

# 空調水側系統現場初勘2-泵浦線上量測 流量、揚程、泵浦能效、管路阻抗曲線-CMVP量測

編輯:簡煥然  
泵浦媒體圖書館  
2024-11-27

## 0.前言

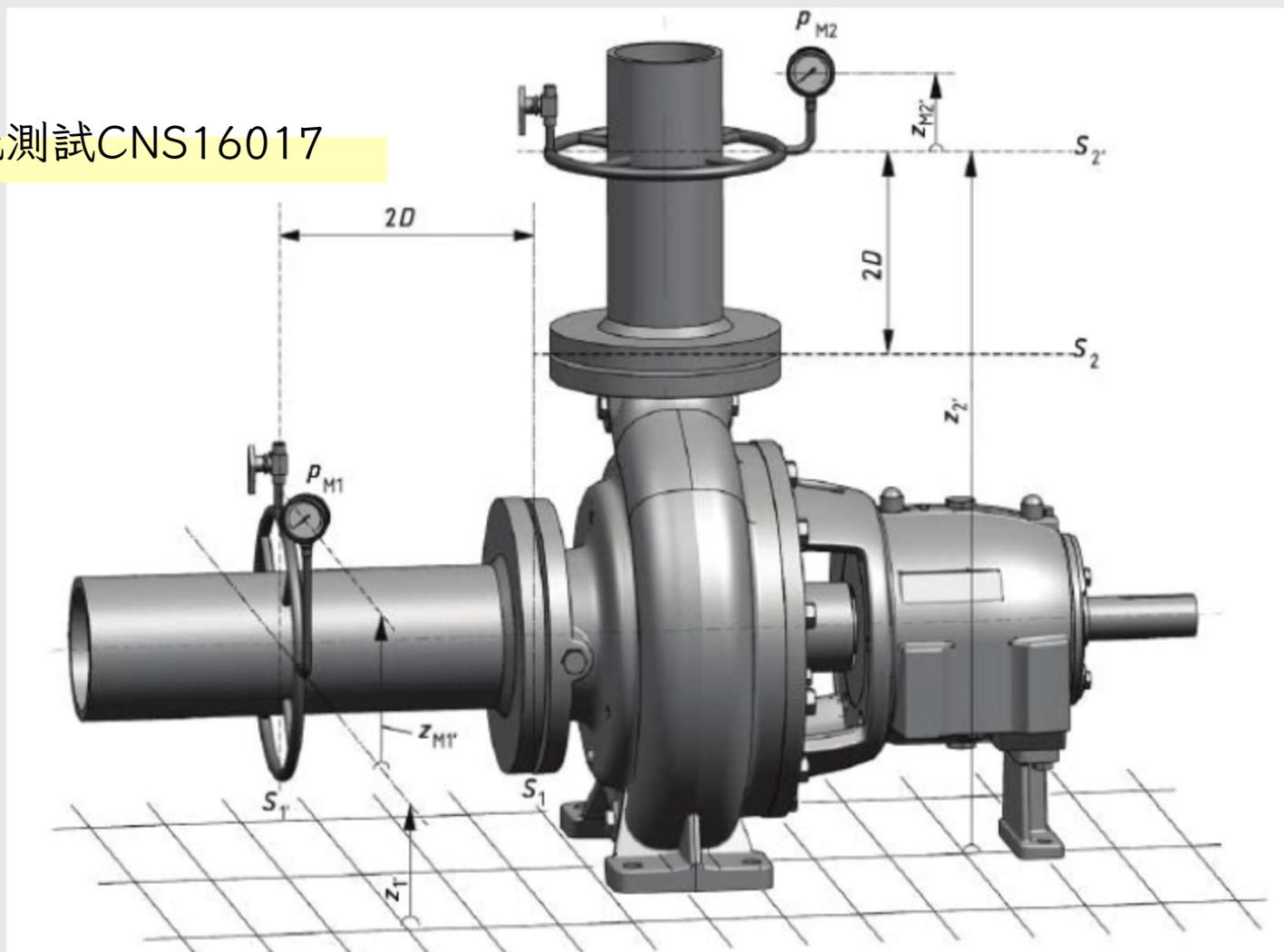
本分講義係以Ashrae90.1之水測管路系統為基礎，目標在讓廠務工程師可以理解現場量測泵浦的揚程(m)、流量( $m^3/sec$ )、輸出流功(kW)、耗電功(kW)、耗電比(kW/kW)、歐盟能效(MEI=0.4)及管路阻抗曲線，本份講義的內容有以下步驟：

- 1.紀錄耗電功(電壓、電流、功因)、冰水泵、冷卻泵。
- 2.計算輸入耗電功、冰水泵、冷卻水泵。
- 3.量測管外徑、管壁厚、管內徑計算、管截面積計算、冰水管、冷卻水管。
- 4.管內徑流速量測、流量計算、冰水管、冷卻水管。
- 5.泵之出入口壓力量測、冰水泵、冷卻泵。
- 6.泵之揚程計算、冰水泵、冷卻泵。
- 7.泵之輸出流功計算、冰水泵、冷卻泵。
- 8.泵之總效率與耗電比計算、冰水泵、冷卻泵。
- 9.泵之轉速計算與比速率 $N_s$ 計算、冰水泵、冷卻泵。
- 10.管路型態與參數設定、冰水管、冷卻水管。
- 11.計算阻抗曲線與操作點、冰水管、冷卻水管。
- 12.泵之歐盟能效(MEI=0.4)計算與節能潛力、冰水泵、冷卻泵。
- 13.年節電量、碳排放量與年節省電費

步驟	項目	量測/計算
1	紀錄耗電功，包含電壓、電流、功因、極數、頻率、額定軸功	量測： 有功率計時可以直接引用電壓、電流、功因和耗電功 $W_e(kW)$ 紀錄馬達之極數 $\phi$ 、頻率 $f(Hz)$ 、額定軸功 $W_{sh}(kW)$ 。
2	計算輸入耗電功	計算： 耗電功 $W_e(kW) = \sqrt{3} \times \text{電壓} Volt(V) \times \text{電流} I(A) \times \text{功因} Pf(\cos(\phi)) / 1000$
3	量測管外徑、管壁厚 計算管內徑和截面積	量測： 1.剝除管外披覆保溫材，用皮尺量測管外徑周長 $L(mm)$ 2.超音波管厚度計 $t(mm)$ 3.管內截面積 $A_o(m^2)$ 計算： 1.等效管外徑 $Do(mm) = L/\pi$ ，查表確認規格及鋼管標準 2.等效管內徑 $Di(mm) = Do(mm) - 2t(mm)$ 3.管內截面積 $A_o(m^2) = \pi/4 \times \text{等效管內徑} Di(m)^2$

步驟	項目	量測/計算
4	量測管內徑流速， 計算流量	<p>量測： 剝除管外徑包覆保溫材，只需在適當位置剝除感測頭所需的空間，設定管徑、管壁厚等。</p> <p>計算： 流量<math>Q(m^3/s) = V(m/s) \times A(m^2)</math>，再換算為<math>Q(Lpm)</math>、<math>Q(cmm)</math>、<math>Q(cmh)</math>作為各種計算用途之用</p>
5	量測泵之出入口 壓力	<p>量測： 以地板為基準面量取壓力計中心點到地面高度為<math>Z(m)</math>，壓力表讀值<math>P(bar)</math>，泵入口為<math>Z_1</math>、<math>P_1</math>，泵出口為<math>Z_2</math>、<math>P_2</math>，使用差壓計者直接計算壓差值不計入高度，<math>1bar = 10^5(Nt/m^2) = 10m</math>水壓</p>
6	計算泵之揚程	<p>計算：</p> $A_1(m^2) = \pi \times D_1(m)^2 / 4, A_2(m^2) = \pi \times D_2(m)^2 / 4$ $V_1(m/s) = Q(m^3/s) / A_1(m^2), V_2(m/s) = Q(m^3/s) / A_2(m^2)$ $\Delta H(m) = \left( \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} \right) + \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) + (Z_2 - Z_1)$ <p>使用差壓計 <math>\Delta H(m) = \left( \frac{\Delta P}{\rho g} \right) + \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)</math></p>

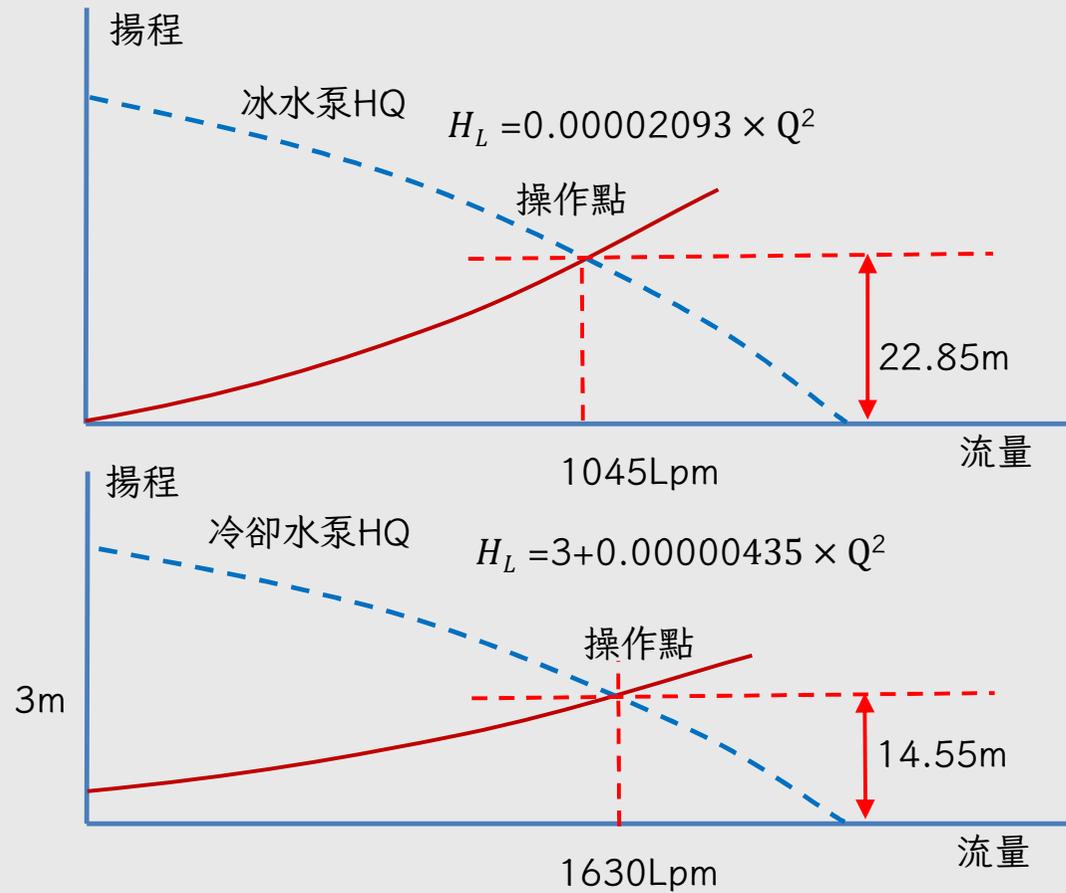
# 泵浦性能測試CNS16017



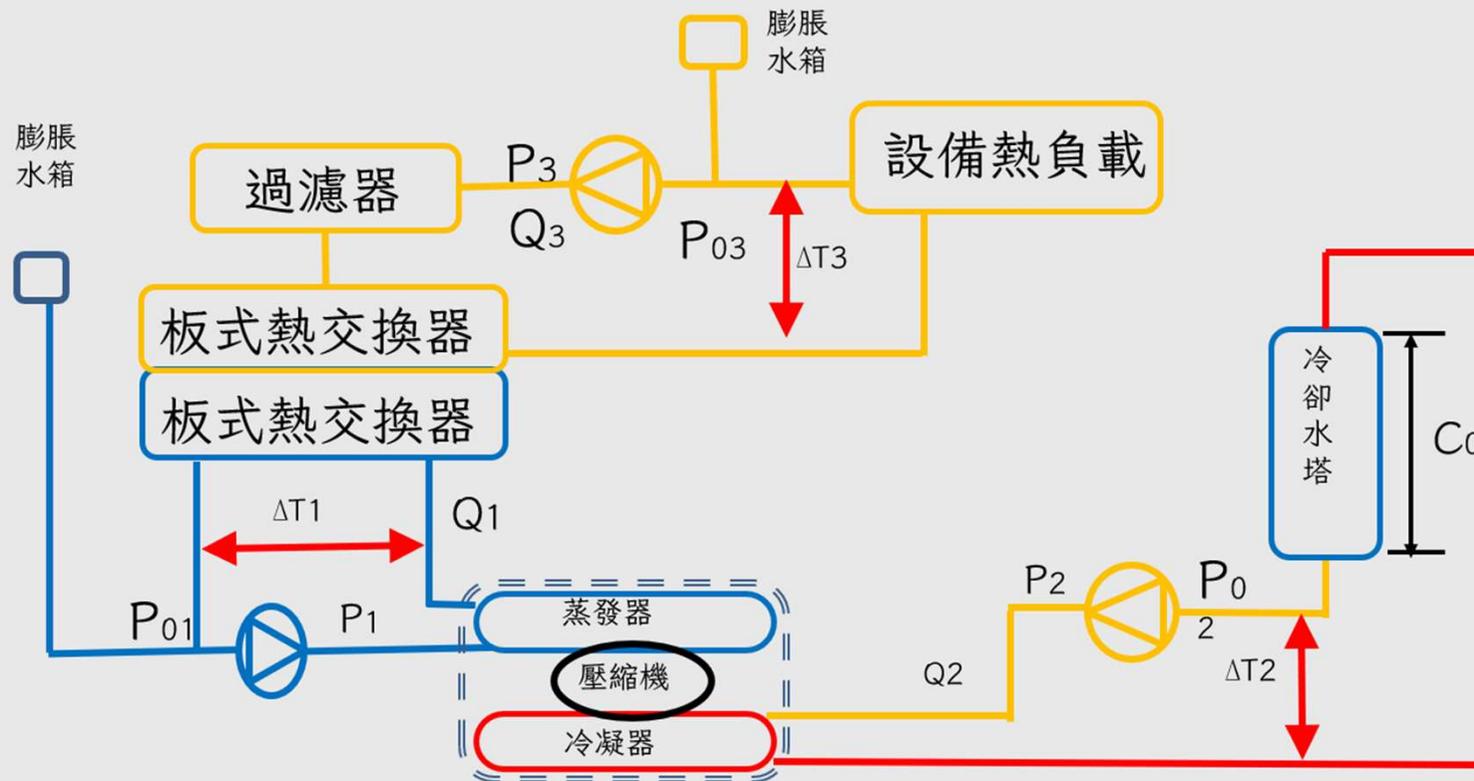
步驟	項目	量測/計算
7	泵之輸出流功計算	計算： 流功 $W_{hy}(\text{kW}) = \rho \times g \times \Delta H(\text{m}) \times Q(\text{m}^3/\text{s})/1000$ ， $\rho = 1000\text{kg}/\text{m}^3$ ， $g = 9.81\text{m}/\text{s}^2$
8	泵之總效率與耗電比計算	計算： 總效率 $\eta\%$ 為輸出流功 $W_{hy}$ 與輸入耗電功 $W_e$ 之百分比值%，耗電比EUI為總效率的倒數。 總效率 $\eta\% = W_{hy}/W_e \times 100\%$ ，耗電比 $EUI = W_e/W_{hy} = 1/\eta\%$
9a	泵之轉速計算或直接輸入轉速(rpm)，選擇感應馬達或永磁馬達	轉速 $rpm = 120/\phi \times f(\text{Hz})$ ，感應馬達需要輸入滑差係數，永磁馬達滑差係數為1
9b	計算比速率 $N_s$ ，不同單位的流量 $Q$ ，使得 $N_s$ 有不同的值。	計算： 比速率 $N_s = (rpm \times Q^{0.5})/H^{0.75}$ ， $Q(\text{cmm})$ 日本常使用的單位， $Q(\text{cms})$ 歐盟與中國使用的單位

步驟	項目	量測/計算
10	管路型態與參數設定	<p>量測：            阻抗曲線 <math>H_L = C_0 + C_1 \times Q^2</math>，            閉迴路管路 <math>C_0 = 0</math>，如冰水管路，            開迴路管路 <math>C_0 =</math> 管路前後端位差(m)，如冷卻水管路，            其位差 <math>C_0 =</math> 冷卻塔散水盤與盛水盤高度差，閉迴路阻抗曲線猶如閉迴路的電阻電路的特性曲線，  <math>V = I \times R</math>，其中 <math>V</math> 相似於 <math>H_L</math>，<math>I</math> 相似於 <math>Q</math>，<math>C_1</math> 相似於 <math>R</math>，而開迴路阻抗曲線猶如增加一個固定電源的電阻電路的特性曲線，  <math>V = V_0 + I \times R</math>，其中 <math>V_0</math> 相似於 <math>C_0</math> 管路位差。</p>
11	計算阻抗曲線與操作點	<p>量測：            取得泵浦揚程 <math>H</math>(m)、流量 <math>Q</math>、位差 <math>C_0</math>，選擇適當的流量單位，<math>H_L</math> (m)，<math>Q</math>(Lpm)、<math>Q</math>(cmm)、<math>Q</math>(cmh)</p> <p>計算：            閉迴路管路：<math>C_0 = 0</math>，<math>C_1 = H_L / Q^2</math>，<math>C_1</math> 須註明使用流量 <math>Q</math> 的單位            開迴路管路：<math>C_1 = (H_L - C_0) / Q^2</math>，<math>C_1</math> 須註明使用流量 <math>Q</math> 的單位</p>

操作點：泵浦性能曲線與管路阻抗曲線相交的點就是操作點，泵浦驅動水流沿著管路流動，就代表泵浦在不同流量下都會沿著阻抗曲線變動。



# 案例-設備冰水機-水側系統



步驟	項目	量測/計算
12	泵之歐盟能效 (MEI=0.4)計算與節 能潛力 COMMISSION REGULATION (EU) No 547/2012	計算： 泵浦節能潛力之評估須以歐盟之MEI=0.4為準，加上IE3馬達能效，這樣才能獲得符合歐盟規範的總能效，所得到的耗電比EUI將作為節能潛力的計算基準。
13	年節電量、碳排放量 與年節省電費	以泵浦耗電比與歐盟泵浦耗電比計算出年節省電量，年節省電量乘上電力排碳係數計算出年節省排碳量，年節省電量乘上每度電費計算出年節省電費

比速率  $N_s = \text{rpm} \times Q^{1/2} / H^{3/4}$  , 其中  $Q(\text{cms})$  歐盟、 $Q(\text{cmm})$  日本,  $H(\text{m})$

$$\eta_{\text{pump, BEP}} = 88.59 X + 13.46 Y - 11.48 X^2 - 0.85 Y^2 - 0.38 XY - C$$

$$X = \ln(N_s) \text{、} Y = \ln(Q_{100\%}) \text{、} N_s \rightarrow Q(\text{cms}) \text{、} Q_{100\%} \rightarrow Q(\text{cmh})$$

1. End suction own bearing (ESOB) 連軸式泵浦
2. End suction close coupled (ESCC) 直結式泵浦
3. End suction close coupled inline (ESCCi) 管道泵
4. Vertical multistage (MS-V) 立式多級泵
5. Submersible multistage (MSS) 沉水多級泵

Part Load(PL) : 75% of the flow at BEP ,

$$\eta_{\text{PL}(\text{min, requ.})} = 0.947 \times \eta_{\text{pump, BEP}}$$

Over Load(OL) : 110% of the flow at BEP ,

$$\eta_{\text{OL}(\text{min, requ.})} = 0.985 \times \eta_{\text{pump, BEP}}$$

能效標準MEI=0.4		
泵型式	轉速rpm	C
ESOB連軸式	1450	128.07
	2900	130.27
ESCC直結式	1450	128.46
	2900	130.77
ESCCI管道泵	1450	132.30
	2900	133.69
MS-V立式多級	2900	133.95
MSS沉水多級	2900	128.79

## 數據表-冰水泵/冷卻泵

公司資料			
委託公司名稱		委託公司電話	
委託公司聯絡人姓名		委託公司聯絡人部門	
委託公司聯絡人Email		委託公司地址	
量測公司名稱		量測公司電話	
量測公司聯絡人姓名		量測公司聯絡人部門	
量測公司聯絡人Email		量測公司地址	
量測環境溫度		量測環境濕度	
量測日期		其他描述	

數據表-冰水泵/冷卻泵

電機規格			
額定電壓Volt(V)		額定電流I(A)	
馬達效率(%)		頻率f(Hz)	
馬達極數pole( $\varphi$ )		額定軸功 $W_{sh}$ (kW)	
額定馬力(hp)		馬達轉速rpm	
量測			
電壓Volt(V)		電流I(A)	
功因 $Pf$ ( $\cos(\phi)$ )		耗電功 $W_e$ (kW)	
泵浦尺寸規格			
泵浦入口徑(mm)		泵浦出口徑(mm)	
計算			
泵浦入口截面積( $m^2$ )		泵浦出口截面積( $m^2$ )	

數據表-冰水泵/冷卻泵

泵浦壓力數據量測			
泵入口壓力 $P_1$ (bar)		泵出口壓力 $P_2$ (bar)	
入口壓力錶離地板高 $Z_1$ (m)		出口壓力錶離地板高 $Z_2$ (m)	
計算			
出入口壓力差 $\Delta P$ (bar)		壓力錶高度差 $\Delta Z$ (m)	
流量數據量測			
管路外徑圓周長 $L$ (mm)		管壁厚 $t$ (mm)	
泵入口流速 $V_1$ (m/s)		泵出口流速 $V_2$ (m/s)	
計算			
等效管外徑 $D_o$ (mm)		等效管內徑 $D_i$ (mm)	
泵浦入口截面積( $m^2$ )		泵浦出口截面積( $m^2$ )	
管內截面積 $A_o$ ( $m^2$ )		泵浦揚程(m)	
流量( $m^3/s$ )		流量( $m^3/min$ )	
流量(L/min)		流量( $m^3/hr$ )	

## 數據表-冰水泵/冷卻泵

泵浦揚程、流功、總效率、比速率、耗電比計算			
泵揚程H(m)		泵輸出流功 $W_{hy}$ (kW)	
泵浦耗電比EUI(kW/kW)		泵總效率 $\eta_p$ (%)	
比速率Ns			

管路型態與阻抗曲線			
管路型態			
流量(Lpm)		揚程(m)	
位差 $C_0$ (m)		$C_1$	

數據表-冰水泵/冷卻泵

泵浦歐盟能效與節能潛力			
流量(cms)		揚程(m)	
轉速(rpm)		比速率Ns	
Ln(Q(cmh))		Ln(Ns)	
泵浦型式		能效C值	
歐盟泵浦效率 $\eta_p$ (%)		歐盟泵浦輸入軸功 $W_{sh}$ (kW)	
IE3馬達能效 $\eta_m$ (%)		歐盟泵浦總能效%	
歐盟泵浦輸入軸功(kW)		歐盟泵浦耗電功 $W_{e-eu}$ (kW)	
歐盟泵浦耗電比 $EUI_{eu}$ (kW/kW)		節電率%	
年運轉時數(hrs)		年節電量(kWh)	
電力排碳係數(kg/kWh)		年節省排碳量kg	
每度電費NT/kWh		年節省電費NT	
節能潛力 $W_e - W_{e-eu}$ (kW)		節能潛力 $(EUI - EUI_{eu}) / EUI$ %	