

传感器与测试技术基础

Sensors and Measurement Technology

检测技术与自动化工程系

闫蓓

新主楼E905



yanbei@buaa.edu.cn



1. 什么是传感器与测试技术？

1.1 测试系统的组成

1.2 测试方法的分类

1.3 测量、计量与测试

1.4 自动化仪表和仪表的防爆等级

2. 测试技术的工程应用

3. 测试技术的发展趋势

4. 主要传感器和测试仪器生产厂商

5. 课程内容概述及要求

课程内容 学习方法 教材及参考教材

教学计划（32学时） 教学要求

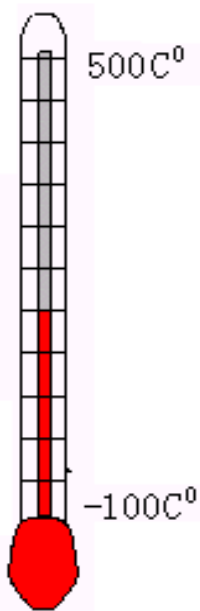
1. 什么是测试技术？

- 信息技术的重要组成部分
- 研究信息的提取与处理的理论、方法和技术。
- 信 息
信息是指客观世界物质运动的内容。
如：天气较冷、某处地震、刀具发生了磨损、李四病了。
- 信 号
信号是指信息的表现形式。
如：李四病了，可能会发烧；刀具磨损，切削力加大等。
- 信息与信号的关系：
对应任何一个信息，总可以找到多个与其对应的信号，而一个信号也往往包含着许多信息。

1. 什么是测试技术？

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。

非电量电测系统(本课程内容)



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。

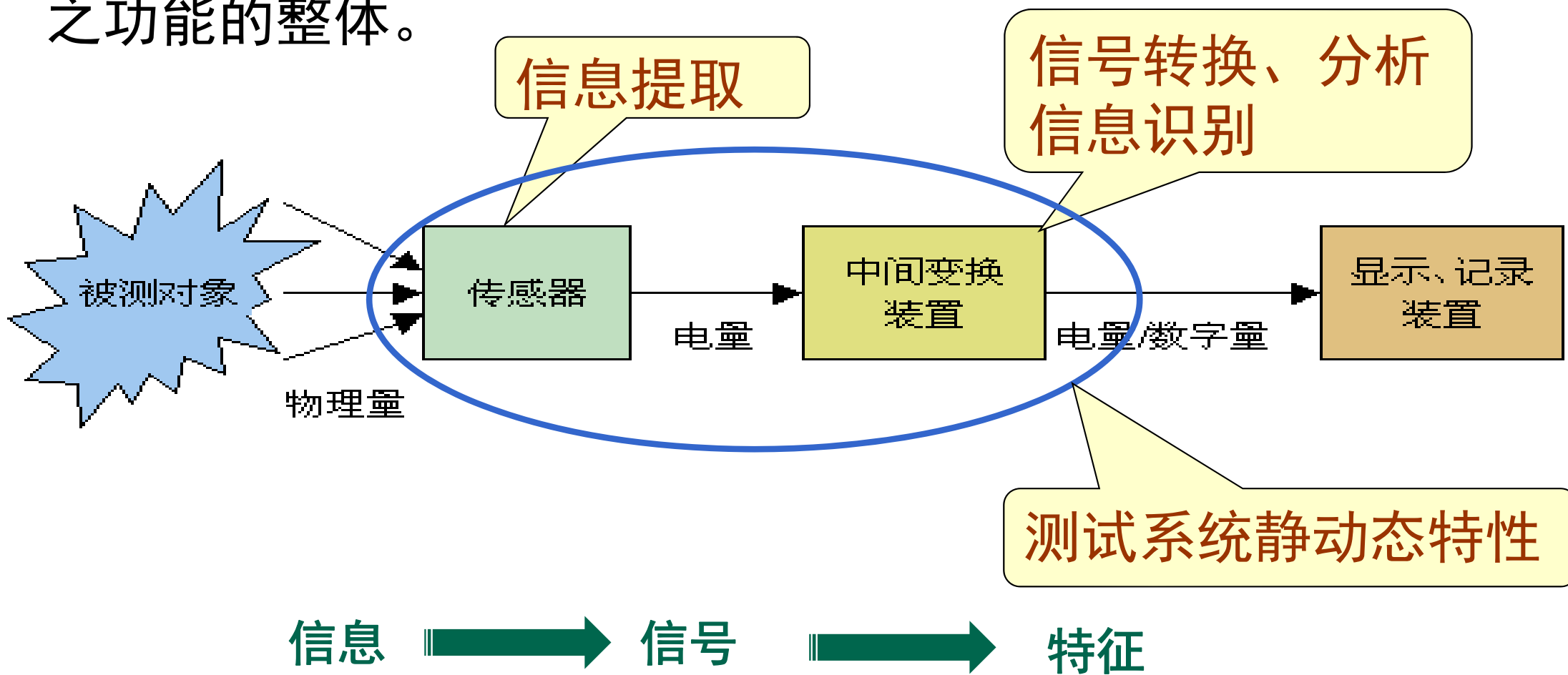


为提高测量精度和自动化程度，以便于和其它环节一起构成自动化装置，通常先将被测物理量转换为电量，再对电信号进行处理和输出。如图所示的声级计。

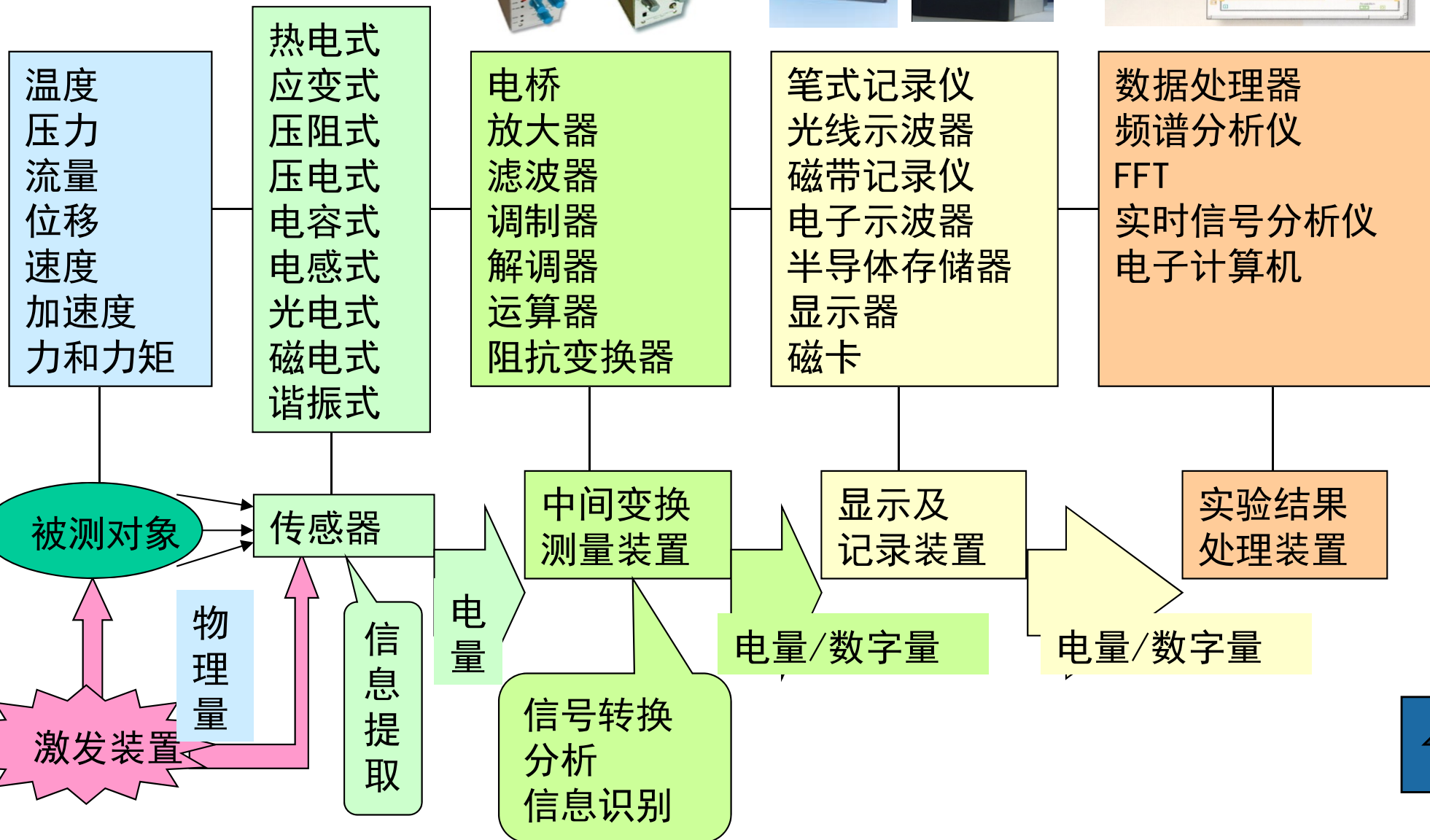
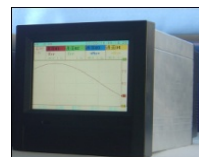


1.1 测试系统的组成

测试系统是由**传感器**、**中间变换装置**（信号调理和信号分析与处理）和**显示记录装置**组成并具有获取某种信息之功能的整体。



1.1 测试系统的组成



1.2 测试方法的分类

■ 直接测量和间接测量



直接测量——用已标定的仪器，直接地测量出某一待测未知量的量值。

间接测量——对与未知待测量 y 有确切函数关系的其他变量 x (或 n 个变量) 进行直接测量，然后再通过函数

$$y = f(x) \text{ 或 } y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

计算出待测量 y 。



阿基米德测量皇冠的比重

1.2 测试方法的分类

■ 接触式测量和非接触式测量

接触式测量

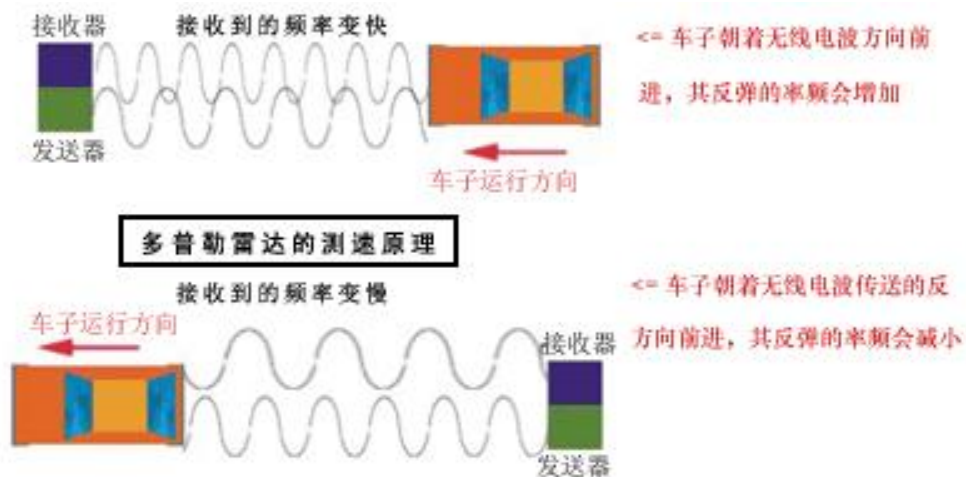
非接触式测量——避免了对被测对象的影响



雷达测速

车载电子警察

多普勒测速

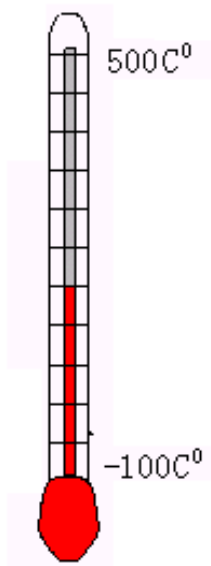


1.2 测试方法的分类

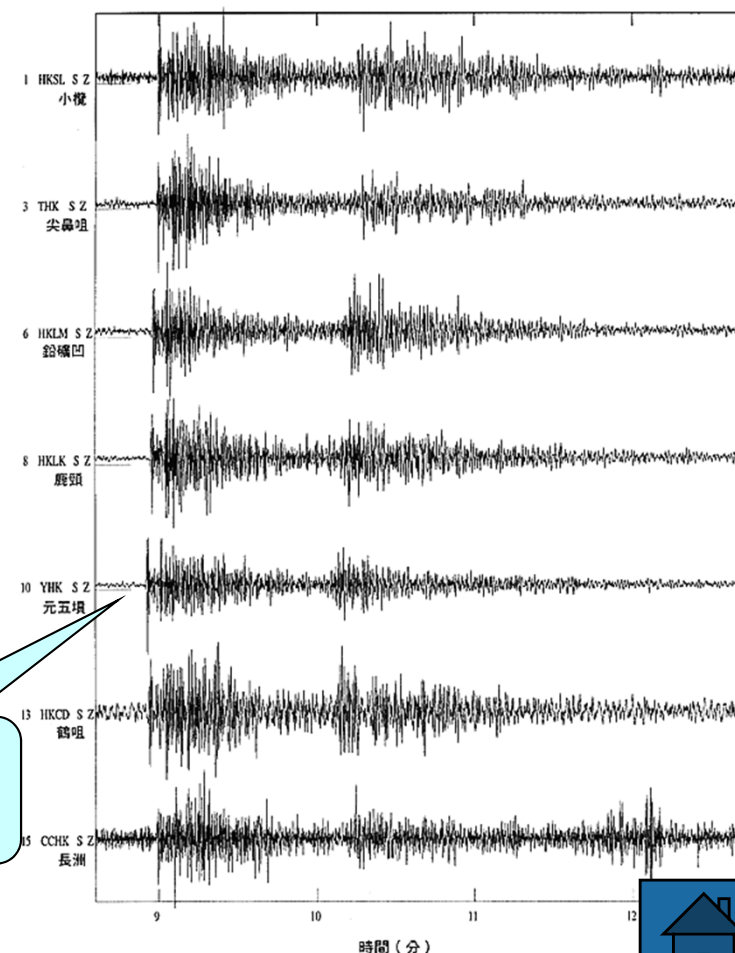
■ 静态测量和动态测量

静态测量：对不随时间变化或变化缓慢的被测量进行的测量。

动态测量：对随时间变化的被测量进行的测量，需确定被测量的瞬时值及其随时间变化的规律。

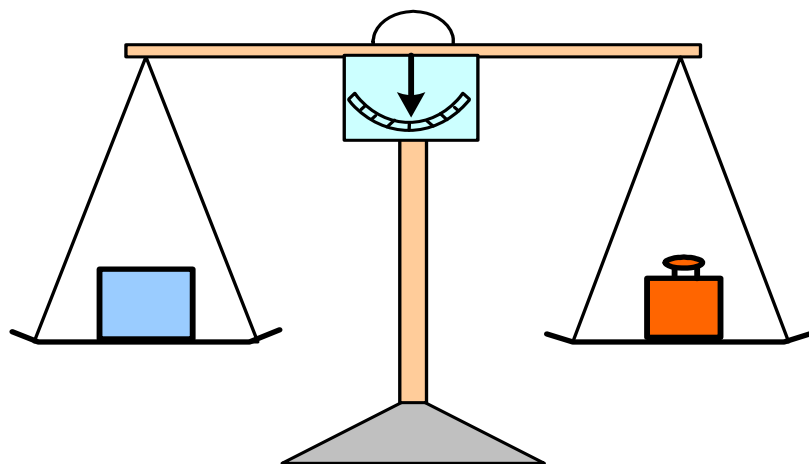


地震测量
振动波形

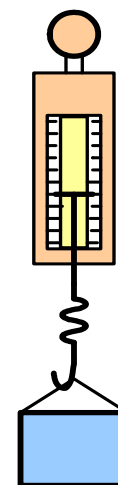


测量：以确定被测对象属性和量值为目的的全部操作。

被测量 $\xleftrightarrow{\text{比较}}$ 基准量 \longrightarrow 倍数 (结果 = 数值.单位)
直接/间接 \searrow 单位



(a) 天平直接比较



(b) 弹簧称间接比较

为使在不同的地方，用不同的手段测量同一量时，所得的结果一致，就要求**统一的单位、基准、标准和测量器具**。

计量：实现单位统一和量值准确可靠的测量。

计量的三个特征：统一性、准确性和法制性。

计量内容包括：单位的统一；

基准和标准的建立；

量值传递；

计量监督管理；

测量方法及其手段的研究等。

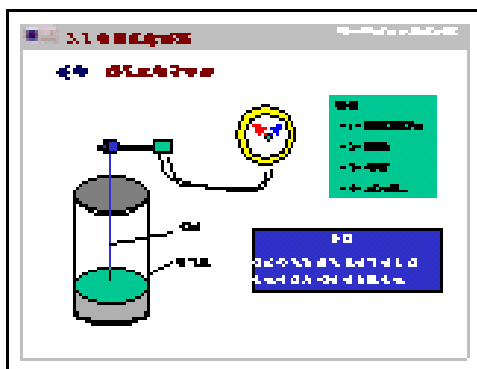
1.3 测量、计量与测试

测试：意义更为广泛的测量——具有试验性质的测量。

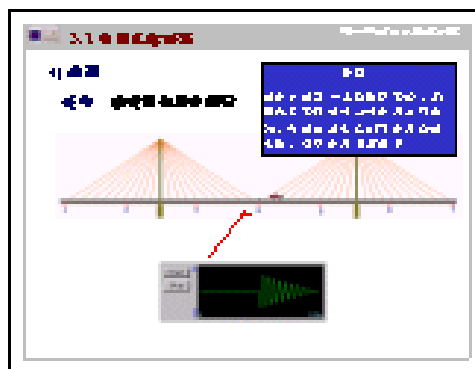
从信息获取角度：

信息提取（测量） 物理量 \Rightarrow 电量

信号转换、信息识别（极为重要） 模拟量 \Rightarrow 数字量



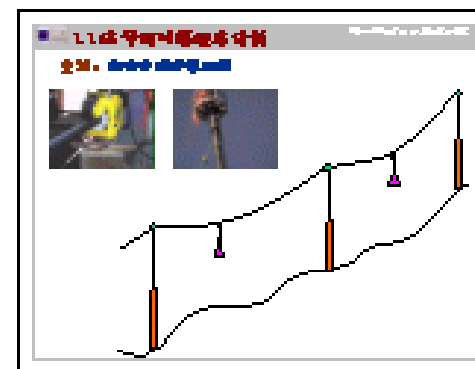
煤气包高度测量



桥梁固频测量



机翼模态分析



索道检测



1.4 自动化仪表和防爆仪表

自动化仪表可以实现测量、显示、记录或测量、控制、报警等，本身是一个系统，又是整个自动化系统中的一个子系统。

防爆仪表是能在具有爆炸性混合物的环境中安全使用的电动仪表。

- 普通型 不考虑防爆措施，用于非易燃易爆区
- 隔爆型 采取了一定的防爆措施，允许使用在有一定危险性的环境
- 本安型 本质是安全型，特殊设计，正常和故障状态不会引起燃爆，可用于十分易燃易爆场所。

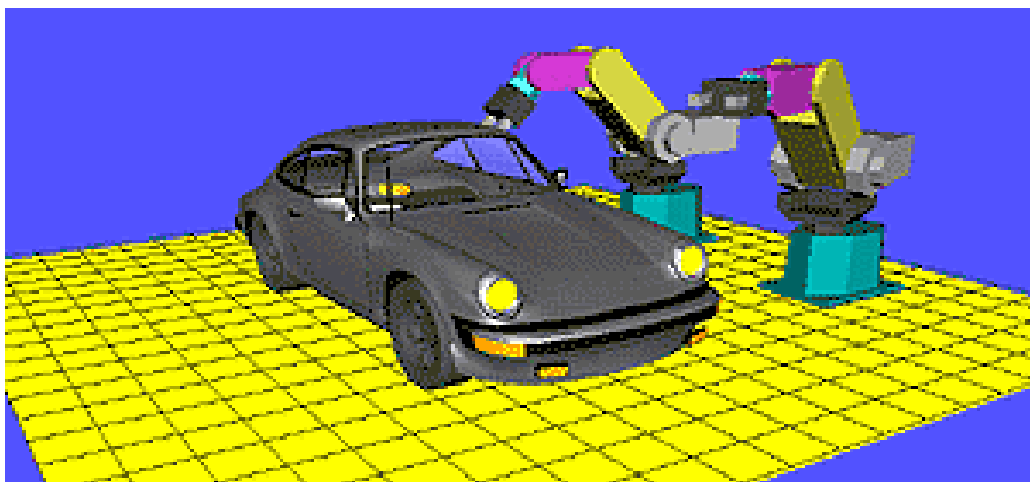


2. 测试技术的工程应用

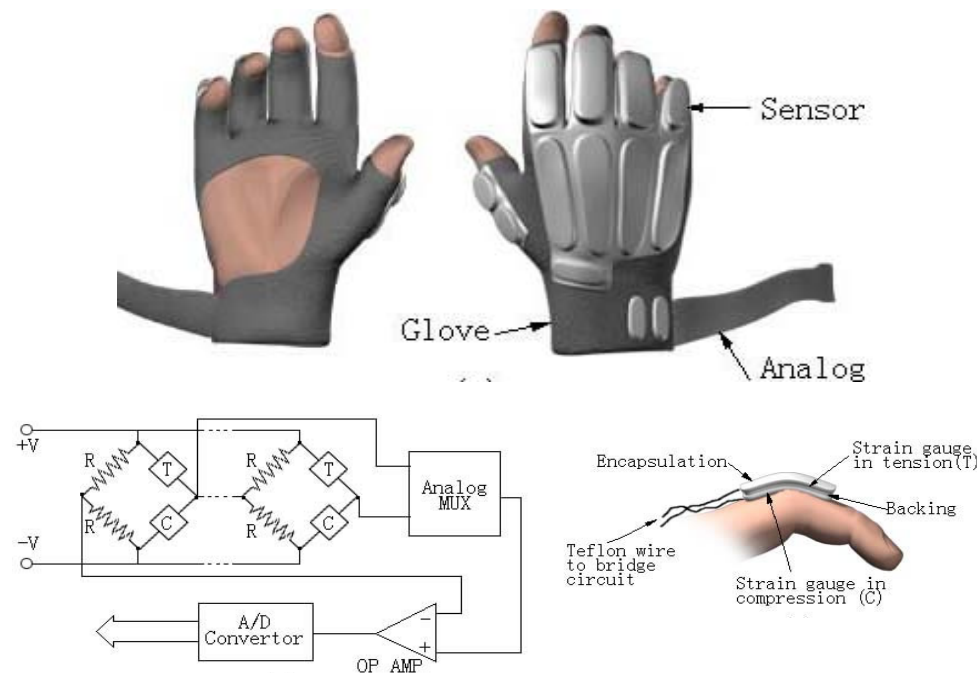
(1) 工业自动化中的应用 系统感官作用

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



电阻式传感器

2. 测试技术的工程应用

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。



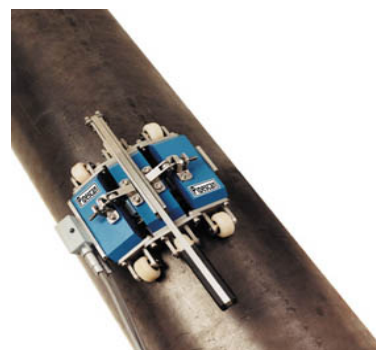
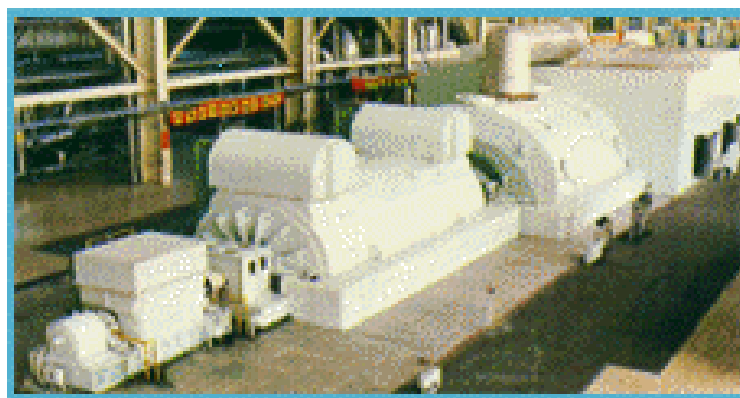
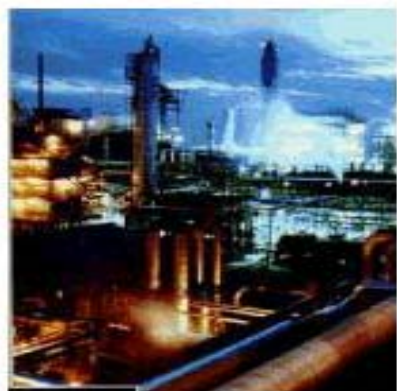
香港理工AGV模型



2. 测试技术的工程应用

(2) 流程工业设备运行状态监控

电力、冶金、石化、化工等流程工业中，生产线上设备运行状态关系到整个生产线流程。通常建立24小时在线监测系统。



石化企业输油
管道、储油罐
等压力容器的
破损和泄露检
测。

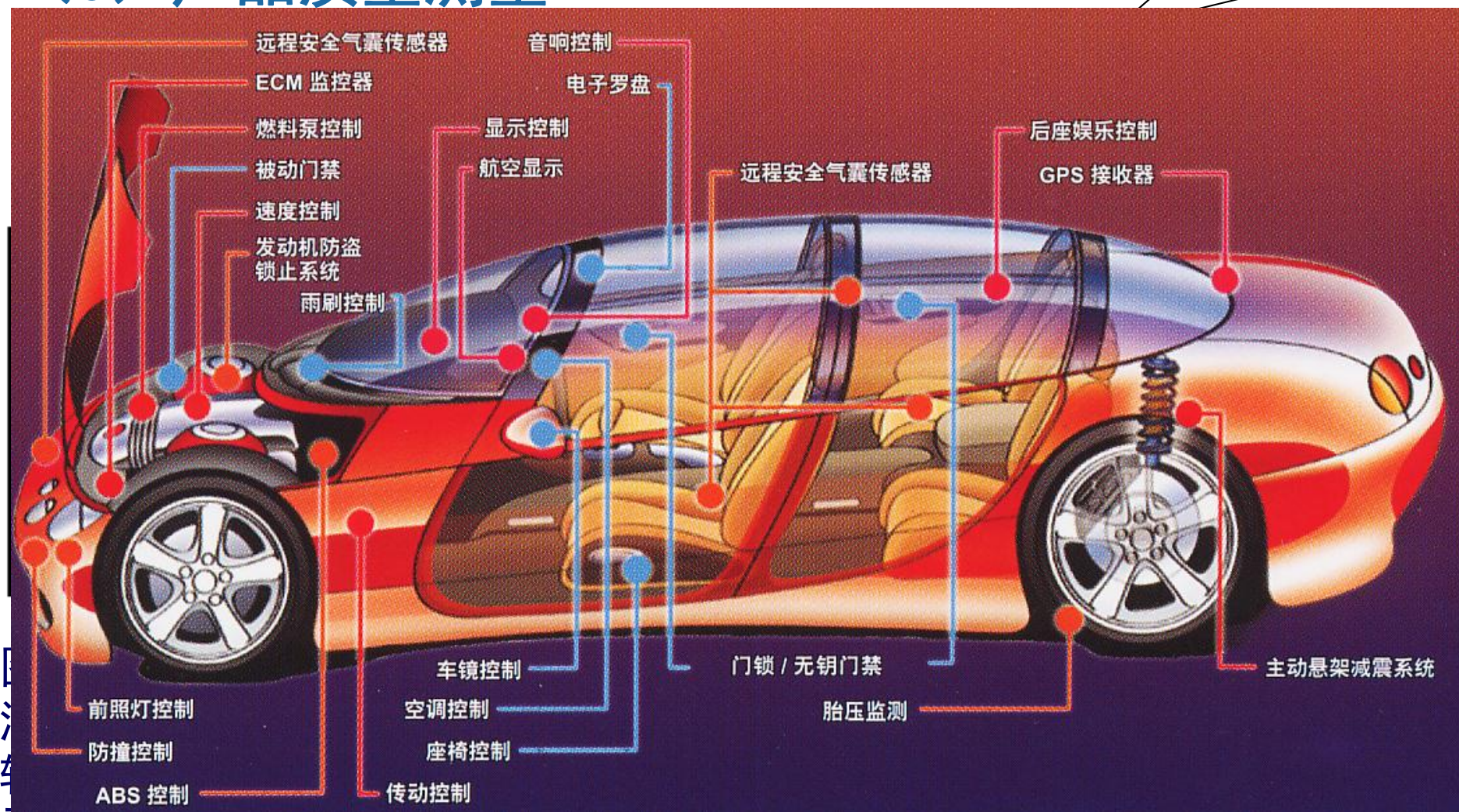


2. 测试技术的工程应用

50%~70%

程学院
ctrical Engineering

(3) 产品质量测量



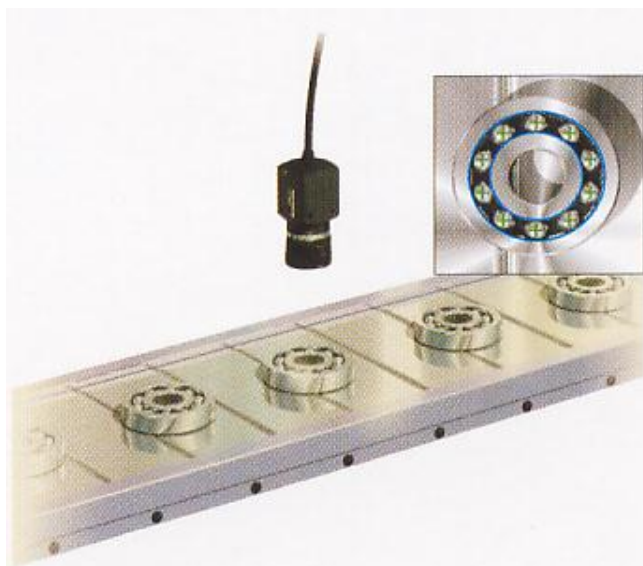
了解产品质量。

机床加工精度测量

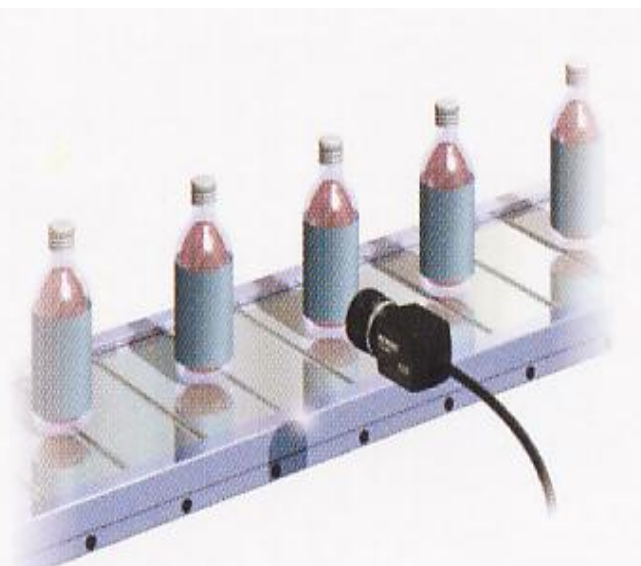
2. 测试技术的工程应用

测试技术在工业生产领域的应用

在线检测：零件尺寸、产品缺陷、装配定位…



检查轴承 / 滚珠是否脱漏



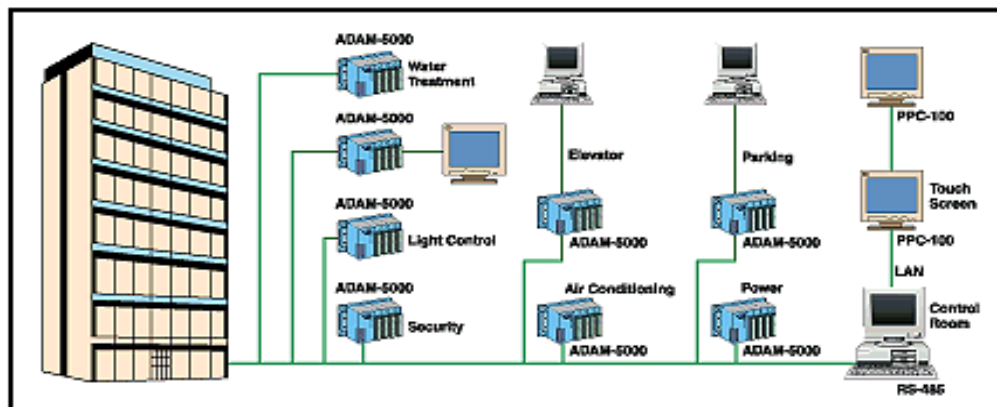
检查容器内的液位



2. 测试技术的工程应用

(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

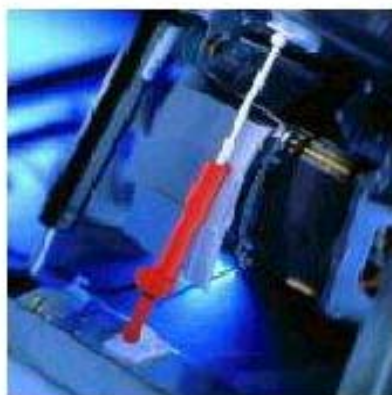


红外人体探测器

2. 测试技术的工程应用

(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。



指纹传感器



透光率传感器



温湿度传感器



温度传感器

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)。

2. 测试技术的工程应用

(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



(7) 测试技术在军事上的应用

军事战斗力

- 1991年海湾战争 精确制导炸弹和导弹占8%
- 2003年伊拉克战争 → 90%
- 1994年美国防部建立自动测试系统执行局
→ 立体作战

美军研制的未来单兵作战武器——OICW



夜视瞄准机系统：非冷却红外传感器技术

激光测距仪：可精确的定位目标。在发射20毫米高爆炸弹时，激光测距仪可将目标的距离信息自动传输至高爆炸弹的爆炸引信，以便精确的设定引爆时间。

测试技术在国防领域的应用 美国国家导弹防御计划---NMD



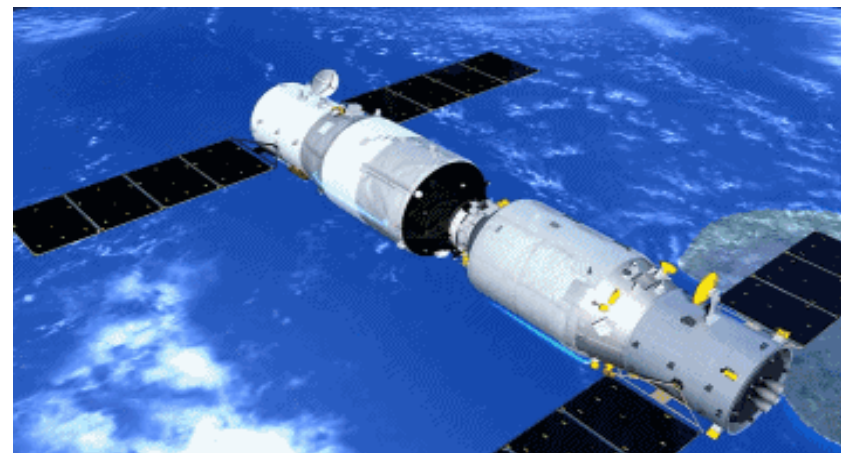
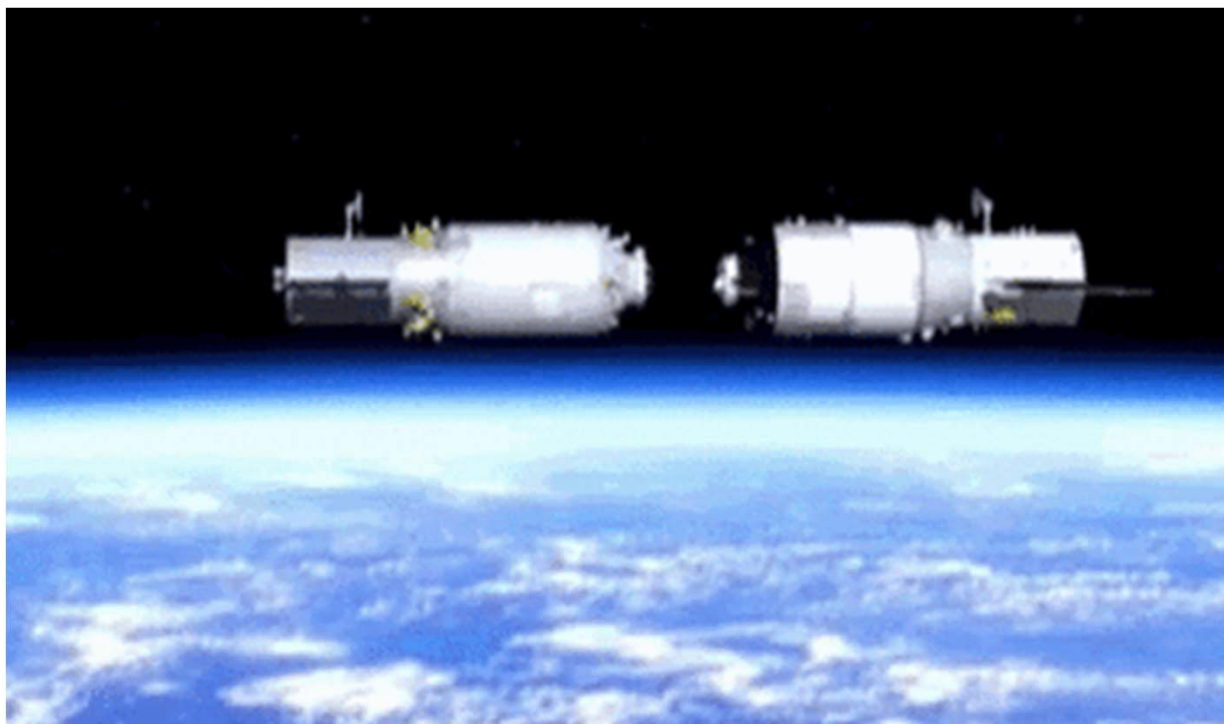
- 1.地基拦截器
 - 2.早期预警系统
 - 3.前沿部署(如雷达)
 - 4.管理与控制系统
 5. 卫星红外线监测系统
- 监测系统: 探测和发现敌人导弹的发射并追踪导弹的飞行轨道;
- 拦截器: 能识别真假弹头, 敌友方

2. 测试技术的工程应用

美军为第四代战机研制的联合头盔瞄准系统(JHMCS),作为世界上最先进的坐舱设备之一,它整合了各种重要机载数据,佩带JHMCS的飞行员能只需目视来跟踪,锁定近距离目标,按下按钮发射导弹即可。



(8) 测试技术在航天领域



2017年9月13日23时58分，天舟一号货运飞船与天宫二号空间实验室**自主快速交会对接试验**顺利完成，耗时仅6.5个小时！

2. 测试技术的工程应用

(9) 其他应用

农业



交通



医学



.....教学实验、气象预报、大地测绘、
灾情预报、交通指挥、.....

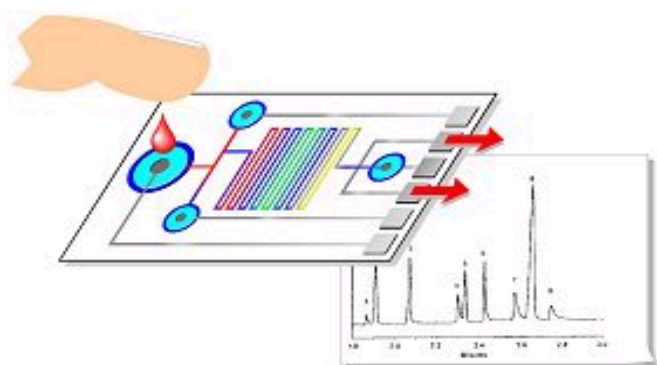
涵盖 吃穿用、农轻重、海陆空



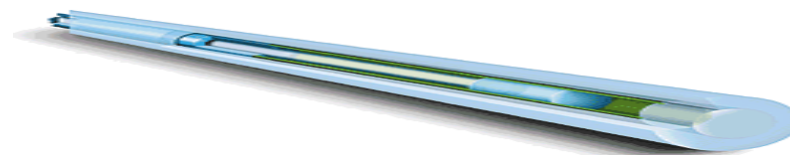
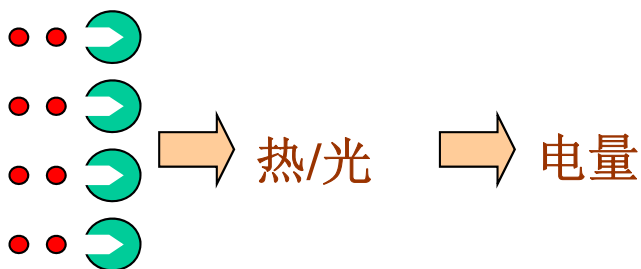
3. 测试技术的发展趋势

(1) 传感器方面

a) 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

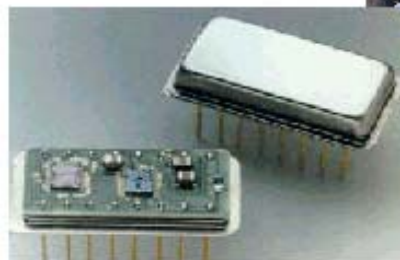
3. 测试技术的发展趋势

b) 传感器+嵌入式计算机 → 智能传感器



嵌入式计算机

振动网络传感器



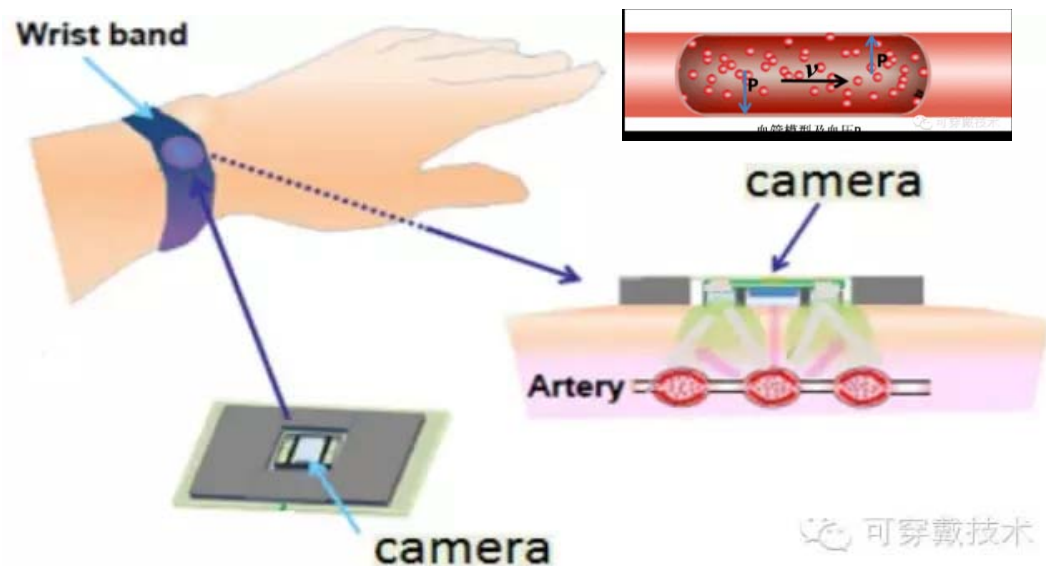
智能压力网络
传感器



智能倾角RS232传
感器

3. 测试技术的发展趋势

c) 网络技术、大数据技术、可穿戴技术



3. 测试技术的发展趋势

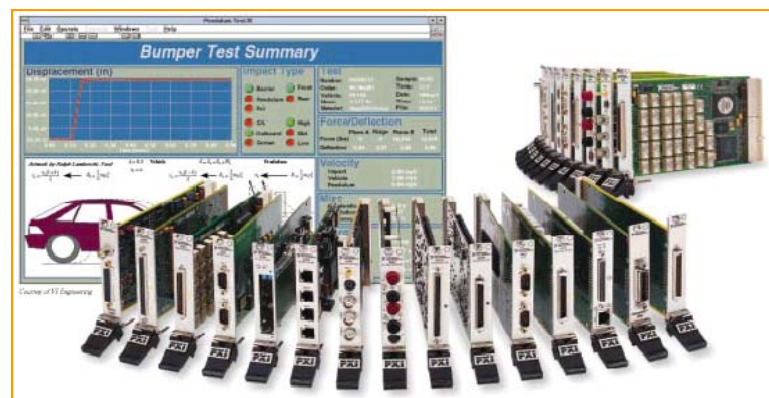
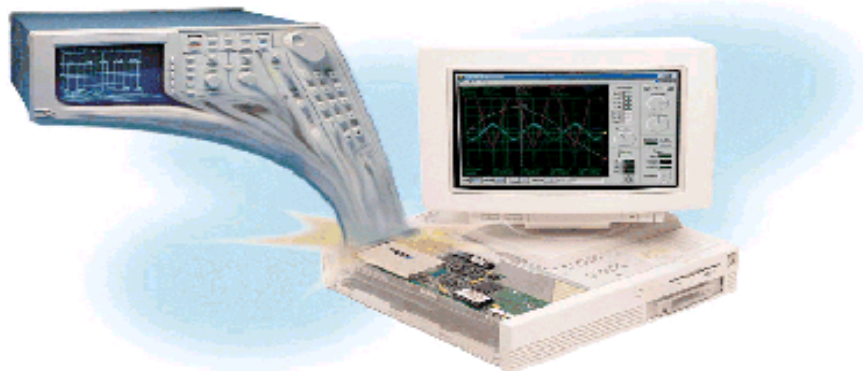
(2) 测量信号处理方面

计算机虚拟仪器技术

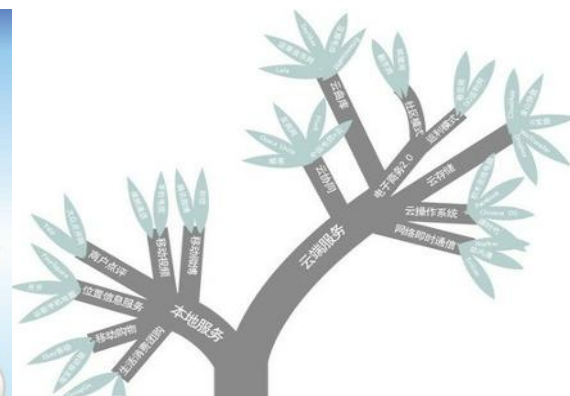
用PC机+仪器板卡 → 代替传统仪器
用计算机软件 → 代替硬件分析电路



优点



(移动) 互联网技术



4. 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/>



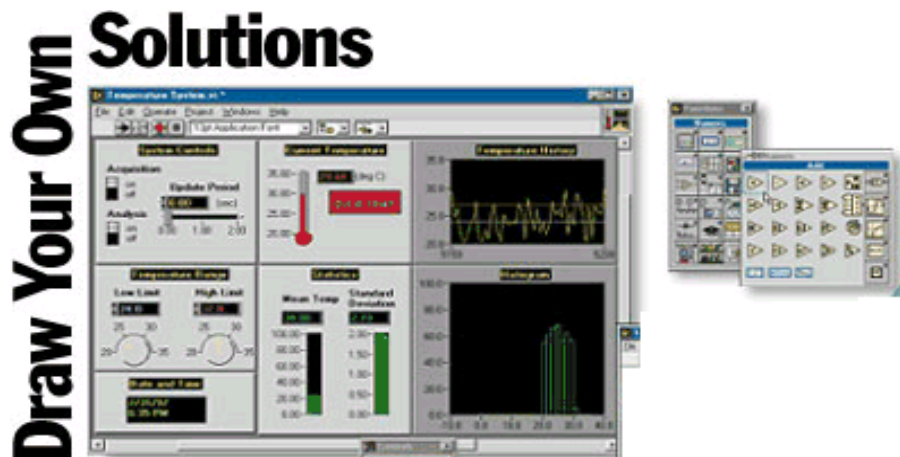
4. 主要传感器和测试仪器生产厂商

(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

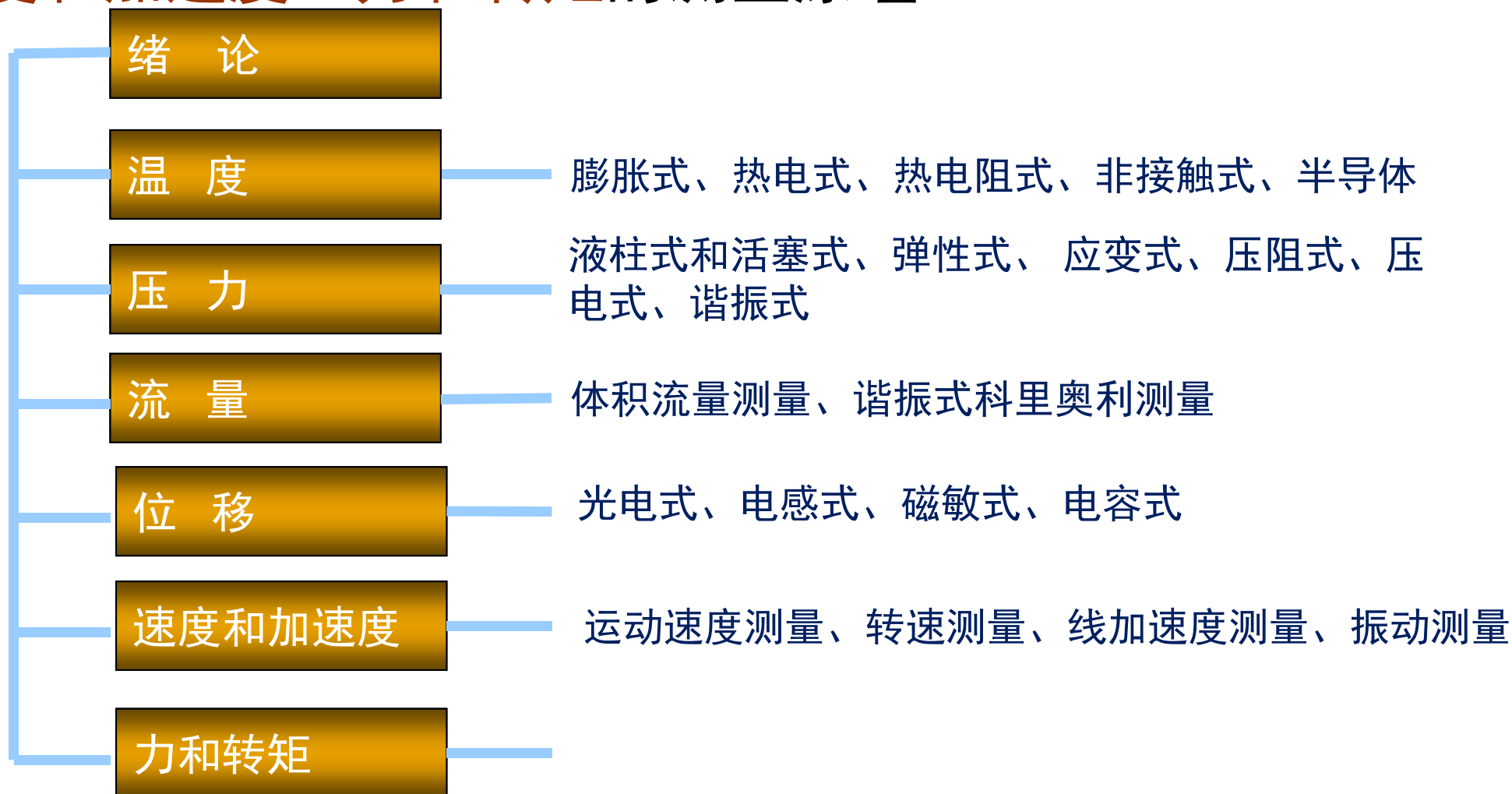


<http://www.agilent.com.cn/>



5.课程内容概述及要求---课程内容

◆ 主要介绍常见物理量温度、压力、流量、位移、速度和加速度、力和转矩的测量原理。



5.课程内容概述及要求----学习方法

物理学、材料力学、理论力学、电子技术基础，数学基础知识
信号与测试技术是一门与材料科学、微电子技术、信息技术等密切相关的快速发展的学科。

课件+讲义+作业+参考教材

理论学习、实践学习、研究学习三元并重。

课件：课程中心

教 材：

自编讲义 信号与测试技术

参考教材：

樊尚春，周浩敏. 信号与测试技术. 北京：北京航空航天大学出版社. 2004

李晓莹. 传感器与测试技术. 北京：高等教育出版社，2004.

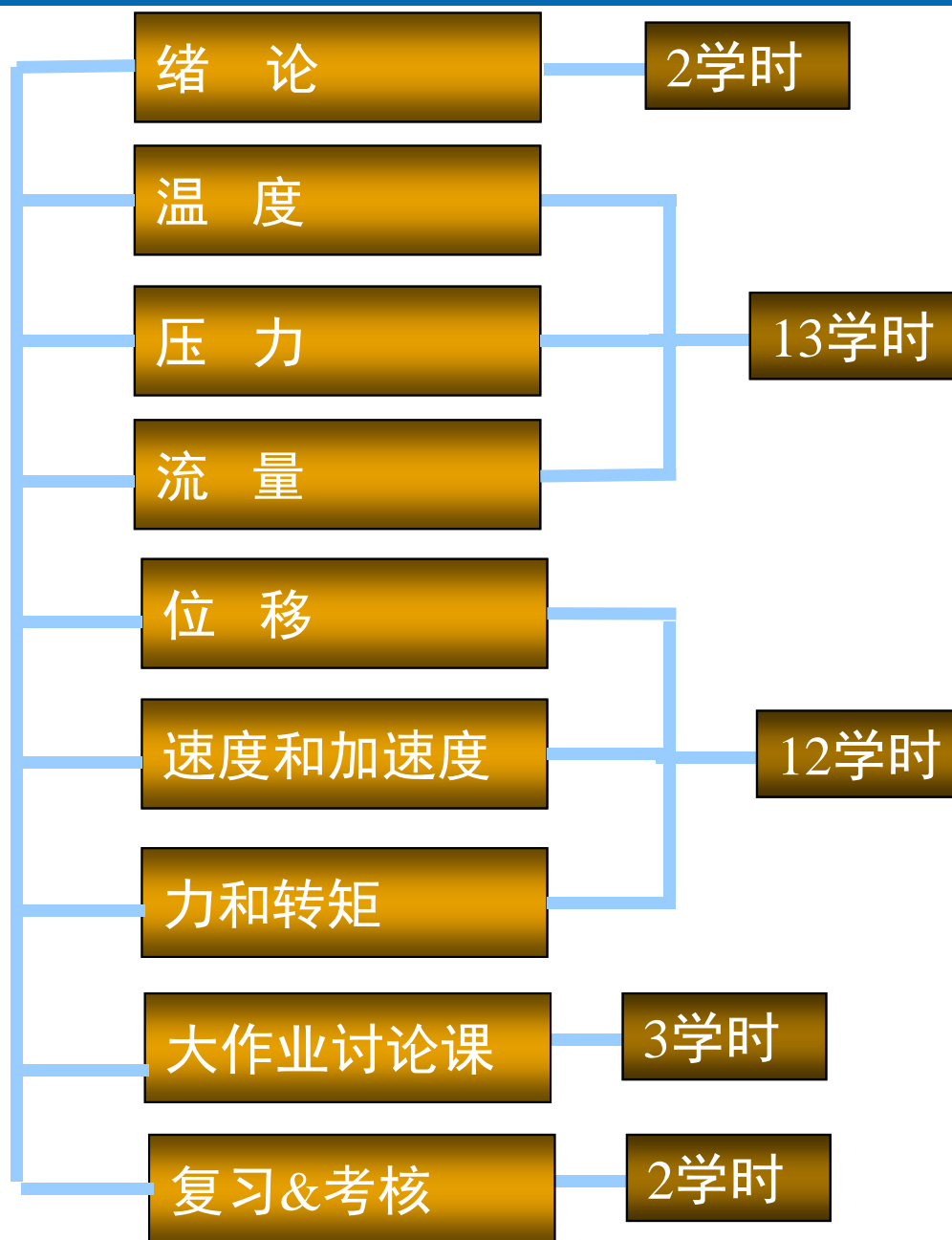
5.课程内容概述及要求---教学计划（32学时）&考核要求

北航 自动化科学与电气工程学院
School of Automation Science and Electrical Engineering

考核要求

作业+考勤：30%。

期末考试：70%，开卷。



1. 列出你身边的测试技术应用的例子。

