度) 液位传感器，电阻传感器(衣物烘干检测)。



指纹传感器



透光率传感器



温湿度传感器



温度传感器

(6) PC机中的测试技术应用

鼠标:光电位移传感器



摄像头:CCD传感器



声位笔:超声波传感器



麦克风:电容传声器



声卡:A/D卡 + D/A卡



软驱:速度,位置伺服



0.3 测量仪器的发展进程



经历了5个阶段：

第一代：以电磁感应定律为基础的模拟指针式仪表；

第二代：以电子管或晶体管为基础的分立元件仪表；

第三代：以集成电路为基础的数字式仪表；

第四代：以微处理器为基础的智能式仪表；

第五代：以计算机为基础的虚拟仪器，是测试领域里的一场新的革命。

大致分为三类：

- 基本型（重点介绍）

- 敏感元件或传感器

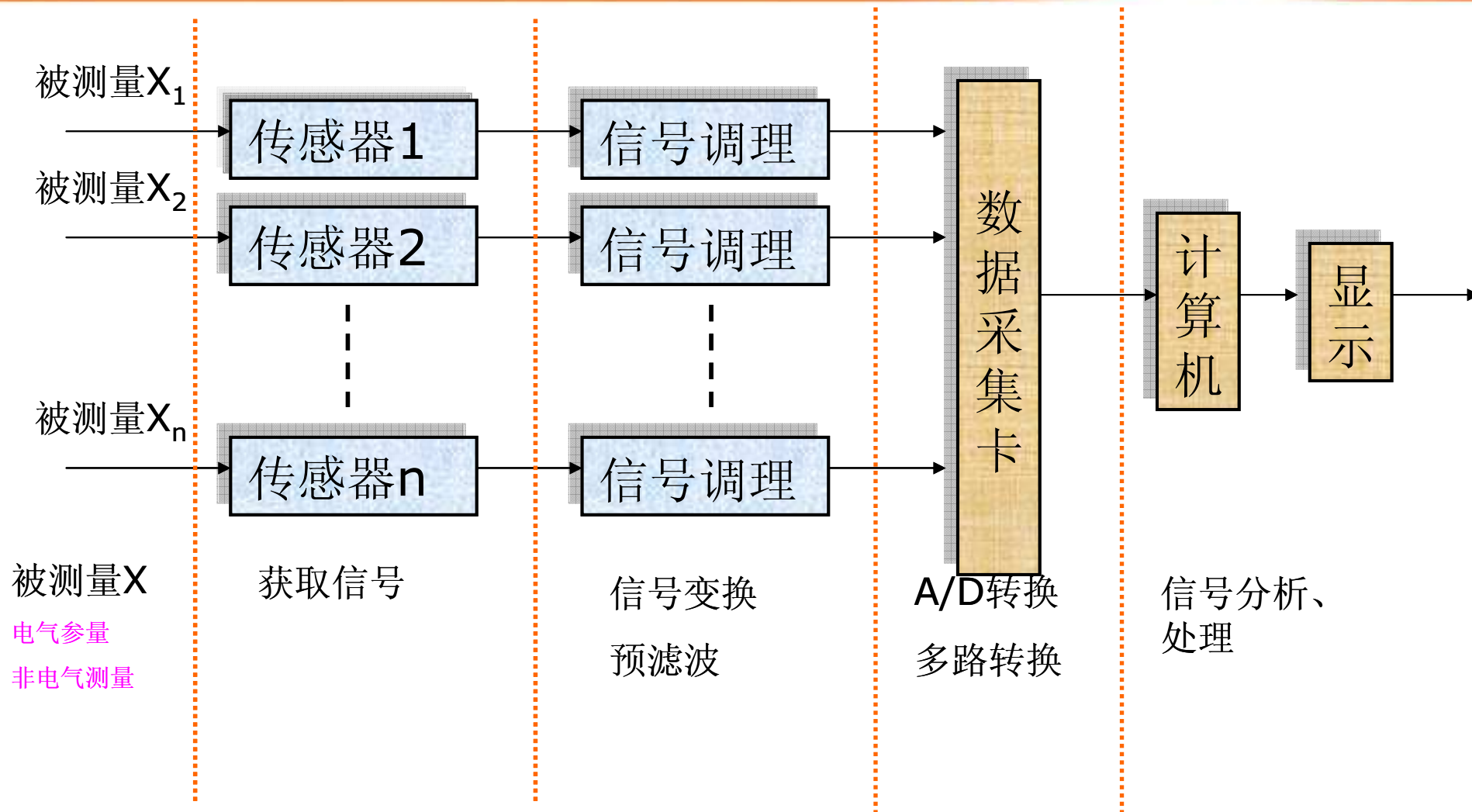
- 信号调理电路

- 采集卡

- 计算机

- 标准接口型

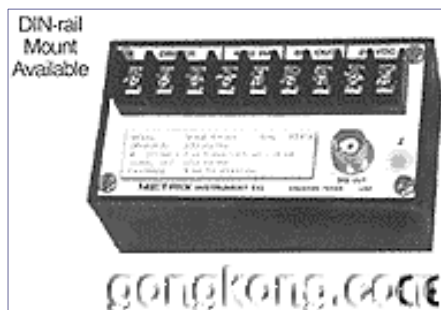
(1) 基本型



各部分的作用:



传感器: 感受被测量（非电量）的变化并将其转变为电量。传感器是拾取信号的装置，在电测系统中占有重要位置，它获得信号的正确与否直接影响到测量系统最终输出结果的精度以及测量结果的正确与否。



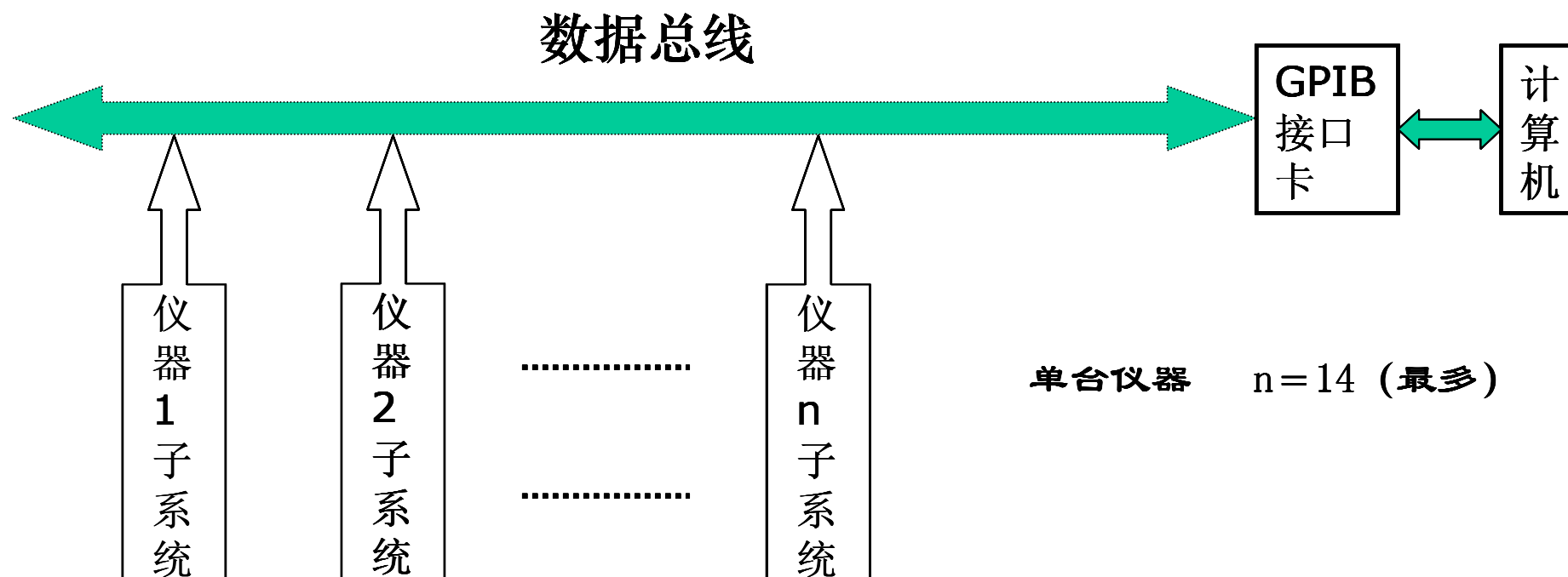
信号调节器: 把传感器或系统中前一环节的输出变成后接仪器所需的电压或电流信号。



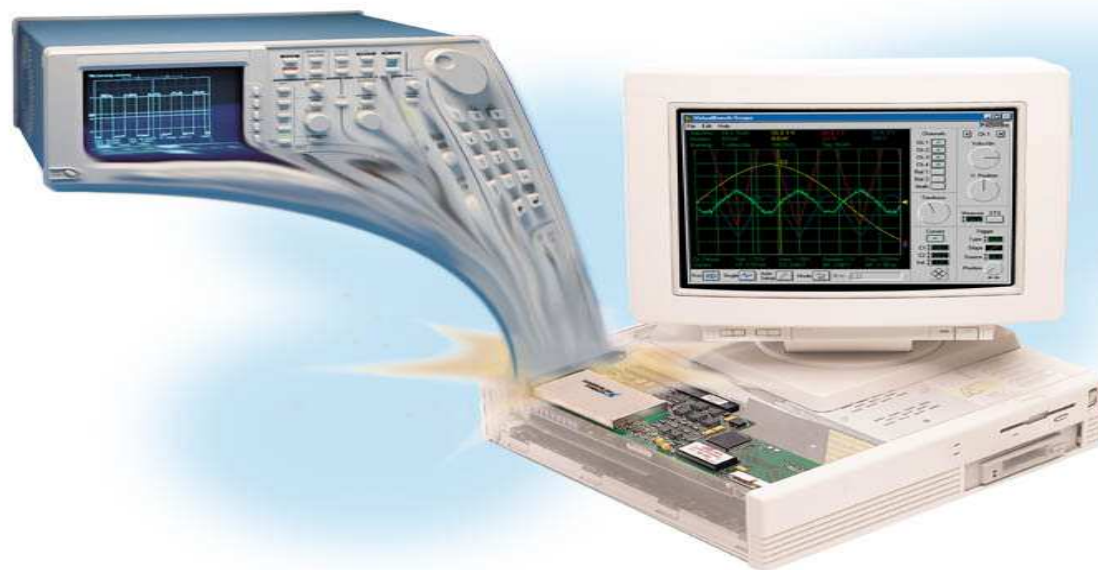
记录显示仪器: 对信号进行记录、显示等。

(2) 标准通用接口型

各种仪器模块由数据总线通过标准接口卡组成大型测试系统。包括RS232、 GPIB、 VXI、 PXI等总线。以 GPIB总线为例说明标准通用接口测试系统框图：

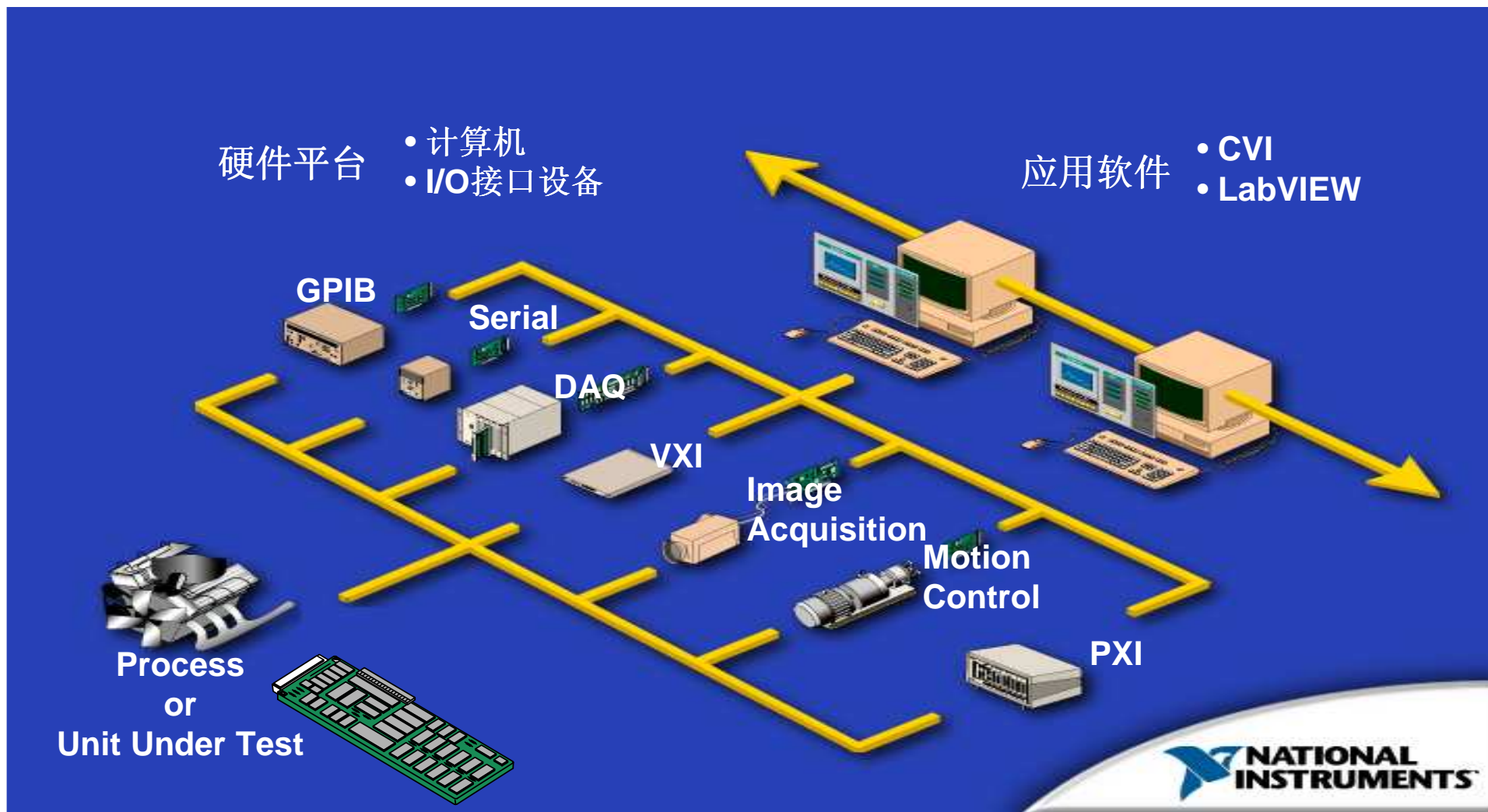


0.5.1 虚拟仪器的基本概念



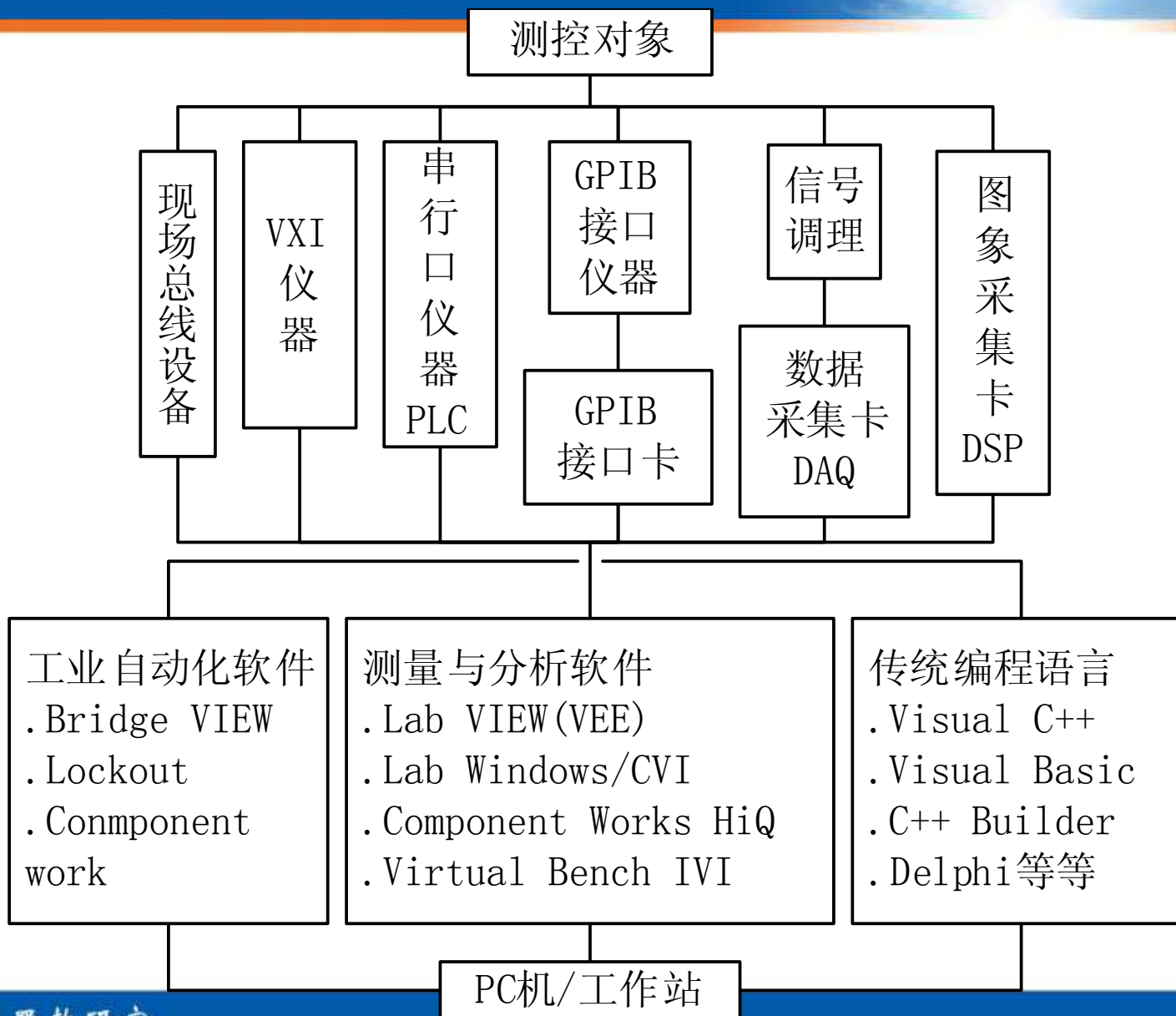
虚拟仪器（简称VI，Virtual Instruments）是在以通用计算机为核心的硬件平台上，具有虚拟面板，测试功能由测试软件实现的一种计算机仪器系统。它使测量仪器与个人计算机的界线模糊了。

0.5.2 虚拟仪器硬件平台



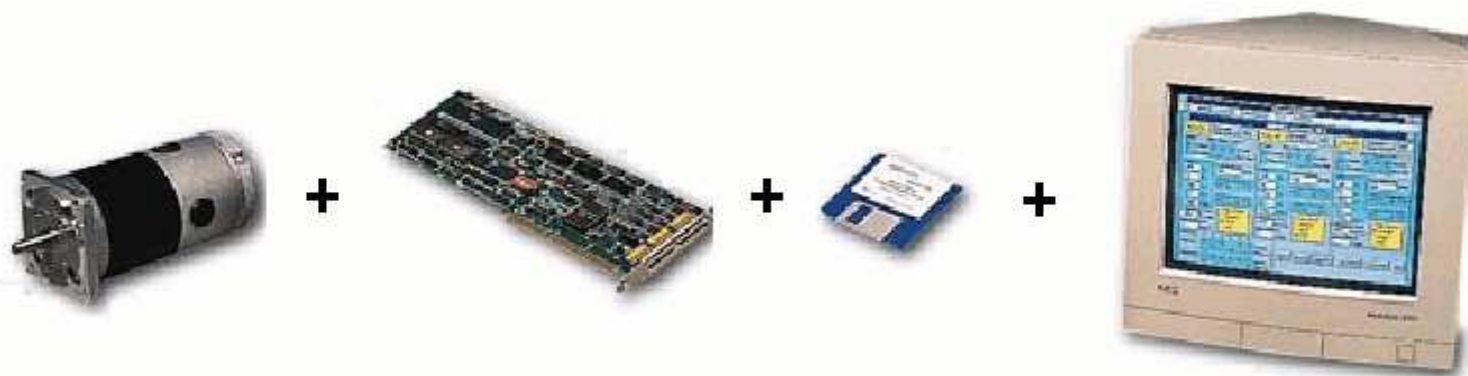
0.5.2 虚拟仪器硬件平台

虚拟仪器典型的体系结构



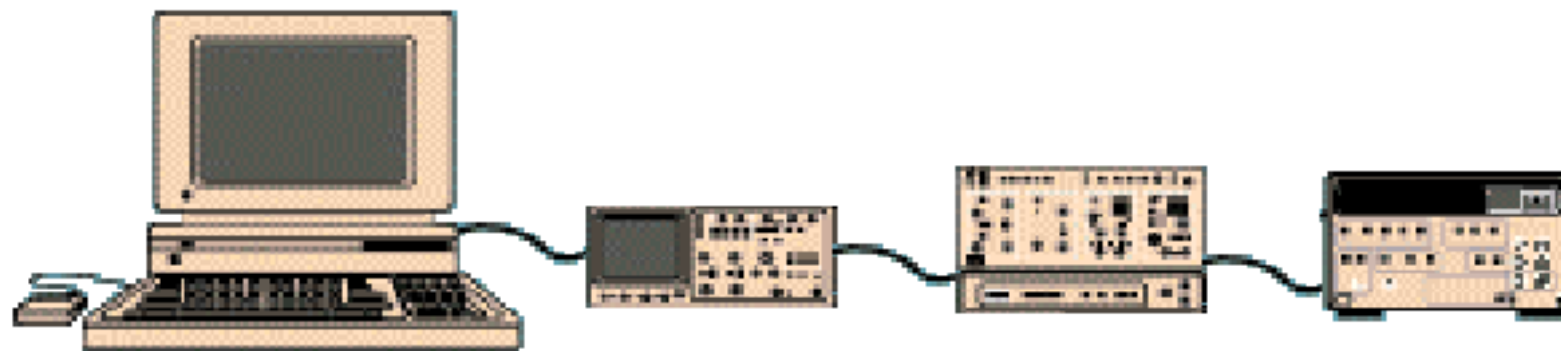
(1) PC-DAQ数据采集卡

利用计算机扩展槽和外部接口，将信号测量硬件设计为计算机插卡或外部设备，直接插接在计算机上，再配上相应的应用软件，组成计算机虚拟仪器测试系统。这是目前应用得最为广泛的一种计算机虚拟仪器组成形式。这类卡按功能可分为A/D卡、D/A卡、数字I/O卡、信号调理卡、图象采集卡、运动控制卡等。



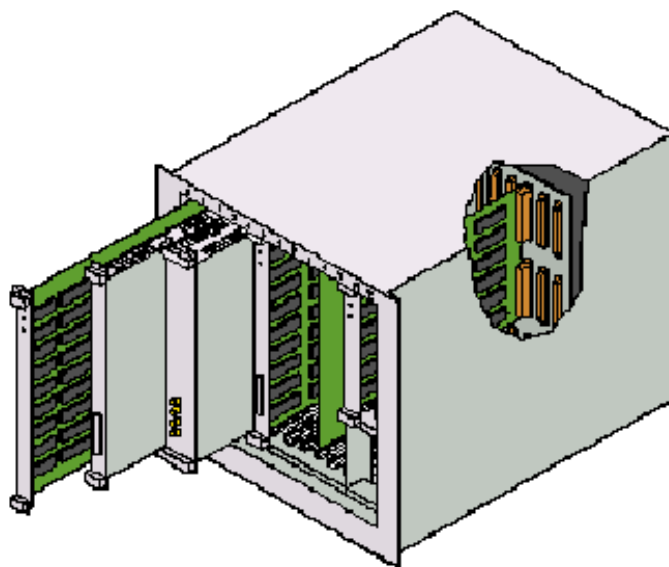
(2) GPIB总线仪器

GPIB(General Purpose Interface Bus)是测量仪器与计算机通讯的一个标准。通过**GPIB接口总线**，可以把具备**GPIB总线接口**的测量仪器与计算机连接起来，组成计算机虚拟仪器测试系统。**GPIB总线接口**分**二十四线(IEEE-488标准)**和**二十五线(IEC-625标准)**二种。



(3) VXI总线模块

VXI总线模块是另一种新型的基于板卡式相对独立的模块化仪器。从物理结构看，一个VXI总线系统由一个能为嵌入模块提供安装环境与背板连接的主机箱和插接的VXI板卡组成。与GPIB仪器一样，它需要通过VXI总线的硬件接口才能与计算机相连。



(4) RS232串行接口仪器

很多仪器带有RS232串行接口，通过连接电缆将仪器与计算机相连就可以构成计算机虚拟仪器测试系统，实现用计算机对仪器进行控制。

(5) 现场总线模块

现场总线仪器，是一种用于恶劣环境条件下的、抗干扰能力很强的总线仪器模块。与上述的其它硬件功能模块相类似，在计算机中安装了现场总线接口卡后，通过现场总线专用连接电缆，就可以构成计算机虚拟仪器测试系统，实现用计算机对现场总线仪器进行控制。

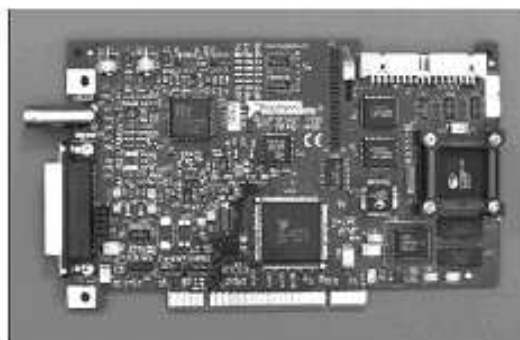
常用虚拟仪器的板卡



DAQ Card



Motion Control Card



IMAQ Card



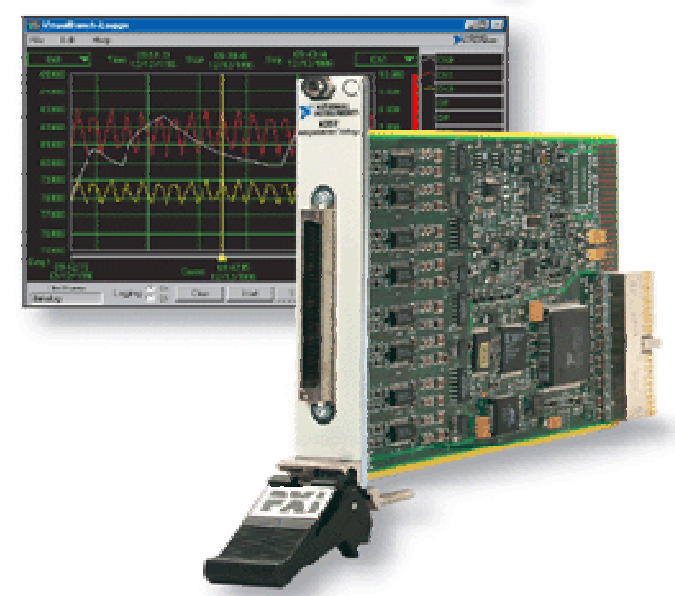
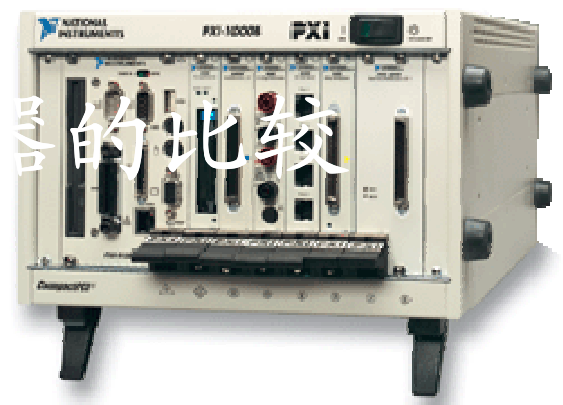
Field Point

NI 的 DAQ 及 VXI 产品示例



PXI 产品

0.5.3 虚拟仪器与仪器的比较



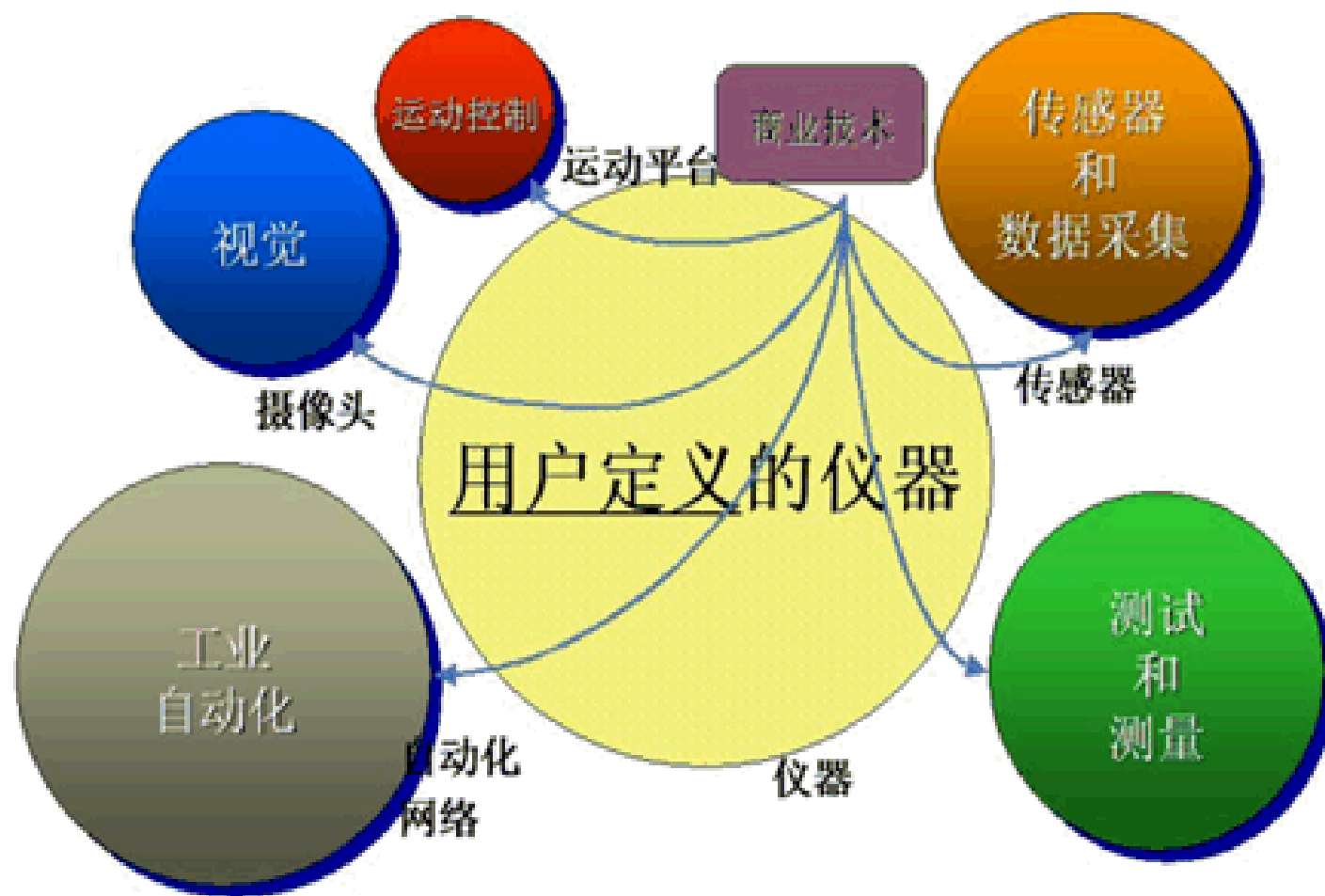
0.5.3 虚拟仪器与传统仪器的比较



传统仪器	虚拟仪器
功能由仪器厂商定义	功能由用户自己定义
与其它仪器设备的连接十分有限	可方便地与网络外设及多种仪器连接
图形界面小，人工读取数据，信息量小	界面图形化，计算机直接读取数据分析处理
数据无法编辑	数据可编辑、存储、打印
硬件是关键部分	软件是关键部分
价格昂贵	价格低廉，仅是传统仪器的五至十分之一
系统封闭、功能固定、可扩展性差	基于计算机技术开放的功能模块可构成多种仪器
技术更新慢	技术更新快
开发和维护费用高	基于软件体系的结构可大大节省开发费用

0.5.4 虚拟仪器的应用

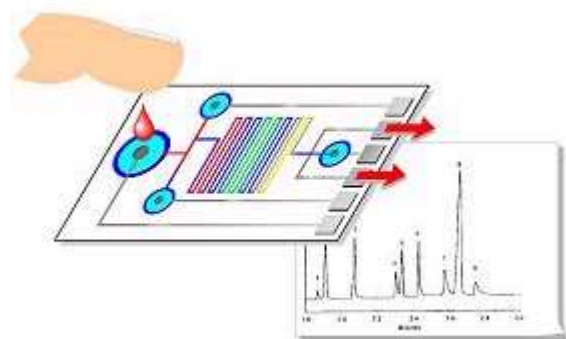
- ⊕ 航空
- ⊕ 航天
- ⊕ 教学
- ⊕ 核工业
- ⊕ 军工
- ⊕ 通信测试
- ⊕ 铁道
- ⊕



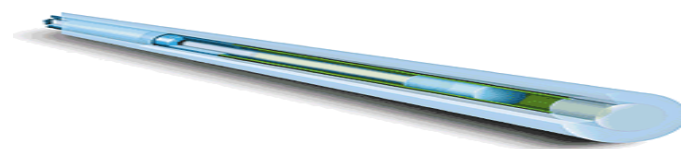
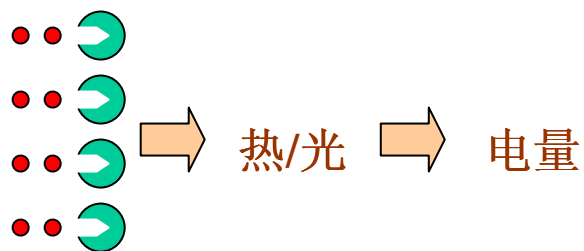
0.6 测试技术的未来发展趋势

1. 传感器方面

◆ 利用新发现的材料和新发现的生物、物理、化学效应开发出的新型传感器



生物酶血样分析传感器

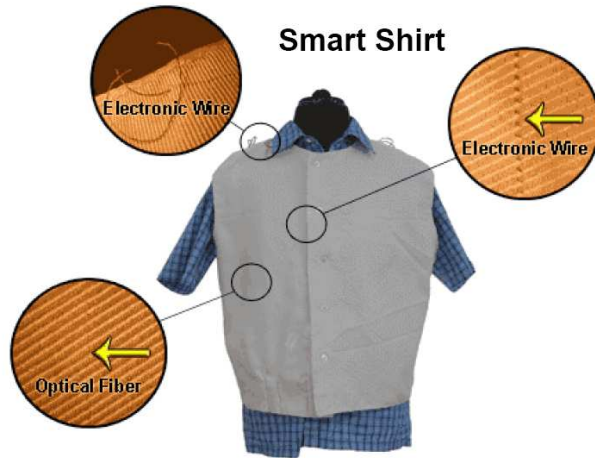


光纤流速传感器

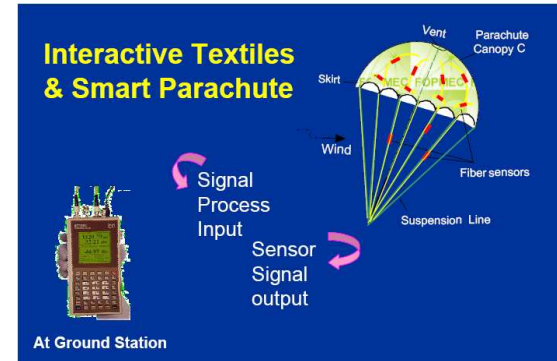


荧光材料制作的电子鼻传感器

0.6 测试技术的未来发展趋势



嵌入光纤和电导线的智能背心



智能降落伞



桥梁结构状态光纤智能监测系统



智能机翼——分布式光纤传感系统在航空航天领域的应用

0.6 测试技术的未来发展趋势

◆ 传感器+嵌入式计算机 → 智能传感器



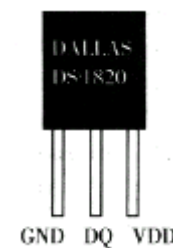
嵌入式计算机



智能倾角RS232
传感器



智能压力网络
传感器



IC总线数字温度
传感器

0.6 测试技术的未来发展趋势



◆ 传感器+无线通讯技术 → 无线传感网络

✓ **定义**: 由部署在观测环境内大量的传感器节点组成，其目的是协作感知、采集和处理网络覆盖地理区域中感知对象的信息，并通过无线通信方式彼此链接成一个无线网络系统。

✓ **传感器特点**: 感知能力+计算能力+通信能力；体积小；功耗低

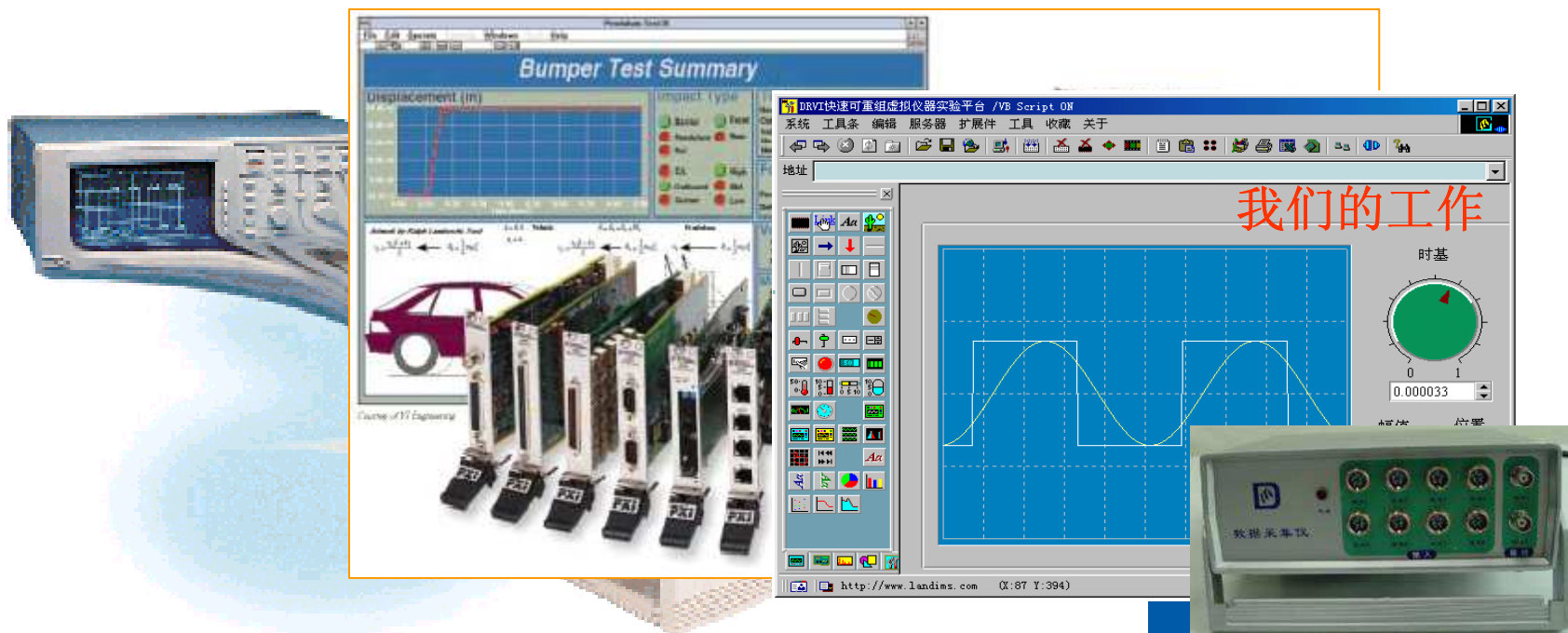
✓ **应用**: 军事、农业、医疗健康、环境科学、空间探索等

0.6 测试技术的未来发展趋势

2. 测量信号处理方面

借助计算机技术，将现代信息处理技术应用于测试系统中，形成具有高速信息实时处理、分布式多点、多变量测试网络等高智能化测试系统。

- ✓ 用PC机 + 仪器板卡 → 代替传统仪器
- ✓ 用计算机软件 → 代替硬件分析电路



0.6 测试技术的未来发展趋势



3. 系统结构方面

通用硬件测试平台

- ◆ 嵌入式系统;
- ◆ DSP处理器;
- ◆ PC机 + 仪器板卡 → 代替传统仪器
- ◆ 各类总线仪器: PCI PXI VXI 总线仪器

通用软件平台

- ◆ 以Labview, Labwindows CVI为代表的仪器开发软件;
- ◆ 系统操作软件;

0.6 主要传感器和测试仪器生产厂商

1. 工业自动化类传感器

美国**霍尼韦尔**公司（有全球最大**传感器**技术研究中心）



<http://www.honeywell.com/china>

2. 振动/噪声传感器

丹麦**B&K**（振动测量、声学测量领域最富盛名）

Brüel & Kjær 

<http://www.bksv.com/>



0.6 主要测试仪器生产厂商

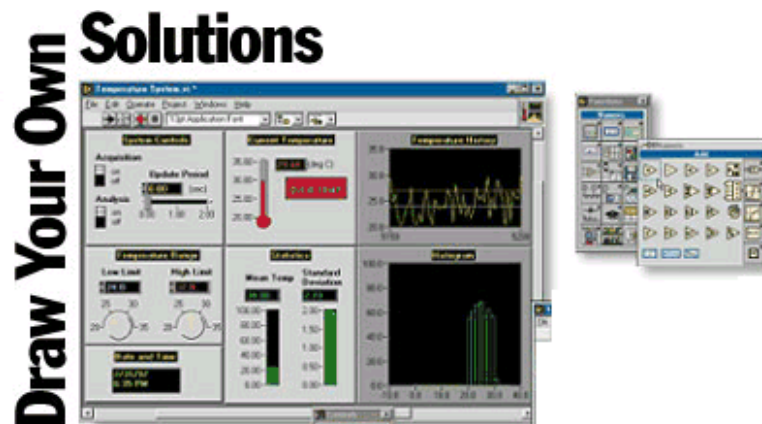


3. 测量分析仪器

美国国家仪器公司(全球最大的计算机虚拟仪器生产商)



<http://www.ni.com/>



美国Agilent公司(原惠普公司仪器部，著名的测试仪器商)



产品与服务 | 行业 | 关于 Agilent



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

思考题:

1. 列出你身边的测试技术应用的例子。
2. 现代测试系统的结构有哪些？
3. 什么是虚拟仪器