

Chapter 1: Basic Concepts of Design of M&C Instruments

Lecture 2: Trends and Design Requirements of Measurement & Control Instruments

王代华，博士，教授，博士生导师
Dr. Dai-Hua, Wang, Professor

PILab 精密與智能實驗室
Precision and Intelligence Laboratory

<http://www.pilab.coe.cqu.edu.cn/>

Email: dhwang@cqu.edu.cn

Tel: 023-65112105(O), 65102511(Lab)

重庆大学，光电工程学院

© Copyright by D. H. Wang 2009 All rights reserved.

Outline of Lecture 2

- ❑ Properties and prospect
- ❑ Design requirements
- ❑ Design procedure



Properties and Prospect--Trends

- ❑ High precision
- ❑ High *efficiency*
- ❑ High reliability
- ❑ Intelligent
- ❑ Modulization
- ❑ Multi-dimensional
- ❑ Multi-functional
- ❑ Application of new principles
- ❑ Update the old instruments with new technology



Trends—High Precision

m—mm— μ m—nanometer

“布手知尺，掬手为升，取权知重，滴水计时”。

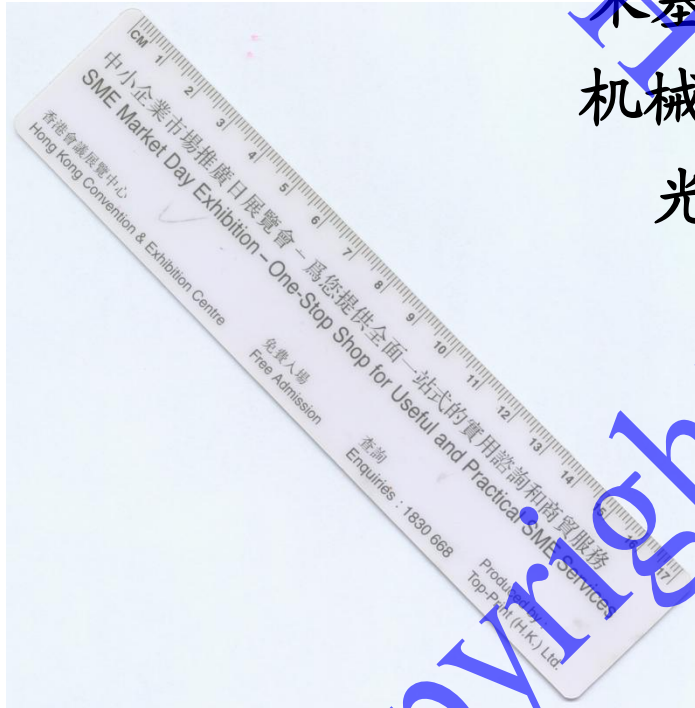
米基准的建立及发展

机械式量仪, 气动量仪

光学机械式量仪

电学式量仪

.....
STM



Nanostep 3000

Ultra precision step height and surface finish measurement



Trends--Multi-dimensional



**CNC Coordinate
Measuring Machines**



3D Vision System

The point data on three-dimensional curved surfaces can be captured in production lines in high precision, high speed, and high density.

Trends--Multi-parameter

□ 在许多场合，希望通过测量反映被测全貌，除了三维测量外还需要多参数同时测量，如同时测出某点温度、湿度和应变，这就要求一台仪器多功能化。

✍ **Ex:** 利用钛酸钡-钛酸铝组成的多孔陶瓷，其电容量与温度有关，电阻量则与湿度成函数关系，这样从测得的电容和电阻就可测得温度和湿度。

✍ **Ex:** 由集成传感器组成的测量系统，可以同时测得力、速度、振动、应变等多种参数，这种多参数融合测量仪器也是发展的重要方向。

Trends—Modulization (1/2)

- ❑ 在信息技术昌盛的时代，有关仪器中的信息转换和显示部分，与一般信息过程的技术如计算机技术和光电显示技术等越来越接近，因此，仪器的发展趋势是组件化。
- ❑ 仪器功能更多地体现在敏感元件或传感器方面，而后二种功能则可采取标准的信息器件。
- ❑ 根据不同测试的要求，传感器的形式和原理是多种多样变化的。一般要求灵敏可靠、体积小、反应快、多维检测(动态)、环境适应性强、寿命长和地带方便。但也有基于高要求而更复杂化的。
- ❑ Cont.

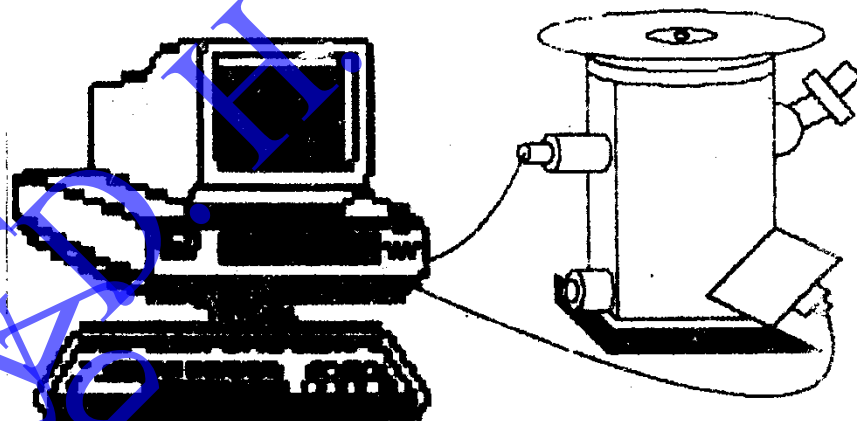
Trends--Modulization (2/2)



Trends--Update (1/2)



6JA干涉显微镜



自动扫描读数
外差干涉显微镜

Trends--Update (2/2)

自动扫描干涉显微镜

工件

PZT

PZT驱动电路

IBM 286 计算机

打印机

接口电路

信号处理电路

驱动电路

CCD

6JA干涉显微镜

参考相位调

CCD扫描采

计算机处理

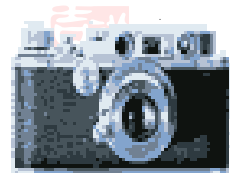
系统

智能实验室
nd Intelligence Laboratory

E-mail: dhwang@cqu.edu.cn
URL: <http://www.pilab.coe.cqu.edu.cn/>

苗读数外差 收镜

计算机处理及控制系统



Trends--Application of New Principles

□ 不断研究新原理以及基于新原理的新仪器用于测量

✍ 极端参数--超高电压、超高/低温、超大尺寸、原子空间

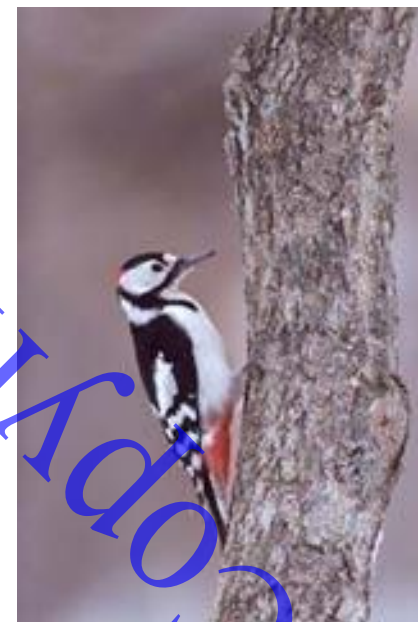
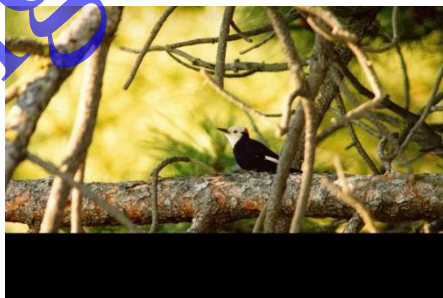
✍ 特种参数--颜色、气味

□ Ex: 仿生仪器就是仿照生物的功能、特点来开发未来的新型仪器

✍ 研究狗鼻的结构来探索嗅觉测量仪

✍ 研究人体功能制成相应的医疗仪器

✍ 研究啄木鸟的结构开发隔震仪器



Design Requirements

- ☐ Precision
- ☐ Efficiency
- ☐ Reliability
- ☐ Economic
- ☐ Condition



Design Requirements--Precision (1/4)

□ Precision indexes

- ✍ **Linearity**
- ✍ **Indicate error and repeatability**
- ✍ **Sensitivity**
- ✍ **Resolution**
- ✍ **Stability and zero draft**
- ✍ **Hysteresis**
- ✍ **Dynamic deviation error**
- ✍ **Dynamic repeatability error**
- ✍ **Frequency response accuracy**



Design Requirements--Precision (2/4)

- ❑ 为表征一台仪器的性能和达到的水平，应有一些精度指标要求
- ❑ 精度指标不是每一台仪器都必须全部满足，而是根据不同的测量对象和不同的测量要求，选用最能反映该仪器精度的一些指标组合来表示。

Design Requirements--Precision (3/4)

- ❑ The precision of an instrument is subject to the measured object:

 **1/3 Law:** The total error of the measuring instrument must be less or equal to $1/3$ the expected error of the measured object when the total error of the measuring instrument contributes little to the total error of the measurement.

 **1/2 Law:** The total error of the measuring instrument may be less or equal to $1/2$ the expected error of the measured object when the total error of the measuring instrument contributes much to the total error of the measurement.

Design Requirements--Precision (4/4)

- ❑ Instrument error $\subset$ Measurement error
- ❑ In order to ensure the instrument precision, some fundamental principles should be abided by.



Design Requirements--Efficiency

- 一般情况下仪器的检测效率应与生产效率相适应。
 - ✍ 在自动化生产情况下，检测效率应适合生产线节拍的要求
- 提高检测效率不仅有经济上的效益，有时对提高检测精度也有一定作用，因为缩短了测量时间可减少环境变化对测量的影响。
- 提高检测效率同时还可以节省人力，消除人的主观误差，提高测量的可靠性。

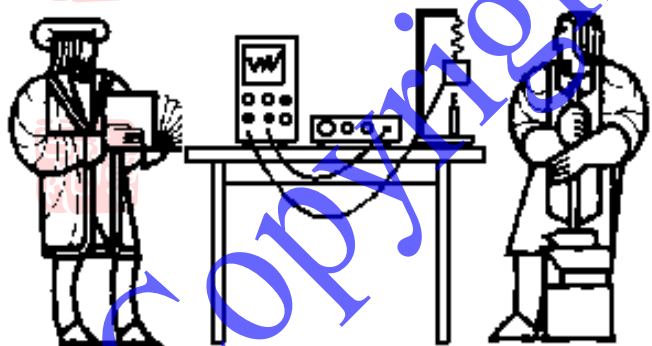
Design Requirements--Reliability

□ 对仪器的可靠性要求是十分必要的。

✍ 一台测量仪器或一套自动测量系统，无论在原理上如何先进，在功能上如何全面，在精度上如何高，若可靠性差，故障频繁，不能长时间稳定工作，则该仪器或系统就无使用价值。

□ 可靠性要求，就是要求设备在一定时间、一定条件下不出故障地发挥其功能的概率要高。

□ 可靠性要求可由可靠性设计来保证。



We trust our instruments because they are designed deliberately by ourselves. Ah ha ...

Design Requirements--Economical

- ❑ 仪器设计时应采用各种先进技术，以获得最佳经济效果。
- ❑ 盲目追求复杂、高级的方案，不仅会造成仪器成本的急剧增加，有时甚至无法实现。

Be aware of complexity, but make it simple!

- ❑ 仪器设计时应尽量选择最经济的方案：技术先进、零部件少、工艺简单、成本低、可靠性高、装调方便
- ❑ 仪器设计时要考虑仪器的功能，具有较好的功能与产品成本比，即价值系数高。

Design Requirements--Using Condition

□ 使用条件不同，仪器的设计也不同

- ✍ 如在室外使用的仪器仪表应适应宽范围的温度、湿度变化，以及抗振和耐盐雾
- ✍ 在车间使用除了防振外，电磁干扰，尤其是强电设备启动的干扰应重点防范
- ✍ 在易燃易爆场合下工作的仪器仪表则要求防爆和阻燃
- ✍ 在线测量与离线测量：在线测量要求结构简单、重量轻、误差分离、测量效率高、抗干扰
- ✍ 连续工作与间歇工作

Design Requirements--造型要求

- 仪器的外观设计极为重要，优美的造型、柔和的色泽是人们选择产品的考虑因素之一，有利于销售，同时也会使操作者加倍爱护和保养仪器，延长使用寿命，提高工作效率。

Properties of Instrument Design

❑ Types of instruments according to design

- ✍ **Special instrument design:** 根据用户的专门需要、针对特定的被测对象、被测参数设计专用仪器
- ✍ **General instrument design:** 设计通用产品和系列产品，以最少的产品系列来覆盖最大的社会需求
- ✍ **Development design:** 根据技术发展和对社会需求的预测，进行开发性设计

❑ Design procedure of instruments

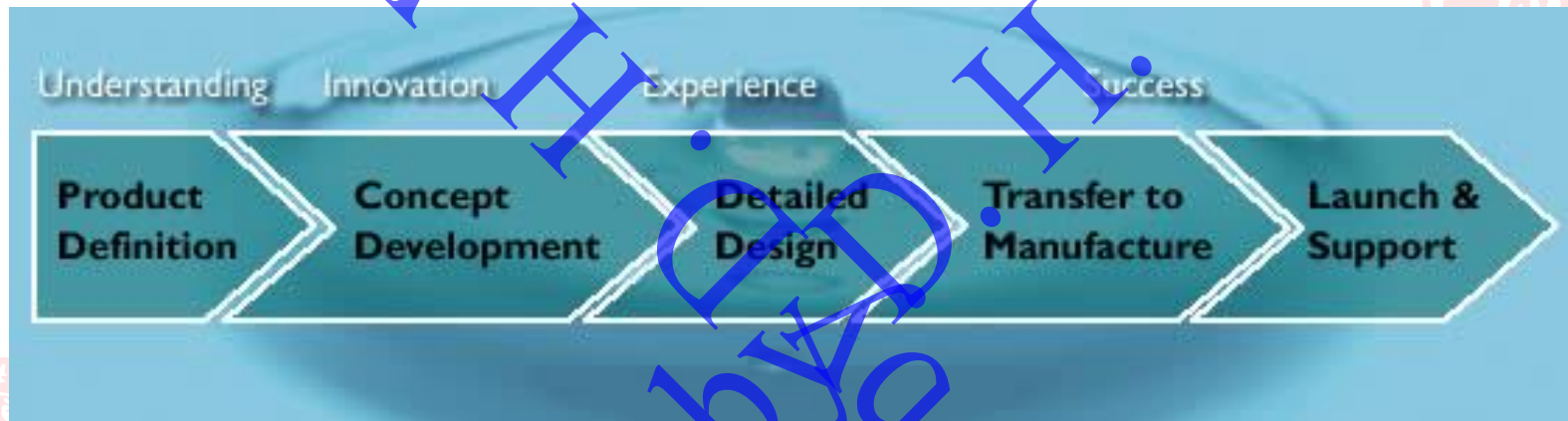
Design Procedure of Products (1/3)



Idea to Market Services

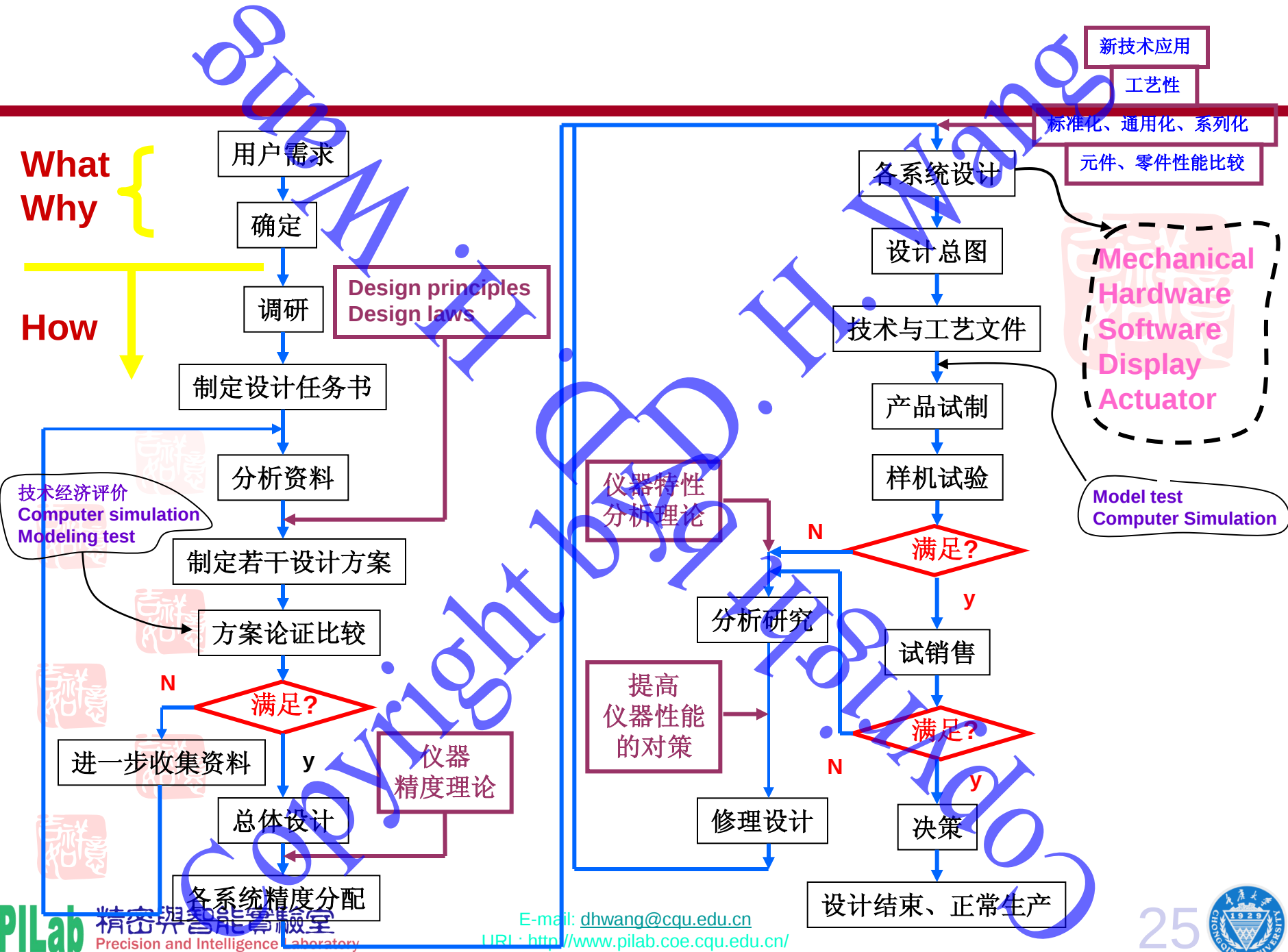
From http://www.invotech.com.au/pages/itm/itm_ovrvu.html#

Design Procedure of Products (2/3)



What
Why

How



The End



*Thank you very much for
your attention !*

