

第三章

# 過程裝備控制技術及應用

## 過程檢測技術

# 目 錄

## CONTENTS

### ■ 3.1

測量基本知識

### ■ 3.2

誤差

### ■ 3.3

壓力測量

### ■ 3.4

溫度測量

### ■ 3.5

流量測量

### ■ 3.6

轉速和轉矩測量

### ■ 3.7

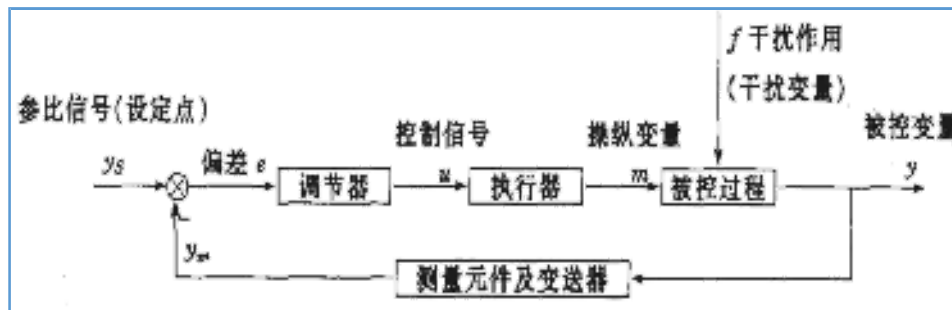
液位測量



## ■ 3.1 測量基本知識

### 一. 測量的概念

- 1.測量：人類對自然界的客觀事物取得“數量概念”的認識過程。
- 2.測量過程：使用專門設備，求出被測未知量的數值。
- 3.應用領域：過程控制、科學實驗、日常生活。
- 4.測量目的：準確獲取被測對象特徵參數的定量信息。
- 5.測量技術反映了一個國家的經濟發展和科學技術水平。



**測量就是為取得任一未知參數而做的全部工作。**

### ■ 3.1 測量基本知識

6.測量的定義： 借助儀器設備，把被檢測量與相應單位進行比較，求

取二者之比值，得到被檢測量數值大小的過程。

用數學形式描述測量的基本方程式為：

$$x = \frac{A}{U}$$

式中：

$x$  被檢測量  
 $U$  被檢單位



## ■ 3.1 測量基本知識

---

### 測量過程三要素

- ① 測量單位
- ② 測量方法
- ③ 測量儀器與設備





## ■ 3.1 測量基本知識

---

### 測量方法與測量原理

**測量方法：**指實現被測量與單位進行比較并取得比值所采用的方法。

**測量原理：**指儀器、儀表工作所依據的物理、化學等具體效應。



### 二. 測量方法


#### 1. 測量方法的分類 (1) 直接測量法

①用“被檢測量”與單位進行直接比較得到比值；

②能在儀表上直接讀出的“被檢測量”的數值。(2) 間接

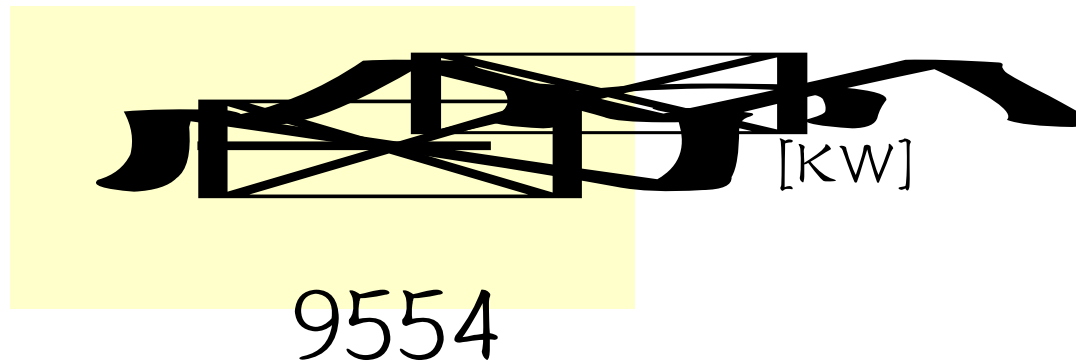
#### 測量法

在測量中，被檢測量不能與標準量直接進行比較，祇能通過對與被檢測量有函數關係的其他物理量進行測量，再通過計算得到被測量的值。



### ■ 3.1 測量基本知識

例：測量水泵的軸功率 $N$ ，是通過可以進行直接測量的轉矩 $M$ 和轉速 $n$ ，然後經過計算得到軸功率 $N$ 。







## ■ 3.1 測量基本知識

---

### (3) 等精度測量和不等精度測量

① 等精度測量法：在環境條件、儀器儀表、測量人員、  
測量方法均保

持不變情況下，對同一組被檢測量進行次數相同的重複測量。

利用等精度測量法所得到的每個參數的測量數據，其可靠程度是相同的。





## ■ 3.1 測量基本知識

---

② 不等精度測量法 在測量過程中，測量環境條件不相同，如測量儀器精度、重復測量次數、測量環境、測量人員熟練程度有變化，所得到的測量結果的可靠程度不同，稱不等精度測量法。





## ■ 3.1 測量基本知識

---

等精度測量與不等精度測量的適用場合：

①在進行科學研究或重要的檢定工作時，在眾多的被檢測量中，爲了獲得其中某幾個參數更可靠和精度更高的測量結果才採用不等精度測量法。

②通常工程技術中，採用的是等精度測量法。





## ■ 3.1 測量基本知識

---

(4)接觸測量與非接觸測量 接觸測量法：測量時儀表的某一部分(一般為傳感器部分)必須接觸被測對象(被測介質)。

非接觸測量法：儀表的任何部分均不與被測對象接觸。





## ■ 3.1 測量基本知識

---

### (5)靜態測量與動態測量

① 被測參數不隨時間變化或隨時間變化非常緩慢，稱靜態測量。

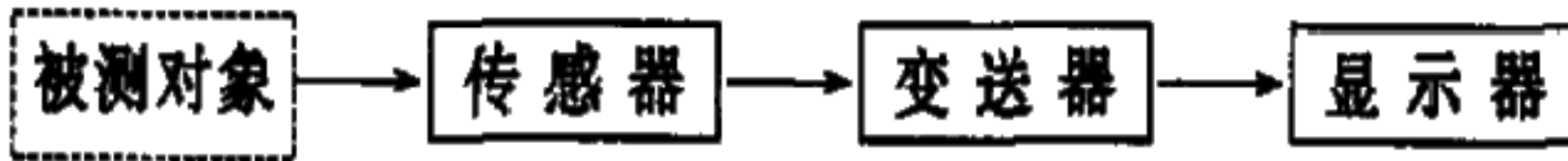
② 被測參數隨時間變化，稱為動態測量。動態測量的分析與處理比靜態測量復雜得多，對測量系統的要求也高得多。



## ■ 3.1 測量基本知識

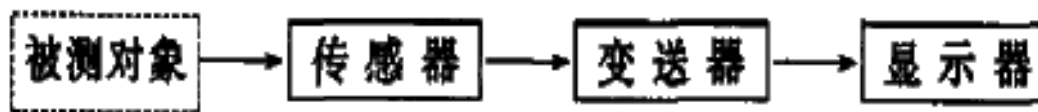
### 三. 測量儀器與設備

測量儀器儀表的組成：傳感器、變送器、顯示器以及連接各環節組成的傳輸通道。



## ■ 3.1 測量基本知識

### 1. 傳感器



感受被檢測量的變化、信息，并將被檢測量轉換成相應的電信號輸出。

傳感器是檢測儀表與被測對象直接發生聯系的部分。

傳感器的好壞，直接影響檢測儀表的質量。所以它是檢測儀表的重要部件。



## ■ 3.1 測量基本知識


---

對傳感器的要求：

### (1) 準確性

傳感器的輸出信號必須準確地反映被檢測量的變化，  
即：

傳感器輸入輸出關係必須是嚴格的單值函數關係，  
最好為綫性關係。







## ■ 3.1 測量基本知識

---

### (2) 穩定性

①傳感器輸入、輸出的單值函數關係應不隨時間和溫度的變化而變化；

②受外界幹擾因素影響很小；

③工藝上應能準確地復現。

### (3) 靈敏性

要求有較小的輸入量便可得到較大的輸出信號。傳感

器的別名：敏感元件、一次儀表。



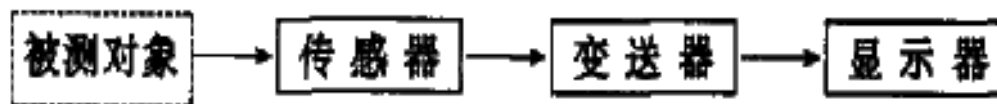
## ■ 3.1 測量基本知識

### 2. 中間變換器(變送器)

#### ① 功能及作用:

將傳感器輸出的信號進行放大、綫性化處理、遠距離傳送并轉變成規定的統一信號等。

② 要求: 準確穩定地傳輸、放大和轉換信號, 受外界幹擾因素的影響小, 變換信號的誤差小。



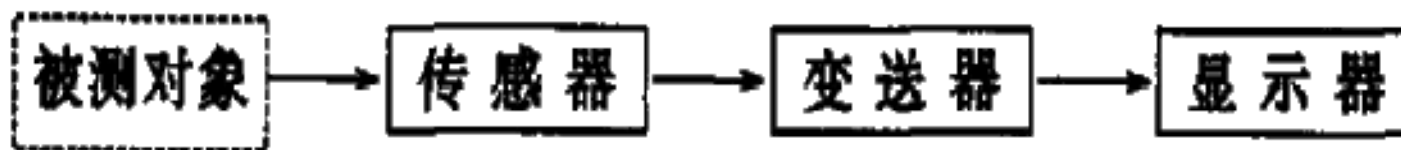
## ■ 3.1 測量基本知識

### 3.顯示件(顯示器)

作用：顯示被檢測量的數值，可以顯示瞬時量、累積量、越限報警等。

類型：指針式(模擬式顯示)；數字式；屏幕式(圖像顯示式)。

顯示儀表常被稱為二次儀表。



### 一. 誤差基礎

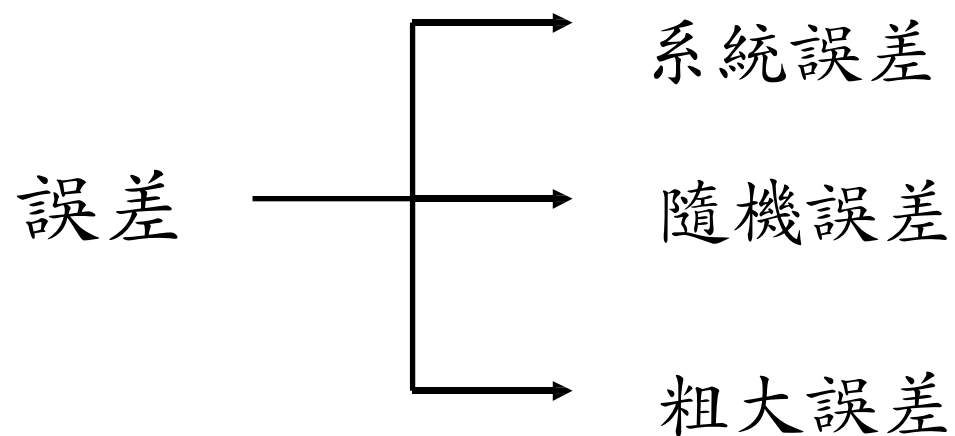
測量誤差：測量結果與被檢測量真值之間的差異，稱為測量誤差。

祇有在得到測量結果的同時，指出測量誤差的範圍，所得的測量結果才有意義。



## ■ 3.2 誤差

1. 測量誤差及分類 根據測量誤差的性質，誤差分爲：






## ■ 3.2 誤差

---

### (1) 系統誤差

在相同條件下，多次測量同一被檢測量的過程中，誤差的絕對值和符號恆定不變，或按某一規律變化。產生原因：

a.測量工具不準確或安裝調整不正確； b.測試人員的分辨能力差或讀數習慣有誤； c.測量方法有缺陷。



### (2) 隨機誤差

在相同條件下多次測量同一被檢測量的過程中，出現不可預計的誤差。

產生原因：

大量彼此獨立的微小因素對被測值的綜合影響。例如，氣溫和電源電壓的微小波動，氣流的微小改變，電磁場微變、大地微震等。

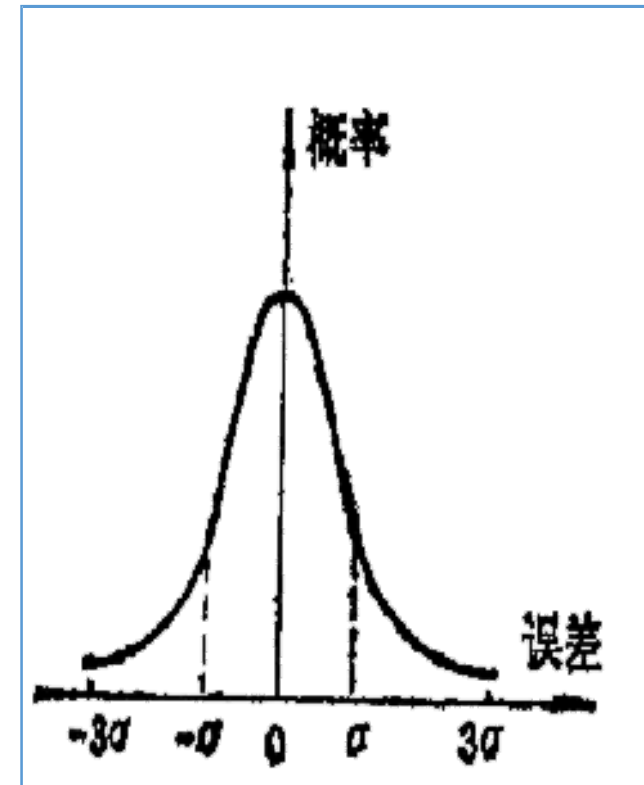
隨機誤差含義：單次測量的隨機誤差的大小和方向都不確定，在多次測量中隨機誤差服從統計規律。

可以利用概率論和數理統計的方法來估計其影響。

## ■ 3.2 誤差

隨機誤差的正態分布規律：

- a. **單峰性**：概率密度的峰值祇出現在零誤差附近，即小的誤差比大的誤差出現的機會多；
- b. **對稱性**：絕對值相等的正誤差與負誤差出現的概率相等；
- c. **有界性**：在一定的測量條件下，誤差的絕對值一般不超出一定的範圍；
- d. **抵償性**：當測量次數較多時，隨機誤差的代數和趨向于零，即：



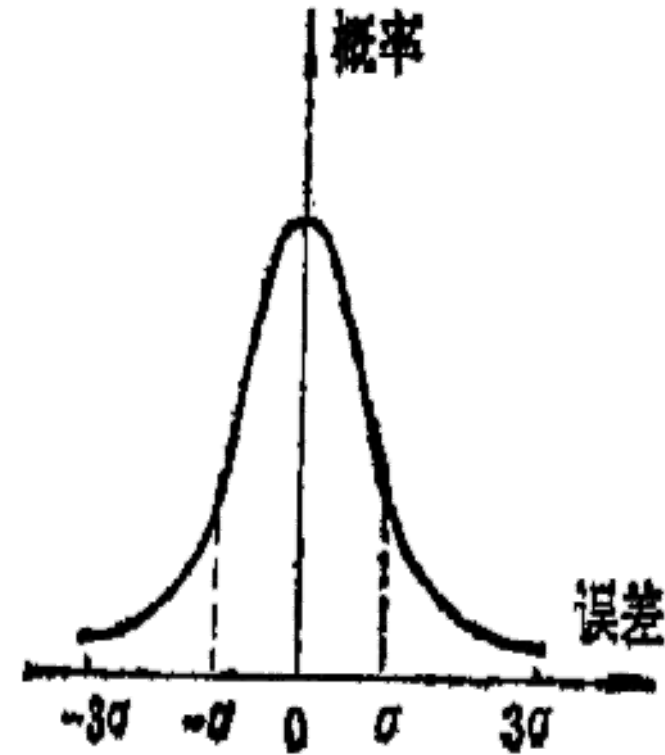
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \Delta_i = 0$$



## ■ 3.2 誤差

正態分布密度函數

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$



式中：σ —— 測量誤差標準差的標準差； x ——

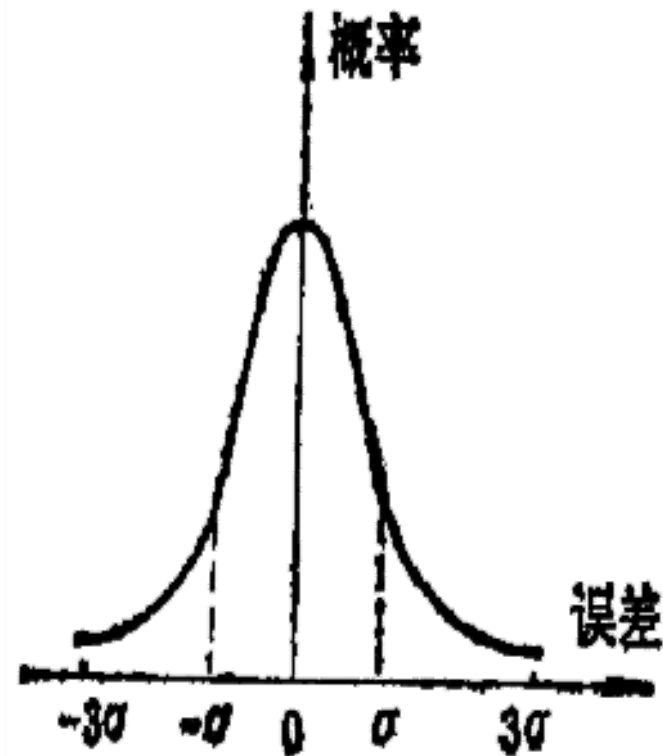
y —— 誤差的概率密度（出現次數）

## ■ 3.2 誤差

當  $x = 0$  時，誤差的概率  $y$  最大：

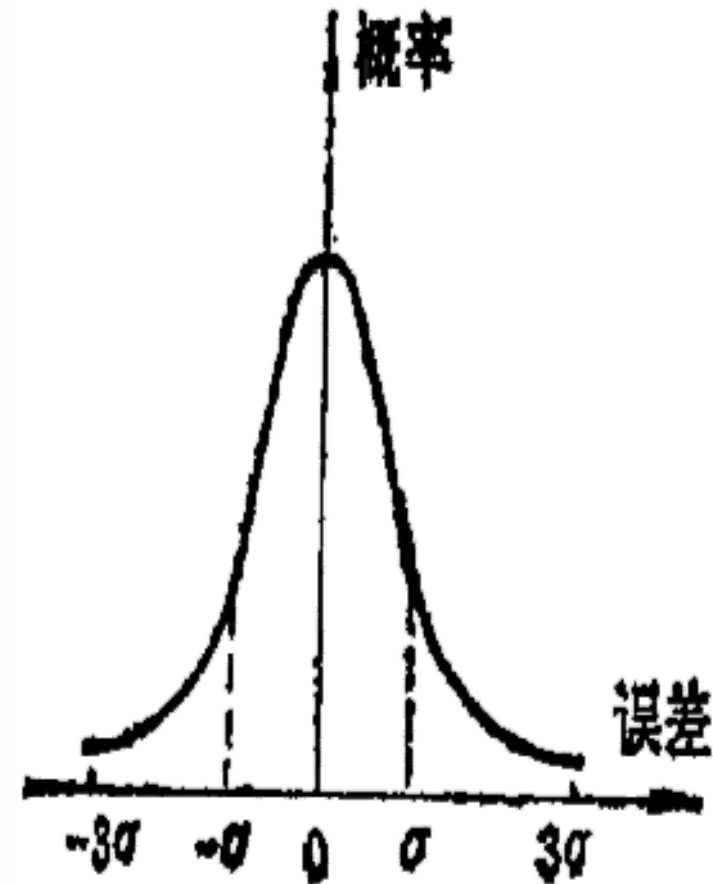
$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}$$

是曲線的最高峰



## ■ 3.2 誤差

- 在  $x \pm \sigma$  區間內，曲線下面的面積占整個曲線下面積的68.3%;
- 在  $x \pm 2\sigma$  區間內，曲線下面的面積占整個曲線下面積的95.4%;
- 在  $x \pm 3\sigma$  區間內，曲線下面的面積占整個曲線下面積的99.7%。



### (3) 粗大誤差

明顯地歪曲測量結果的誤差。產生原因：

操作者的粗心(如讀錯、記錯、算錯數據等)、不正確地操作、實驗條件的突變或實驗狀況尚未達到要求而匆忙實驗等原因所造成的。

粗大誤差的剔除見P62。




### 2. 精密度、準確度和精確度

#### (1) 精密度：

對同一被測量進行多次測量，其重複程度稱為精密度。

精密度取決于隨機誤差，因為隨機誤差反映了對同一被測量進行多次測量所得結果的離散程度。

隨機誤差越小，測量值分布越密集，測量結果的重復性越好，測量的精密度越高。





## ■ 3.2 誤差

---

### (2) 準確度

對同一被測量進行多次測量，測量值偏離被測量真值的程度稱為準確度。

測量的準確度取決于系統誤差的大小。系統誤差愈小，測量的準確度愈高。





## ■ 3.2 誤差

---

### (3) 精確度

精密度與準確度的綜合稱精確度。反映了系統誤差和隨機誤差的綜合數值，即測量結

果與真值的一致程度。

祇有系統誤差和隨機誤差都較小時，才具有較高的精確度。



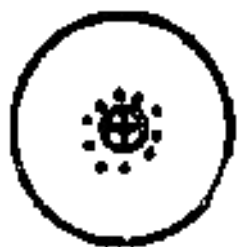
## ■ 3.2 誤差

例：重複測量時的散點圖。圖中

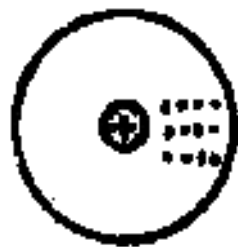


點代表每次測量所得

的值。



(a)



(b)



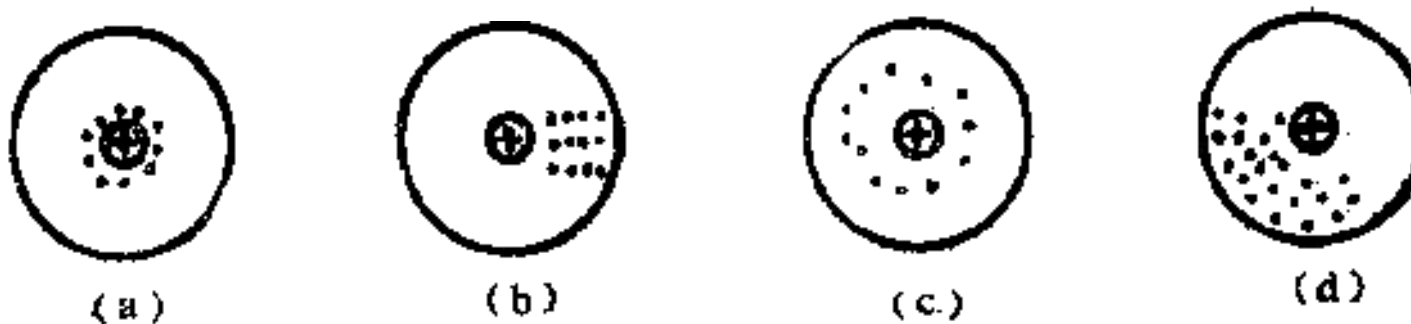
(c)



(d)



## ■ 3.2 誤差



(a) 精密度高、準確度高——**精度高**；

(b) 精密度高、準確度低——**系統誤差大**； (c)

精密度低、準確度較高——**隨機誤差大**； (d)

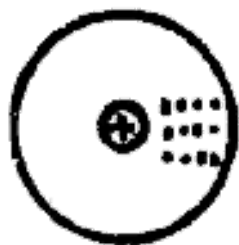
精密度低、準確度低——**精度低**。

## ■ 3.2 誤差

對於多次測量： 1.精密度高，其精確度不一定高，(b)

2.準確度高，其精確度不一定高，(c)

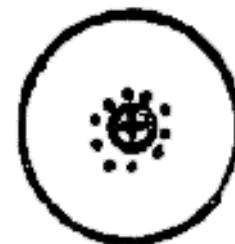
3.精密度和準確度都高，精確度才高，(a)



(b)



(c)




(a)



## ■ 3.2 誤差

---

結論：爲了提高精確度：

1. 必須消除系統誤差；
  2. 採取多次重複測量來估計隨機誤差的影響，求出測量結果的最可信賴值。
- 

### 3. 儀表的基本誤差限

基本誤差的最大允許值，稱儀表的基本誤差限。

儀表測量範圍內各處指示值的誤差不應超過此限值。

儀表的基本誤差限是定量地描述儀表精確度的重要指標。

儀表的基本誤差限用“引用誤差”表示。



## ■ 3.2 誤差

引用誤差：

儀表的絕對誤差與儀表的量程之比，用百分數表示。

$$q = \frac{\Delta}{S} \times 100 \% = d \%$$

式中：  $q$  --- 用引用誤差表示的基本誤差限；

$\Delta$  --- 用絕對誤差表示的基本誤差；

$S$  --- 儀表的滿量程；

$d$  --- 精度，一個常數

## ■ 3.2 誤差

國家規定電工儀表精確度的等級：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0

例：一個毫伏表量程為1V，精度為5.0級。

$$q \approx \frac{\Delta}{S} \approx 100\% \approx 5.0$$

$$\Delta \approx 1 \times 5.0\% = 50\text{mV}$$

無論毫伏表的指針在何處，最大的絕對誤差不會超過50mV。但各點的相對誤差是不同的。

## 二. 儀器儀表的主要性能指標

儀表的性能指標是評價儀表性能差異、質量優劣的主要依據。

儀表的性能指標包括：

- 技術指標；
- 經濟指標；
- 使用指標。



## ■ 3.2 誤差

### 儀表技術指標

- 儀表誤差；
- 精度等級；
- 靈敏度；
- 量程；
- 響應時間；
- 漂移等。

### 儀表經濟指標

- 使用壽命；
- 功耗；
- 價格。

### 儀表使用指標

- 操作維修是否方便；
- 運行的可靠與安全；
- 抗幹擾與防護能力；
- 重量和體積；
- 自動化程度的高低。




### 1. 量程與精度

#### (1) 量程

- 測量範圍：儀表在規定精確度下，所測量的區域。
- 儀表量程：儀表測量範圍的上限與下限的代數差。

上限——儀表測量的最高值或稱滿量程值；

下限——儀表測量的最低值或稱零位。





## ■ 3.2 誤差

---

例1：溫度計的測量範圍： $-200 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ，

儀表的測量上限： $800^{\circ}\text{C}$ ；

測量下限： $-200^{\circ}\text{C}$ ；

儀表量程： $1000^{\circ}\text{C}$ 。 例2：溫

度計的測量範圍： $0 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ，

儀表的測量上限： $800^{\circ}\text{C}$ ； 測量下限：

$0^{\circ}\text{C}$ ； 儀表量程： $800^{\circ}\text{C}$ 。



### (2) 精度等級

利用儀表的引用誤差描述儀表的測量精度，并確定儀表精度等級。

引用誤差是一種簡化的、實用方便的相對誤差。儀

表在出廠檢驗時，其示值的最大引用誤差不能超過規定的允許值，此值稱為允許引用誤差 $Q$ ：

$$q_{\max} \leq Q$$



## ■ 3.2 誤差

---

工業自動化儀表精度等級的劃分：儀表的精確度等級

祇能從下列數據中選取最接近

的合適數值作為精確度等級：

0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, (2), 2.5,  
5.0級。

工業生產過程中常用儀表等級為：1.0—5.0級。



### 2. 靜態性能指標

- 儀表特性：


描述儀表輸出變量與輸入變量之間的對應關係。

- 靜態特性：當輸入變量處於穩定狀態時，儀表的輸出與輸入

之間的關係。

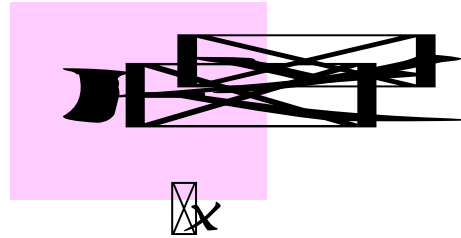
- 動態特性：當輸入變量隨時間變化時，儀表的輸出與輸入之

間的關係。



## ■ 3.2 誤差

(1) **靈敏度** 輸入變化量與輸出變化量的比值。或輸出增量  $\Delta y$  與輸入增量  $\Delta x$  之比，即：




式中：  $K$ ——靈敏度；  $\Delta y$ ——輸出變量  $y$  的增量；  $\Delta x$ ——輸入變量  $x$  的增量。



## ■ 3.2 誤差

---

- 對於帶有指針和標度盤的儀表，靈敏度可直觀地理解為單位輸入變量所引起的指針偏轉角度或位移量。
  - 儀表“輸出-輸入”關係為綫性時，靈敏度為常數。
  - 儀表具有非綫性特性時，靈敏度將隨着輸入變量的變化而改變。
- 

## ■ 3.2 誤差

### (2) 綫性度

儀表應具有綫性特性，其特性曲綫爲直綫。在測試技術中，采用綫性度指標來描述儀表的標定曲綫與擬合直綫之間的吻合程度：

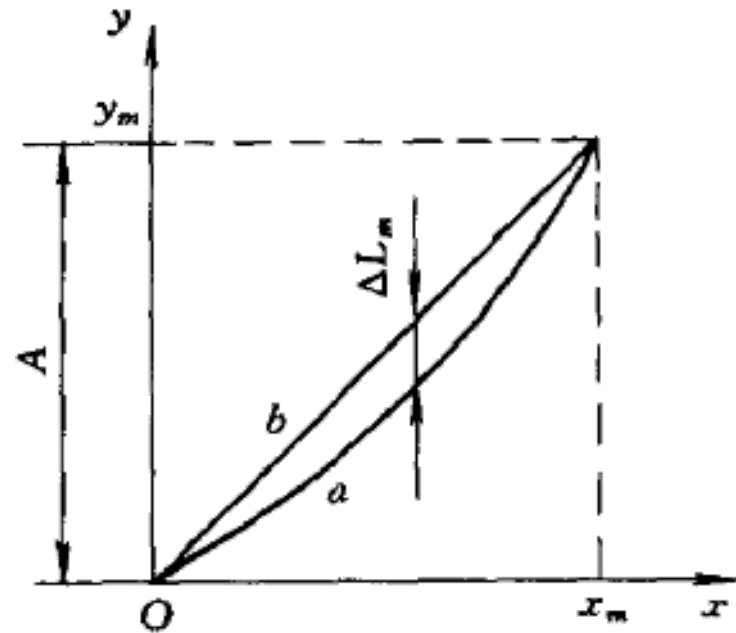
$$L_N = \frac{\Delta L_{\max}}{Y_{\max}} \times 100\%$$

$\Delta L_{\max}$

直綫間最大偏差；

$Y_{\max}$  — 儀表滿量程A；

$L_N$  — 綫性度。

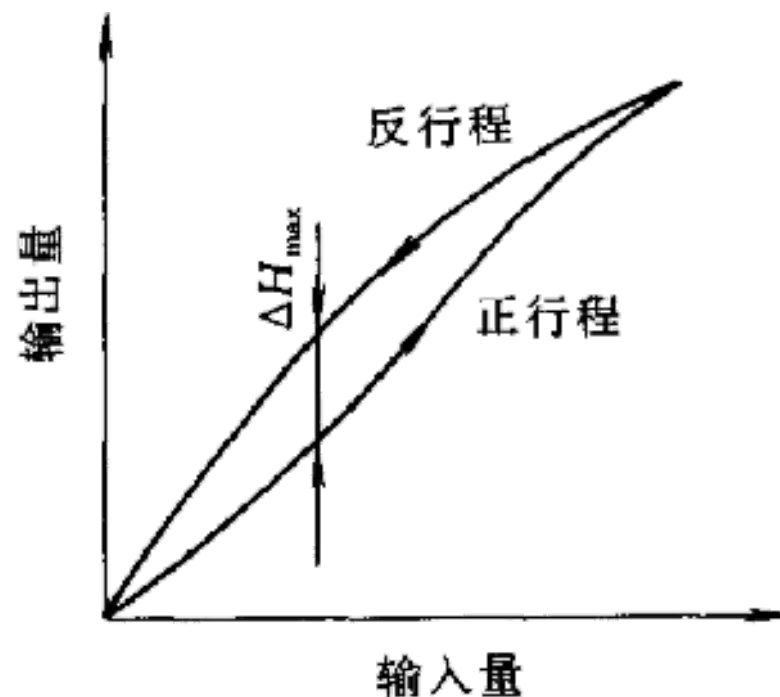




## ■ 3.2 誤差

### (3) 遲滯誤差

- 正行程：儀表的輸入量從起始值增至最大值的過程。
- 反行程：輸入量從最大值減至起始值的過程。



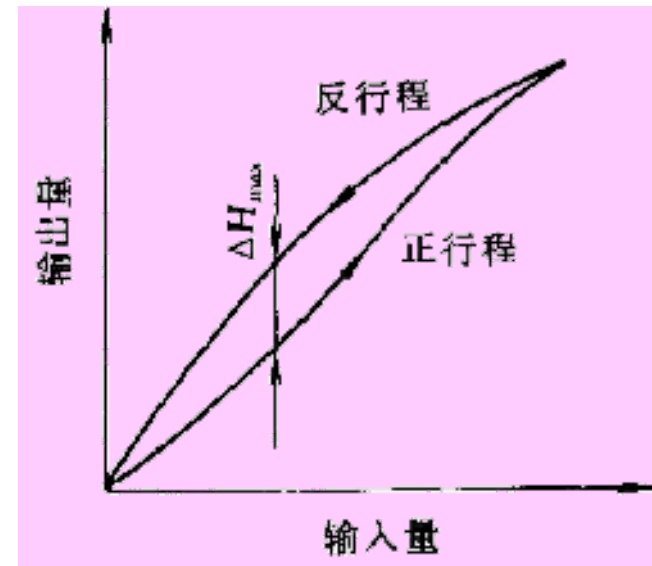
- 遲滯差值：正行程與反行程之差  $\Delta H$ 。
- 遲滯誤差：全量程中最大的遲滯差值與滿量程之比值的百分比。

## ■ 3.2 誤差

• 遲滯誤差：全量程中最大的遲滯差值與滿量程之比值

$$\frac{H_{\max}}{Y_{\max}} \times 100\%$$

$H_{\max}$  --- 最大遲滯差值；  
 $Y_{\max}$  --- 儀表滿量程A；  
 $\frac{H_{\max}}{Y_{\max}}$  --- 遲滯誤差。



遲滯誤差產生原因：

- 儀表內有吸收能量的元件(如彈性元件、磁化元件等)；
- 機械結構中有間隙；
- 運動系統的摩擦。


### (4) 漂移

輸入量不變時，一段時間後輸出量產生了變化。溫

漂：由于溫度變化而產生的漂移。零漂：當輸入量

固定在零點不變時，輸出量有變化。

漂移產生原因： a.儀表彈性元件的失效； b.電子元件的  
老化等。



### (5) 重復性

在同一工作條件下，儀表對同一輸入值按同一方向連續多次測量時，所得輸出值之間的相互一致程度稱為重復性。

重復性誤差：

$$\Delta R_{\max} \frac{R_{\max}}{Y_{\max}} \times 100\%$$

$\Delta R_{\max}$  —— 最大的重復性差  
 $Y_{\max}$  —— 儀表滿量  
 $\Delta R$  程 —— 重復性誤差

# 作業

P124 題1、2、3、4、5



本章結束

