

**議程** ➤ **管內液體流量量測方法**

**內容** ➤ **超音波流量計原理及用途介紹**

**Flexim GmbH**  
**德國弗萊克森公司**  
**台灣區代表 王智德**

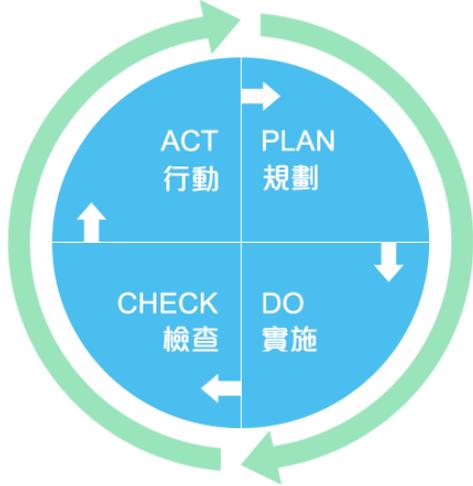
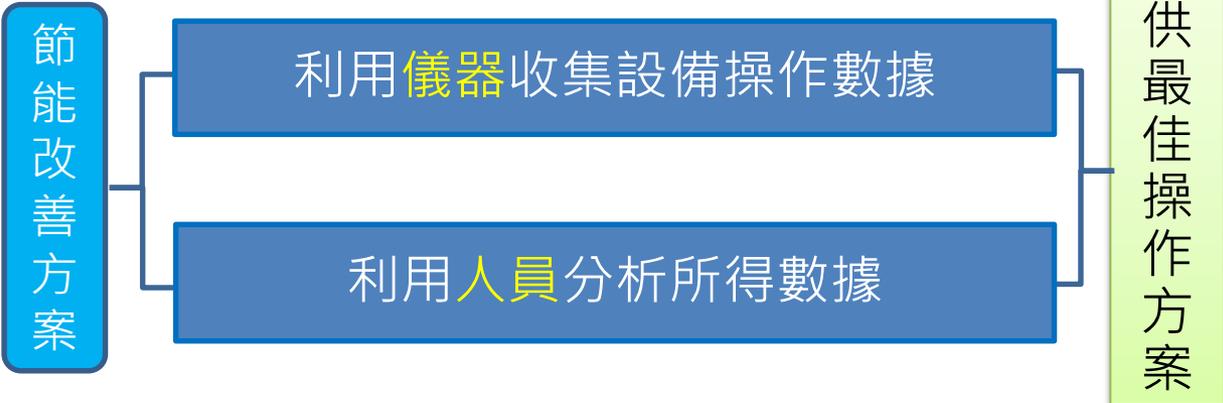


鍋爐、  
空調、  
電力、  
空壓

空調系統冰水主機能源效率標準

執行階段		第二階段			
實施日期		民國九十四年一月一日			
型 式	冷卻能力等級	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數 (COP)		
水冷式	容積式 壓縮機	<150RT	3.83	4.45	
		≥150RT ≤500RT	4.21	4.90	
		>500RT	4.73	5.50	
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00	
		≥150RT <300RT	4.77	5.55	
		≥300RT	5.25	6.10	
氣冷式	全機種	2.40	2.79		

資料來源: 經濟部能源局



1

管內液體流量量測方法

2

流量計原理

3

超音波流量計用途介紹

4

超音波流量計的操作使用

## 工業上常見的流量計

Electronical  
電子技術

Clamp-on Ultrasonic  
夾管式超音波流量計



Ultrasonic  
超音波流量計



Electromagnetic  
電磁流量計



Insertion thermal mass  
(插入式)熱質量流量計



Vortex  
渦階流量計



Coriolis  
科氏力(質量)流量計



Variable Area  
(變化)面積式流量計



Differential Pressure  
差壓流量計



Positive Displacement  
(正位)活塞式流量計



orifice plate  
流孔板流量計



Oval gear meter  
橢圓齒輪式流量計



V-cone flowmeter  
V錐流量計



Turbine  
渦輪流量計



Mechanical  
機械技術

Price low

Price high

1

管內液體流量量測方法

2

流量計原理

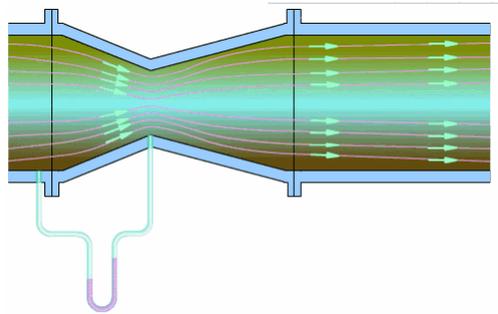
3

超音波流量計用途介紹

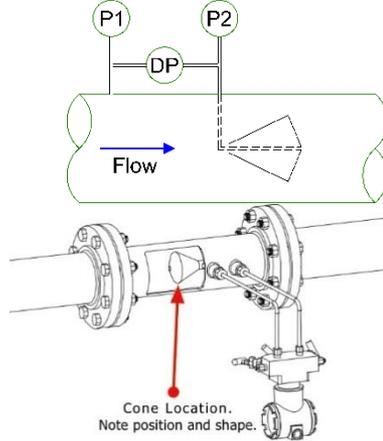
4

超音波流量計的操作使用

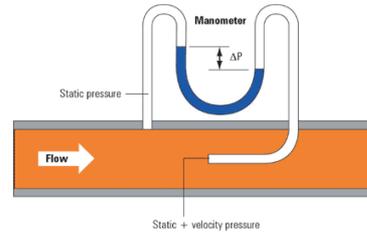
## 壓力式 (Pressure-based meters)



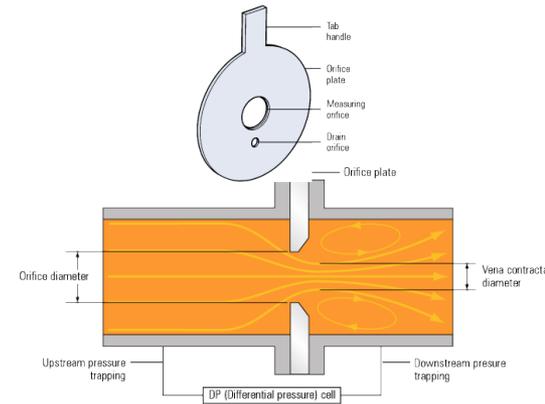
文氏管 (Venturi meter)



錐型體 (Cone meters)



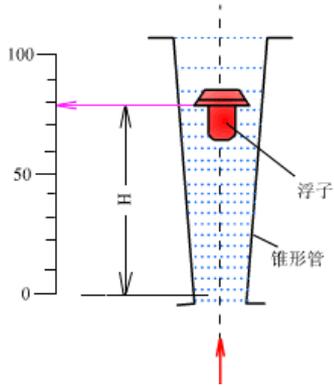
皮頭管 (Pitot-tube)



流孔板 (Orifice plate)

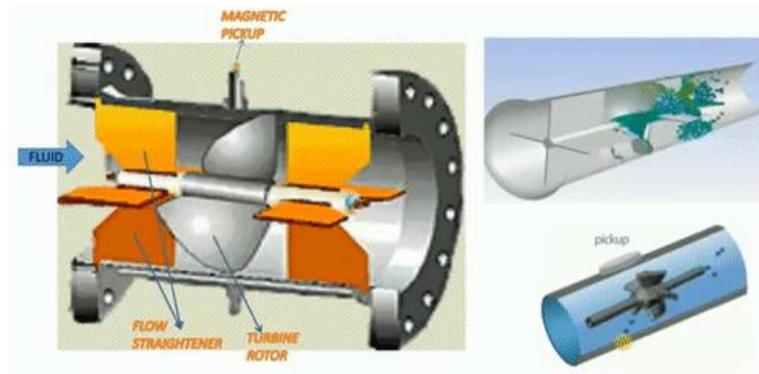
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 價格門檻低</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 量成比很低 (孔板: 4:1...5:1)</li> <li>· 保證精度常需常校正</li> <li>· 壓損高</li> <li>· 對異物非常敏感(堵塞、磨耗)</li> <li>· 需定期檢修、清潔</li> </ul>

## 機械式 (Mechanical flowmeters)



面積(變化)式流量計(Variable Area)

高→面積大→通過流量大  
低→面積小→通過流量小



渦輪式 (Turbine flow meter)

轉速大→通過流量大  
轉速小→通過流量小



橢圓齒輪式流量計(Oval gear meter)

轉速大→通過流量大  
轉速小→通過流量小

優點

- 結構簡單，價格低
- 適小流應用
- 壓損不大

缺點

- 量成比很低 (10:1)
- 精度不高
- 對異物敏感(堵塞)
- 含油汙(氣體)不適用

優點

- 精度高 (精密渦輪)
- 價格低 (簡易渦輪)

缺點

- 保證精度常需常校正
- 壓損大
- 對異物敏感  
(加速磨耗、損壞, 例: 天然氣/水槌)
- 需定期檢修、更換部件

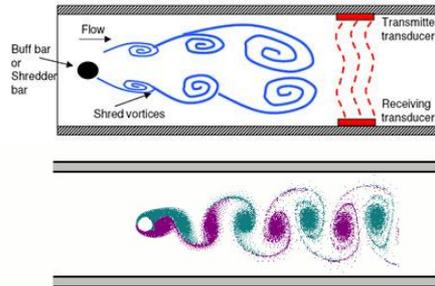
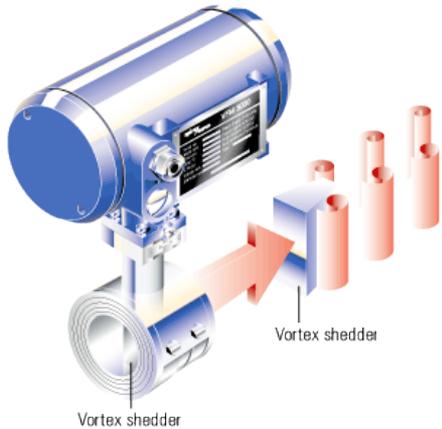
優點

- 準度很高 (0.1%)

缺點

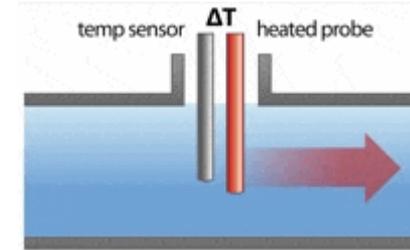
- 量成比低 (10:1...70:1)
- 保證精度常需常校正
- 壓損很大
- 對異物敏感  
(加速磨耗、損壞)
- 需定期檢修、更換部件

## 渦街式 (Vortex flow meters)



擺動頻率大 → 通過流量大  
擺動頻率小 → 通過流量小

## 熱傳式 (Thermal mass flow meters)

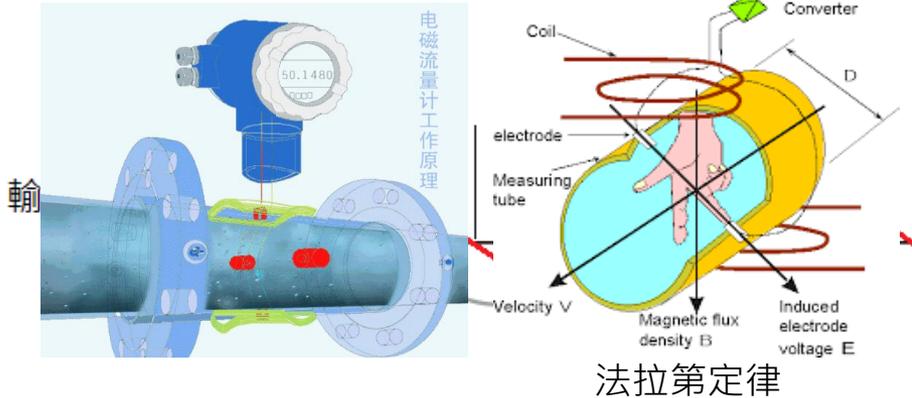


溫度差大 → 通過流量大  
溫度差小 → 通過流量小

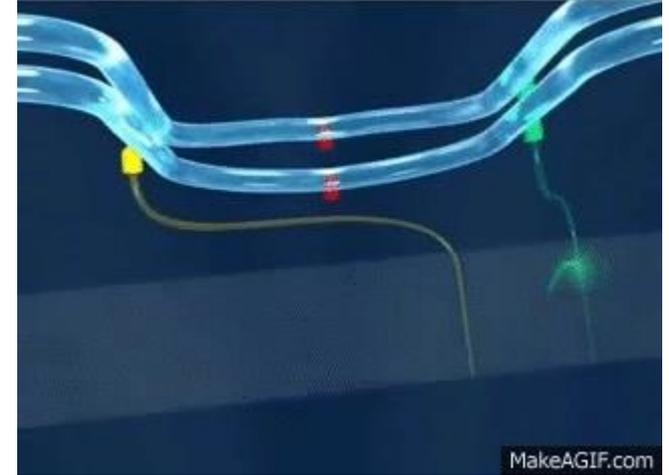
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 價格不高 (小管徑or 插入型)</li> <li>• 部件簡單</li> <li>• 測量液體、氣體 (少數可測蒸氣)</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 量成比低 (40:1)</li> <li>• 有一定壓損</li> <li>• 水垢與陳積物會造成堵塞</li> <li>• 不適用高黏度流體</li> <li>• 對管路振動敏感</li> </ul>

優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 價格便宜</li> <li>• 能夠檢測氣體</li> <li>• 壓損不大</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 量成比低 (10:1..100:1)</li> <li>• 影響精度因素多                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* 流體溫度變化時易產生誤差</li> <li>* 流體的熱傳特性(類型和成分)</li> <li>* 溫度感測器或加熱元件上有沉澱物/積垢時會產生誤差</li> </ul> </li> </ul>

## 電磁式 ( Electromagnetic flow meters )



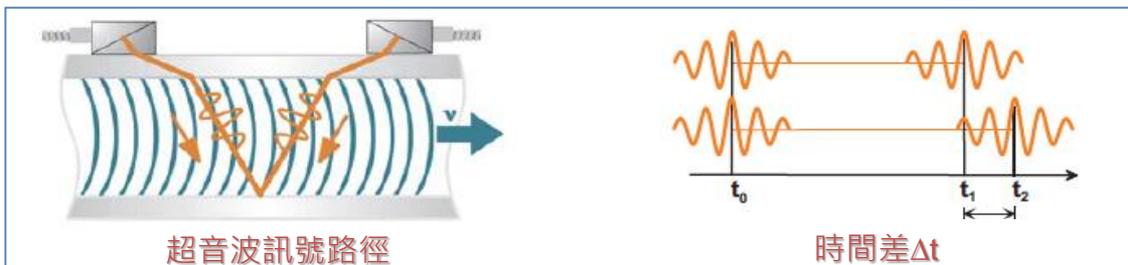
## 科氏力式 (Coriolis flow meters)



優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 精度高 (~%0.5)</li> <li>· 能測量高濁度的液體 (例: 廢水, 多固體、氣泡)</li> <li>· 沒有壓損</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 不能測量不導電的流體 (例: 純水)</li> <li>· 安裝需要一段直管 (穩流條件)</li> <li>· 一體式 (帶短管), 停車安裝</li> <li>· 固體含量高會減短使用壽命 (內襯磨耗)</li> <li>· 價格隨管徑增加... 大管徑很貴</li> </ul>

優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 精度很高 (~%0.1)</li> <li>· 能測量質量流量 (&amp; 密度)</li> <li>· 能測量高黏度液體</li> <li>· 唯一安裝沒有直管段要求</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 價格貴 (視精度)</li> <li>· 壓損很大</li> <li>· 易受振動的影響</li> <li>· 一體式 (帶短管), 停車安裝</li> </ul>

## 超音波 - 時差法流量計 (液體&氣體)

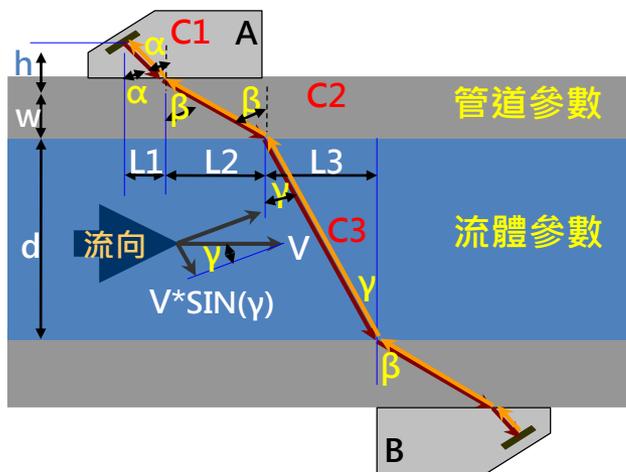


優點

- 精度(通道增加提高)
- 能量測熱能(BTU)
- 能量測濃度 (FLEXIM P10X<sup>®</sup> S)
- 能檢測高黏度液體
- 不受振動的影響
- 無壓損

缺點

- 多通道價格較高
- 高精度需要一段直管



流體流速：

$$V = \frac{C_y^2 \cdot \Delta t}{2 \cdot L_3}$$

流體聲速：

$$C_y = \frac{\sqrt{d^2 + L_3^2}}{t_{avg} - 2(t_1 + t_2)}$$

流體流量：

$$Q = V \times A \quad Q = \frac{\pi \cdot C_y^2 \cdot \Delta t \cdot d^2}{8 \cdot L_3}$$

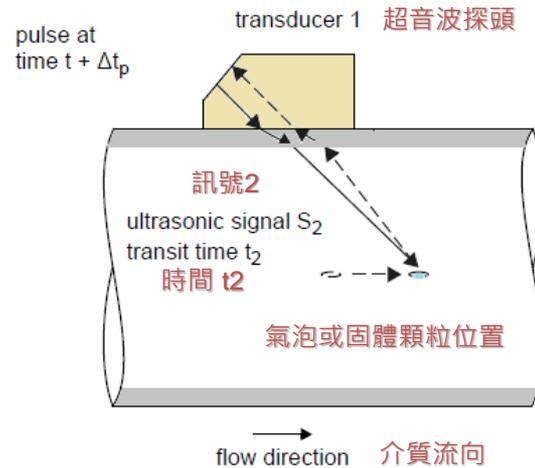
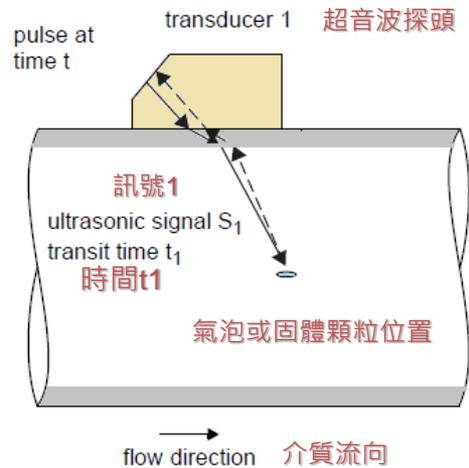
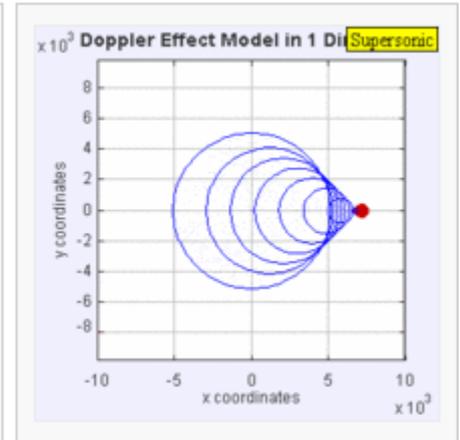
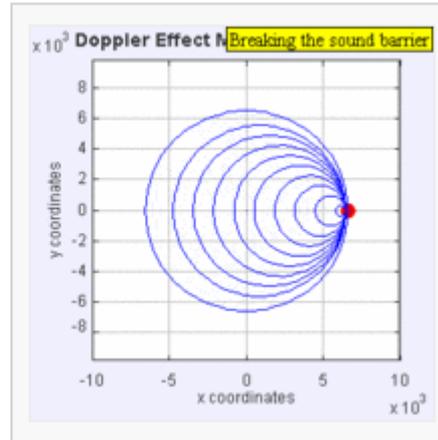
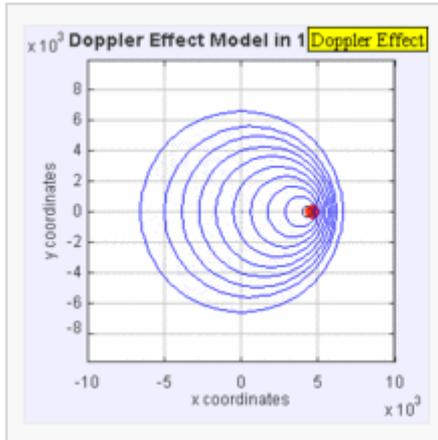
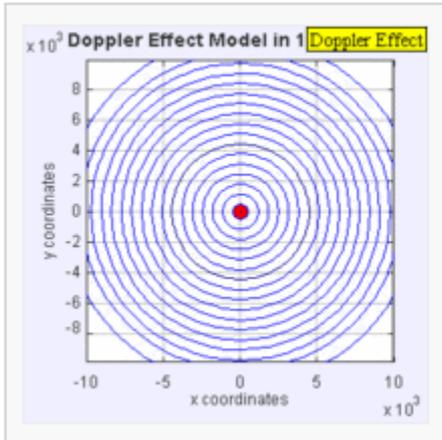
$$\text{順流速} = \text{聲速 } v_k + \text{流速} = \frac{\text{音程距離 } L_k}{\text{音程時間 } t_1} \dots (1)$$

$$\text{逆流速} = \text{聲速 } v_k - \text{流速} = \frac{\text{音程距離 } L_k}{\text{音程時間 } t_2} \dots (2)$$

$$\text{水流速} = \frac{(1) - (2)}{2} \quad \text{聲速} = \frac{(1) + (2)}{2}$$

## 超音波 - 都普勒流量計 (液體)

### 都普勒效應



優點

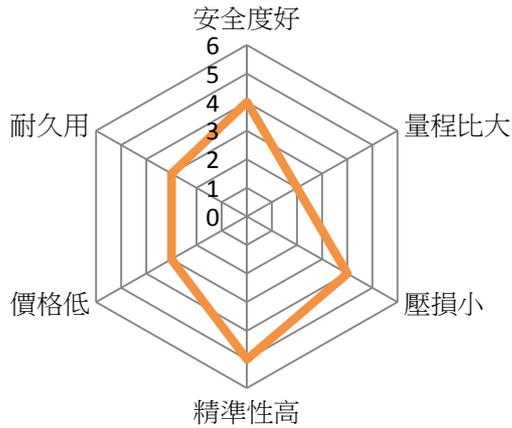
- 價格較低
- 壓損=0
- 能檢測高固體顆粒/氣泡液體

缺點

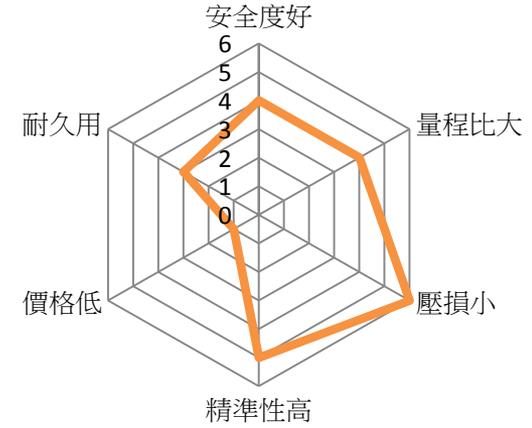
- 精度差 ( $>5\%$ )
- 只適用液體
- 不適用無固體顆粒/氣泡液體
- 需要一段直管

# 流量計選擇重要考量點

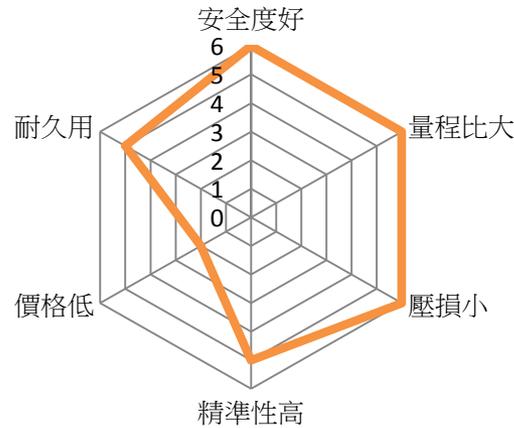
## 漩渦流量計



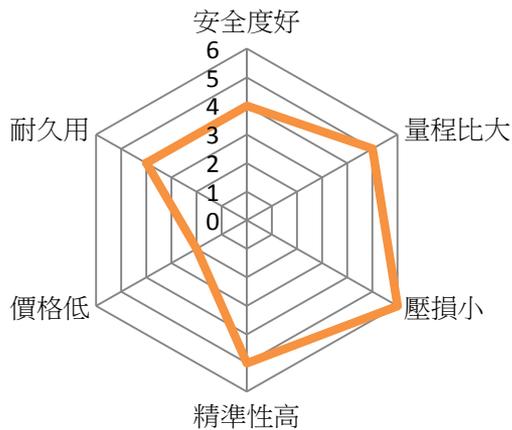
## 電磁流量計



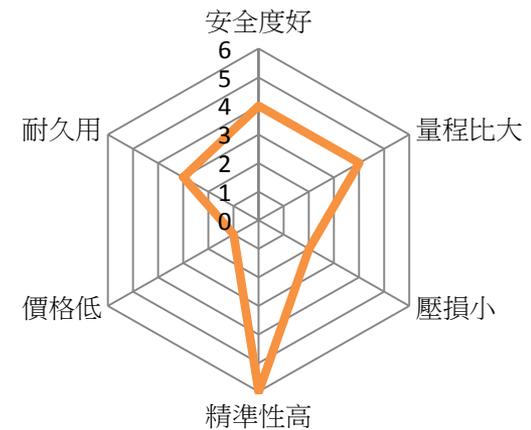
## 綠基會 外夾式超音波流量計 FLEXIM



## 插入式超音波流量計



## 科氏力質量流量計

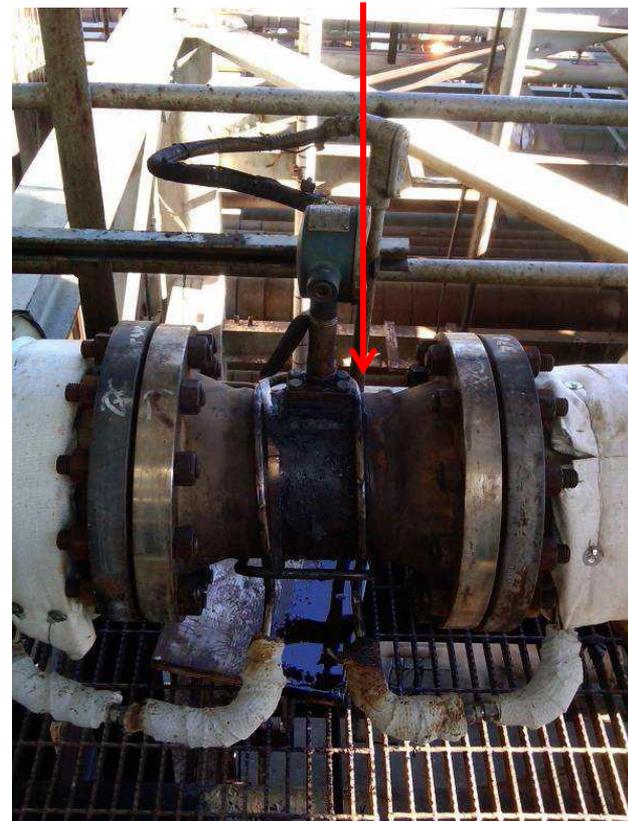


## 安全性

- 接觸件腐蝕
- 洩漏危險性
- 流體汙染



## 接觸件洩漏

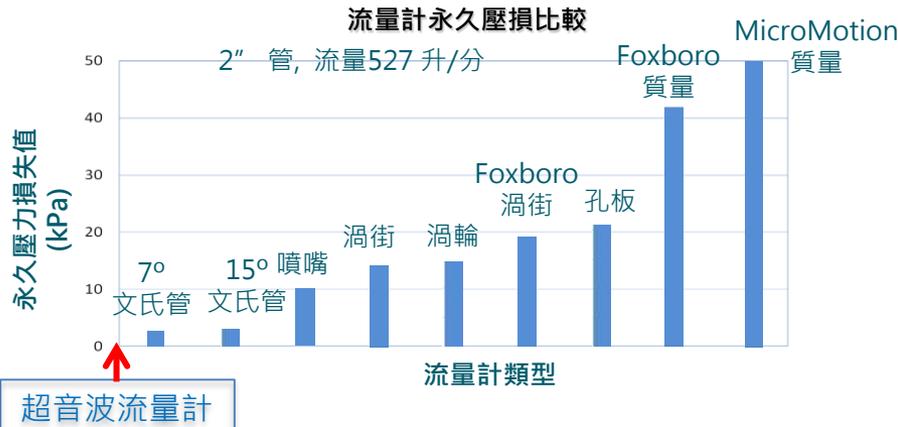


## 管外測量

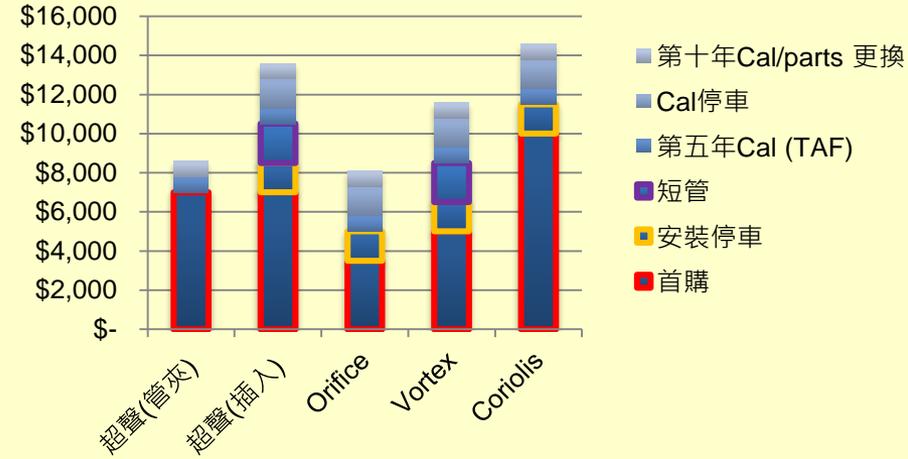
- 不接觸
- 無洩漏危險
- 不流體汙染
- 不停車安裝
- 方便比對、校正



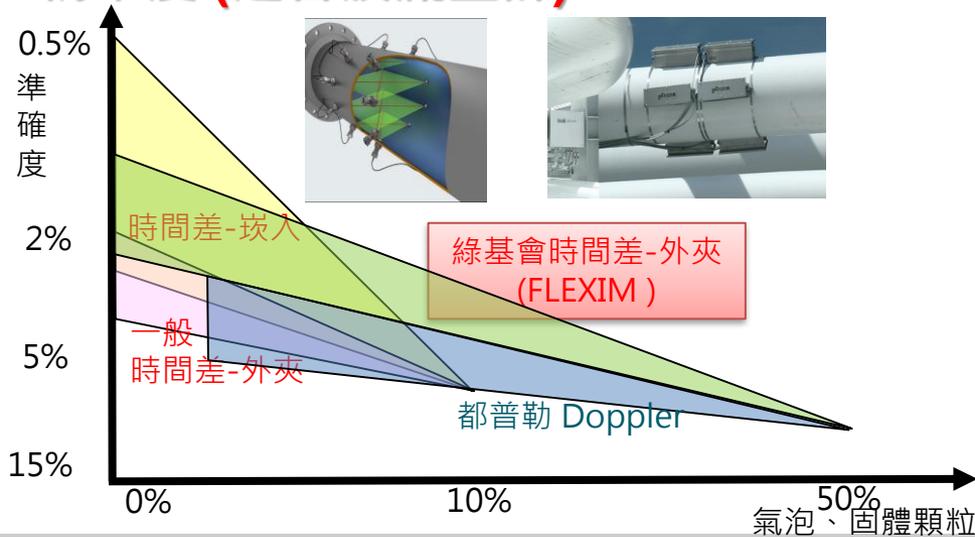
## 壓損 → 節能 (~ 採購 & 設計常忽略的議題)



## 價格



## 精準度 (超音波流量計)



## 耐用性

- 主機: 防摔膠套
- 探頭: 鎧裝電纜
- 攜帶箱: PeliCase (多國軍規使用)



## 攜帶式超音波流量計的選擇建議

➤ 操作容易, 快速反應, 精準測量

### ◆ 操作容易

- 自動辨識探頭
- 安裝快速
- 一般情形5分鐘可完成一點測量 (無保溫)

### ◆ 精準測量

- 探頭有溫度補償 (內置RTD, 依據ASME MFC-5.1-2011)
- TAF 確認 (or 定期校正)

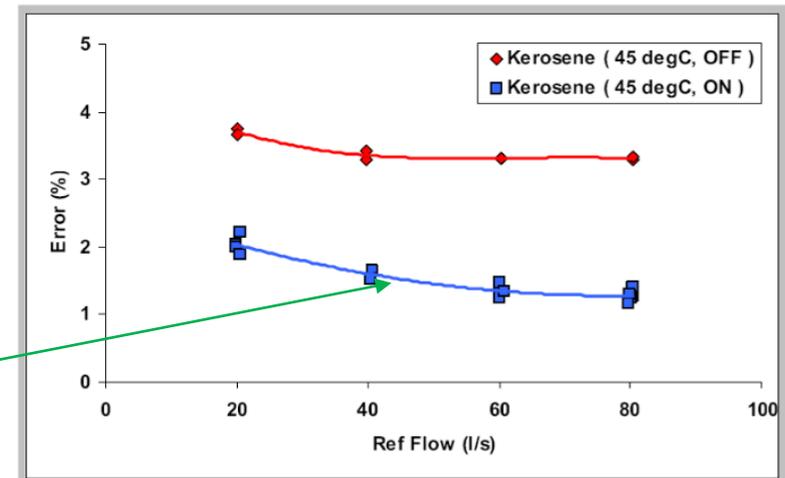
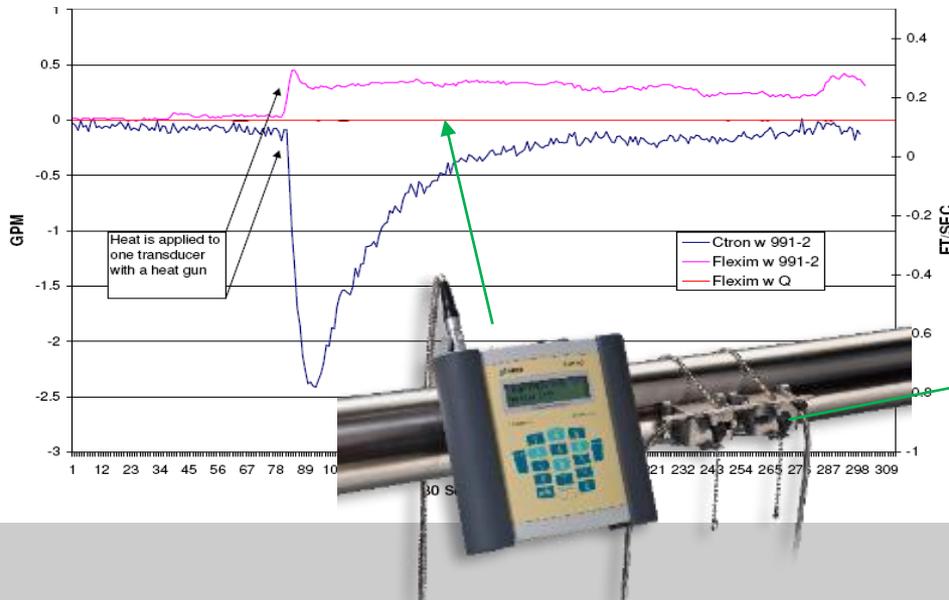
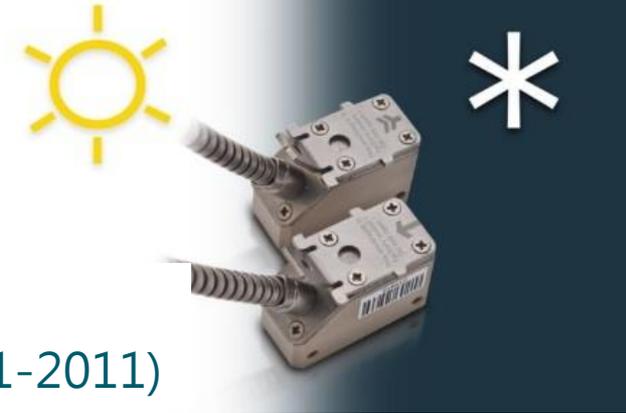


Figure 2.1b: Influence of temperature on the ultrasonic transducers for kerosene at 45 °C. (The meter was set up for Kerosene at 8 °C and a viscosity of 3 cSt). A shift in the error curve of approximately 2% is observed when the temperature compensation is disabled (OFF).

# 精準度



## 校正報告

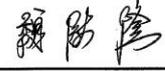


校正日期: 2017 年    月    日  
 報告編號:  
 第 1 頁 共 4 頁

委託單位:  
 地 址:  
 儀器名稱: 超音波流量計  
 廠牌型號: FLEXIM / G601(探頭型號:CDMINZ7)  
 序 號:

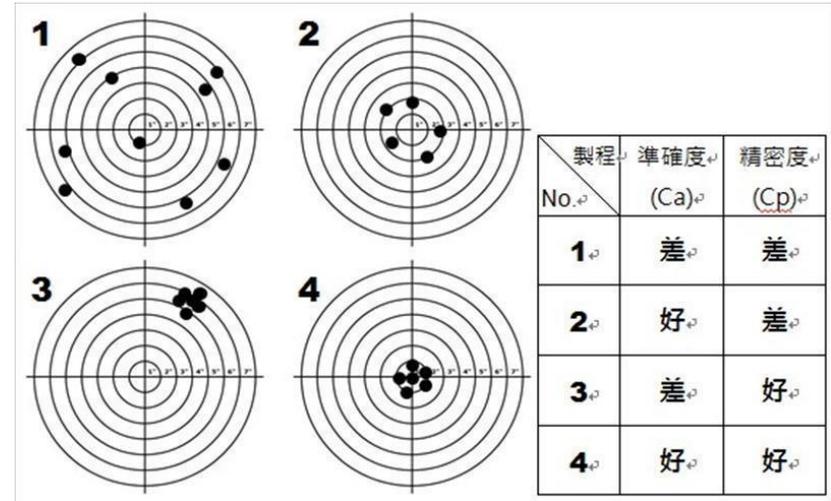
上項儀器經本實驗室校正, 結果如附頁。  
 本報告含附頁共 肆 頁, 分離使用無效。  
 本報告未經本實驗室同意, 不得摘錄複製。  
 本校正報告僅對送校件結果負責。



  
 實驗室主管

台塑石化股份有限公司  
 校正實驗室

地 址: 雲林縣麥寮鄉台塑工業園區1號  
 電 話: (05)6816287  
 傳 真: (05)6816288



1

管內液體流量量測方法

2

流量計原理

3

流量計用途介紹

4

超音波流量計的操作使用

# 流量計應用

## 超音波 Ultrasonic

時間差-嵌入    都卜勒    科氏力    渦流    渦輪    流孔板    光學    熱質量  
 Transit-Time Wetted Doppler Coriolis Vortex Turbine Orifice Optic Thermal Mass

