

# 迴轉動力水泵測試作業須知

工業技術研究院機械與機電系統研究所

**20230116** 版

## 目錄

一、試驗方法.....	2
二、出具試驗報告之單位 .....	2
三、試驗報告之要求 .....	2
(一)測試報告基本規定 .....	2
(二)測試報告內容要求 .....	3

依據「迴轉動力水泵容許耗用能源基準、標示事項及檢查方式」第四點規定，廠商應於產品上市前申請登錄容許耗用能源基準並提供指定之樣品能源效率試驗報告予中央主管機關審查。為使迴轉動力水泵測試作業能有所依循，廠商提供之試驗報告應符合下列規定：

### 一、試驗方法

現行中華民國國家標準(以下簡稱 CNS) 16017 之 2 級以上要求或相容之國際標準化組織(International Organization for Standardization, 簡稱 ISO) 9906 之 2 級以上要求，試驗其能源效率實測值。

### 二、出具試驗報告之單位

試驗報告應由財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, 簡稱 TAF)、國際實驗室認證聯盟(International Laboratory Accreditation Cooperation, 簡稱 ILAC)相互承認協議簽署會員之認證機構、經濟部標準檢驗局、經濟部能源局等認可之實驗室或美國保險商試驗所(Underwriters Laboratories Inc. UL)、德國技術監護協會(Technischer Überwachungs-Verein, 簡稱 TÜV)出具。

### 三、試驗報告之要求

#### (一) 測試報告基本規定

1. 測試報告需為中文本，如為國外報告需為英文或翻譯為中文報告(並附有原文對照)。
2. 翻譯的測試報告需有申請廠商之大小章，並保證其翻譯內容同原測試報告。
3. 國外測試報告需有 ILAC 相互承認協議簽署會員之認證機構之標誌，且為認證有效期間內所完成的測試，並提供測試單位在認證有效期間之證明文件。

4. 測試報告需有測試產品名稱、產品型號、測試日期、報告編號、委託單位、測試單位，並至少需有測試單位之用印或簽署、與報告簽署人簽名。
5. 測試報告需註明使用之測試方法(CNS 16017 或 ISO 9906)及性能試驗允收等級。
6. 測試報告需有清楚可視之測試樣本照片，包括泵體(bare pump)，電動機(motor)外觀等照片，照片應清晰。
  - (1) 泵體照片：需依照「迴轉動力水泵容許耗用能源基準、標示事項及檢查方式」規定標示的內容。
  - (2) 電動機照片：若屬感應電動機，照片應含「低壓三相鼠籠型感應電一動機(含安裝於特定設備之一部者)能源效率基準、效率標示及檢查方式」規定標示，效率需達 IE3 以上。其他三相交流電動機照片至少應含有產品名稱(如永磁電動機...)、型號、輸出功率、轉速、頻率、電壓、製造廠商名稱或商標等銘牌標示。

## (二) 測試報告內容要求

### 1. 呈現項目

報告內容至少需有下列資訊，各項目的計量單位需依下列項目標示或計算：

項次	項目	單位
1. 測試條件	測試水溫(temperature) 計算至小數後第一位，小數點後第二位四捨五入。	°C
	測試地點當地緯度 $\phi$ (latitude)； 當地海拔高度 Z (the height above sea level) 緯度：計算至小數後第三位，小數點後第四	m

	位四捨五入 海拔高度：計算至小數後第一位，小數點後第二位四捨五入 重力加速度：計算至小數後第三位，小數點後第四位四捨五入	$m/s^2$
2. 產品資訊	(1) 產品名稱(name of the product)及產品型號(product model number)	
	(2) 額定功率(rated power,指三相電動機之額定輸出功率)	kW
	(3) 額定電壓(rated volt)及頻率(frequency)	V, Hz
	(4) 轉速(speed,指泵最佳效率點之轉速)	rpm
	(5) 泵口徑(Inlet and outlet diameters)：以進水口徑×出水口徑表示	mm
	(6) 全葉輪直徑(full or maximum) impeller diameter	mm
	(7) 最小削減葉輪直徑(minimum trimmed impeller diameter) 若無削減者，免標示	mm
3. 測試結果 (包括修正至標稱轉速及迴歸值)	(8) 轉速(speed) • 至少標明七個測試點之原始實測轉速	rpm
	(9) 流量(flow rate) • 至少標明七個測試點之流量及修正至標稱轉速(3600 rpm 或 1800 rpm)時之流量 • 在標稱轉速時，迴歸後之 100%最佳(大)效率點流量、75%最佳效率點流量及 110%最佳效率點流量 • 計算至小數後第三位，小數點後第四位四捨五入	$m^3/min$

	<p>(10)揚程(head)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 至少標明七個測試點之揚程及修正至標稱轉速(3600 rpm 或 1800 rpm)時之揚程</li> <li>• 在標稱轉速時，迴歸後之 100%最佳(大)效率點流量時之揚程、75%最佳效率點流量時之揚程及 110%最佳效率點流量時之揚程</li> <li>• 計算至小數後第二位，小數點後第三位四捨五入</li> </ul>	m
	<p>(11)輸入電動機功率 (motor power input), 電動機傳輸給泵的功率 (power transmitted to the pump), 泵輸出功率 (hydraulic output power)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 至少標明七個測試點之功率及修正至標稱轉速(3600 rpm 或 1800 rpm)時之功率</li> <li>• 在標稱轉速時，迴歸後之 100%最佳(大)效率點流量時之功率、75%最佳效率點流量時之功率及 110%最佳效率點流量時之功率</li> <li>• 計算至小數後第三位，小數點後第四位四捨五入</li> </ul>	kW
	<p>(12)電動機效率 (motor efficiency)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 至少標明七個測試點之電動機效率</li> <li>• 計算至小數後第二位，小數點後第三位四捨五入</li> </ul>	%
	<p>(12)泵效率 (hydraulic pump efficiency)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 至少標明七個測試點之泵效率</li> </ul>	%

	<ul style="list-style-type: none"> <li>在標稱轉速時，迴歸後之最佳(大)效率、75%最佳效率點流量時之效率及 110%最佳效率點流量時之效率</li> <li>計算至小數後第一位，小數點後第二位四捨五入</li> </ul>	
	<p>(13)能源效率指標 EEI( Energy Efficiency index)</p> <p>計算至小數後第三位，小數點後第四位四捨五入</p>	
4.其他	最大(全)葉輪時泵能源基準：	
	$\eta_{pump,BEP}$	%
	$\eta_{pump,PL}$	%
	$\eta_{pump,OL}$	%
	最小削減葉輪時泵能源基準： $0.9 * \eta_{pump,BEP}$	%
	<p><b>泵機組能源基準(EEI)：</b></p> <p>全葉輪時 EEI=0.988；</p> <p>最小削減葉輪時 EEI</p>	

## 2.測試要求

除依據 CNS16017 或 ISO9906 之試驗方法外，尚需依據下列要求：

- (1) 測試應至少取七個測試點，點的選擇大約在泵預期的最佳(大)效率點 BEP (Best Efficiency Point)流量時之 40%、60%、75%、90%、100%、110%及 120%。對於無法進行測試流量超出 BEP 流量時之 120%的情況時，應以預期的 BEP 流量時之 40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%為記錄點，**並涵蓋有 BEP 出現的流**

量範圍(即有反曲點以確定 BEP)，泵實際之 BEP 流量與預期之 BEP 流量差異不超過 5%。

- (2) 量測 7 個流量點時，各點流量變化差異不超過 5%。
- (3) 流量、揚程及功率(電動機輸入電功率、電動機傳輸至泵功率)修正至標稱轉速(1800 rpm 或 3600 rpm)

所測得之流量(Q)、揚程(H)、功率(P)等數據均需修正至 2 極(3600 rpm)或 4 極(1800 rpm)時之值，並迴歸後再進行效率值、能源基準值及能源指標 EEI 之計算，修正公式如下：

$$Q_{i,nominal\ speed} = Q_i \left( \frac{n_{nominal\ speed}}{n_i} \right)$$

$$H_{i,nominal\ speed} = H_i \left( \frac{n_{nominal\ speed}}{n_i} \right)^2$$

$$P_{i,nominal\ speed} = P_i \left( \frac{n_{nominal\ speed}}{n_i} \right)^3$$

$$\eta_{i,nominal\ speed} = \eta_i$$

- (4) 用於確定最佳效率點之效率及流量，與揚程、電動機輸入電功率、電動機傳輸至泵功率及轉速對應流量之迴歸分析應為多項式，最高為 6 階，且有最大相關係數值(R<sup>2</sup>)。
- (5) 根據迴歸分析確定 BEP 流量之 75%，100%，110% 時之揚程、輸入電動機功率、轉速。

### 3. 迴轉動力水泵(即泵體)之實測效率值及能源基準計算

- (1) 迴轉動力水泵(即泵體)之實測效率值計算如下：

$$\eta_{總效率,i} = \frac{\text{泵輸出功率}(P_{h,i})}{\text{輸入電動機功率}(P_{1,i})} \times 100\%$$

$$\eta_{泵效率,i} = \frac{\text{泵輸出功率}(P_{h,i})}{\text{電動機傳輸給泵的功率}(P_{2,i})} \times 100\%$$



$$= \frac{\text{泵輸出功率}(P_{h,i})}{P_{1,i} \times \text{電動機效率}(\eta_{motor,i})} \times 100\%$$

$$= \frac{\eta_{\text{總效率},i}}{\text{電動機效率}(\eta_{motor,i})} \times 100\%$$

$$P_{h,i} = \rho g Q_i H_i \text{ (kW)}$$

上述參數說明如下：

$i$ ：最佳效率點流量之 75%、100%、110% 時之負載點

$n_i$ ：最佳效率點流量之 75%、100%、110% 時之轉速

$n_{\text{nominal speed}}$ ：3600 rpm 或 1800 rpm

$Q_i$ 、 $H_i$ 、 $P_i$ ：負載點  $i$  時實測之流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )、揚程(m)及輸入電功率(kW)

$P_{h,i}$ ：負載點  $i$  時之泵輸出功率(即流功)(kW)

$P_{1,i}$ ：負載點  $i$  時之輸入電動機功率(kW)

$P_{2,i}$ ：負載點  $i$  時之電動機傳輸給泵的功率(kW)

$\eta_{motor,i}$ ：負載點  $i$  時之電動機效率(%)

$\rho$ ：測試時水的密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ )，可由 ISO 8222 之密度與溫度( $T, ^\circ\text{C}$ )迴歸分析得出，公式如下：

$$\rho = (6.5918 \times 10^{-12} T^5 - 1.12671 \times 10^{-9} T^4 + 1.00527 \times 10^{-7} T^3 - 9.10603 \times 10^{-6} T^2 + 6.7983 \times 10^{-5} T + 0.99984) \times 1000$$

$g$ ：當地重力加速度( $\text{m}/\text{s}^2$ )，依據 CNS16017 或 ISO 9906 所列之公式計算，公式如下：

$$g = 9.7803 \times (1 + 0.0053 * (\sin(\text{radians}(\varphi)))^2) - 3 \times 10^{-6} \times Z$$

$\varphi$ (latitude)為當地緯度， $Z$ 為當地海拔高度(the height above sea level)，公尺

迴轉動力水泵泵體之實測效率值，計算至小數後第一位，小數點後第二位四捨五入。

(2) 迴轉動力水泵泵體之最大(全)葉輪能源基準計算如下：

$$\eta_{pump,BEP} = 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - C$$

$$\eta_{pump,PL} = 0.947 \times \eta_{pump,BEP}$$

$$\eta_{pump,OL} = 0.985 \times \eta_{pump,BEP}$$

$x = \ln(n_s)$ ,  $y = \ln(Q_{100\%})$ ,  $Q_{100\%}$ : 水泵在最佳效率點之體積流量, 立方公尺/時( $m^3/h$ )

$\eta_{pump,BEP}$ : 水泵在最大(全)葉輪最佳效率點之能源基準(%)。

$\eta_{pump,PL}$ : 水泵在75%最佳效率點流量時之能源基準(%)。

$\eta_{pump,OL}$ : 水泵在110%最佳效率點流量時之能源基準(%)。

$n_s$ : 泵之比轉速( $min^{-1}$ ), 其中  $n_s = n \cdot \frac{\sqrt{Q''_{100\%}}}{(\frac{1}{i}H_{100\%})^{3/4}}$ ,  $n$ : 轉軸

每分鐘轉速(rpm)

$Q''_{100\%}$ : 水泵在最佳效率點之體積流量, 立方公尺/秒( $m^3/s$ )。

$H_{100\%}$ : 水泵在最佳效率點之揚程, 公尺(m)。

$i$ : 水泵葉輪數目

$C$ : 不同種泵之效率常數。

型 式	C 值	
單吸單段聯結式 迴轉動力水泵	電動機 1800 rpm	128.07
	電動機 3600 rpm	130.27
單吸單段直結式 迴轉動力水泵	電動機 1800 rpm	128.46
	電動機 3600 rpm	130.77
進出水口同軸之單吸單段 直結式迴轉動力水泵	電動機 1800 rpm	132.30
	電動機 3600 rpm	133.69

- (3) 迴轉動力水泵(即泵體)之最小削減葉輪能源基準計算如下(如削減葉輪則免)：

$$\eta_{pump,BEP,trimmed} = 90\% \times \eta_{pump,BEP}$$

#### 4.迴轉動力水泵機組之實際能源效率指標 EEI 計算

- (1) 計算參考輸入電動機功率  $P_{1,ref}$

$$P_{1,ref} = \frac{P_{2,ref}}{\eta_{motor,ref}} \quad P_{2,ref} = \frac{P_{h,ref}}{\eta_{pump,BEP} \text{ 或 } \eta_{pump,BEP,trimmed}}$$

$$P_{h,ref} = \frac{\rho g H_{100\%} (Q_{100\%} / 3600)}{1000}$$

$P_{1,ref}$ ：最大(全)葉輪或最小削減葉輪時之參考輸入電動機功率(kW)

$P_{2,ref}$ ：最大(全)葉輪或最小削減葉輪時之參考電動機傳輸至泵功率(kW)

$P_{h,ref}$ ：最大(全)葉輪或最小削減葉輪時之參考泵輸出功率(kW)

$\eta_{motor,ref}$ ：最大(全)葉輪或最小削減葉輪時搭載三相感應電動機滿載效率(%)，屬於管制範圍須符合 IE3

$Q_{100\%}$ ， $H_{100\%}$ ：最大(全)葉輪或最小削減葉輪最佳效率點之流量(m<sup>3</sup>/h)、揚程(m)

$\rho$ =水的密度，以 1000kg/m<sup>3</sup> 計算  $P_{h,ref}$

$g$ =重力加速度，以 9.81m/s<sup>2</sup> 計算  $P_{h,ref}$

$\eta_{pump,BEP}$ ：最大(全)葉輪時最佳效率點能源基準 (%)

$\eta_{pump,BEP,trimmed}$ ：最小削減葉輪時最佳效率點能源基準(%)，為  $0.9 \times \eta_{pump,BEP}$

- (2) 計算實際加權平均輸入電功率  $P_{1,avg}$

$$P_{1,avg} = \sum_{i=1}^3 \left( \frac{\Delta t}{100} \right)_i P_{1,i}$$

$i$ : 最大(全)葉輪或最小削減葉輪時, 最佳效率點流量之 75%、100%、110% 時之負載點

$P_{1,i}$ : 最大(全)葉輪或最小削減葉輪時, 最佳效率點流量之 75%、100%、110% 時之實測輸入電動機功率(kW), 並修正至 2 極(3600 rpm)或 4 極(1800 rpm)時之值

$\frac{\Delta t}{100}$ : 時間權重因子%, 如下:

最佳效率點流量 比例	75%	100%	110%
$\frac{\Delta t}{100}$	25%	50%	25%

### (3) 計算實際 EEI

$EEI = P_{1,avg}/P_{1,ref}$ , 計算至小數後第三位, 小數點後第四位四捨五入。

## 5. 測試報告其他要求

- (1) 原始測試數據、修正至標稱轉速(nominal speed)之性能曲線圖(流量 - 效率、流量 - 揚程、流量 - 輸入電動機功率), 參考附件一, 並需有迴歸公式及最大相關係數值( $R^2$ ), 且將各  $R^2$  值列表(參考附件一之附表 1-1),  $R^2$  值至少 0.995 以上。
- (2) 泵實際之 BEP 流量與預期之 BEP 流量差異不超過 5% 及其餘各點流量變化不超過 5% 之驗證。找出預期 BEP 方法, 可參考附件二, 各點流量驗證結果參考附件二之表 2-1
- (3) 測試報告應有迴歸分析後之 BEP 流量時之 75%、100%、110% 之相關數據值, 參考附件三。
- (4) 泵體最大(全)葉輪效率實測值、最小削減葉輪效率實測值不得小於能源基準, 並在產品標示值以上。

$$\text{即 } \eta_{\text{實測值}} \geq \eta_{\text{標示值}} \geq \eta_{\text{能源基準}}$$

- (5) 最大(全)葉輪泵機組能源效率指標 EEI 實測值不得高於

0.988，並在產品標示值以上；最小削減葉輪泵機組 EEI 實測值不得高於最大(全)葉輪時之 EEI，且不得高於產品標示值。

即最大(全)葉輪泵機組：

$$EEI_{\text{全葉輪實測值}} \leq EEI_{\text{標示值}} \leq 0.988$$

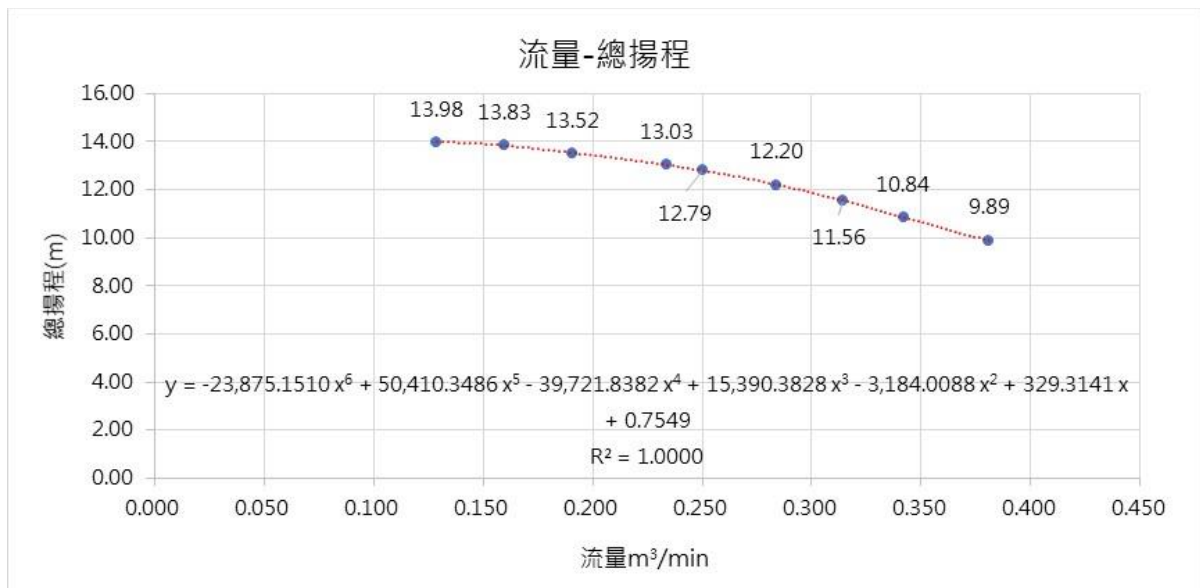
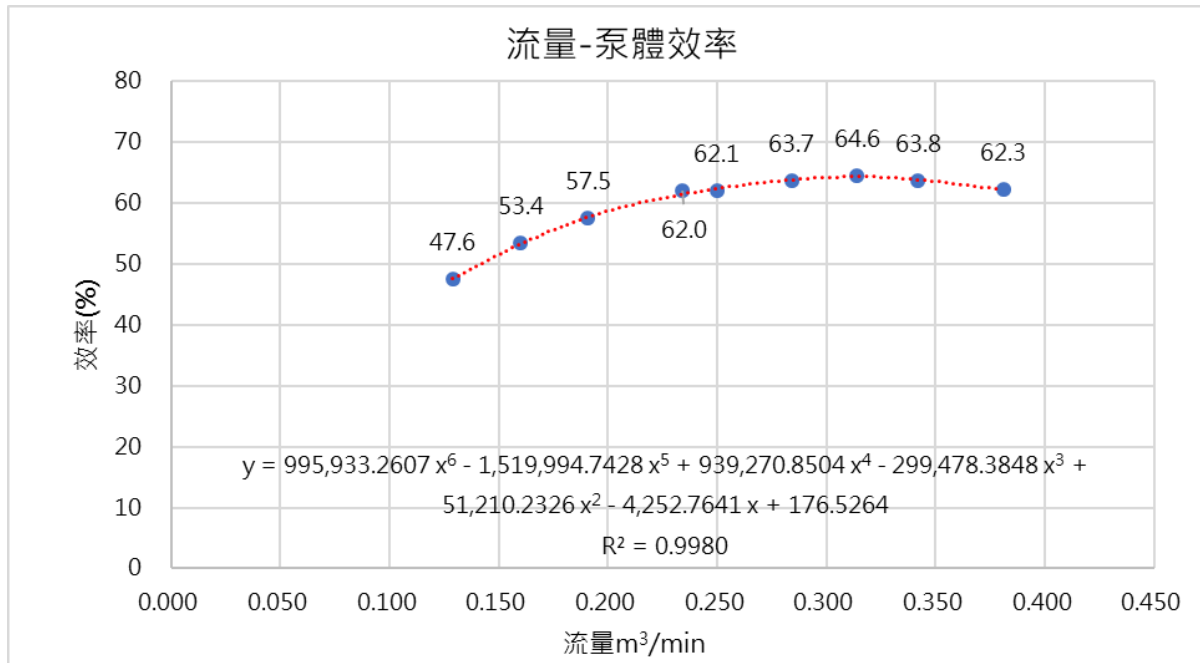
最小削減葉輪泵機組：

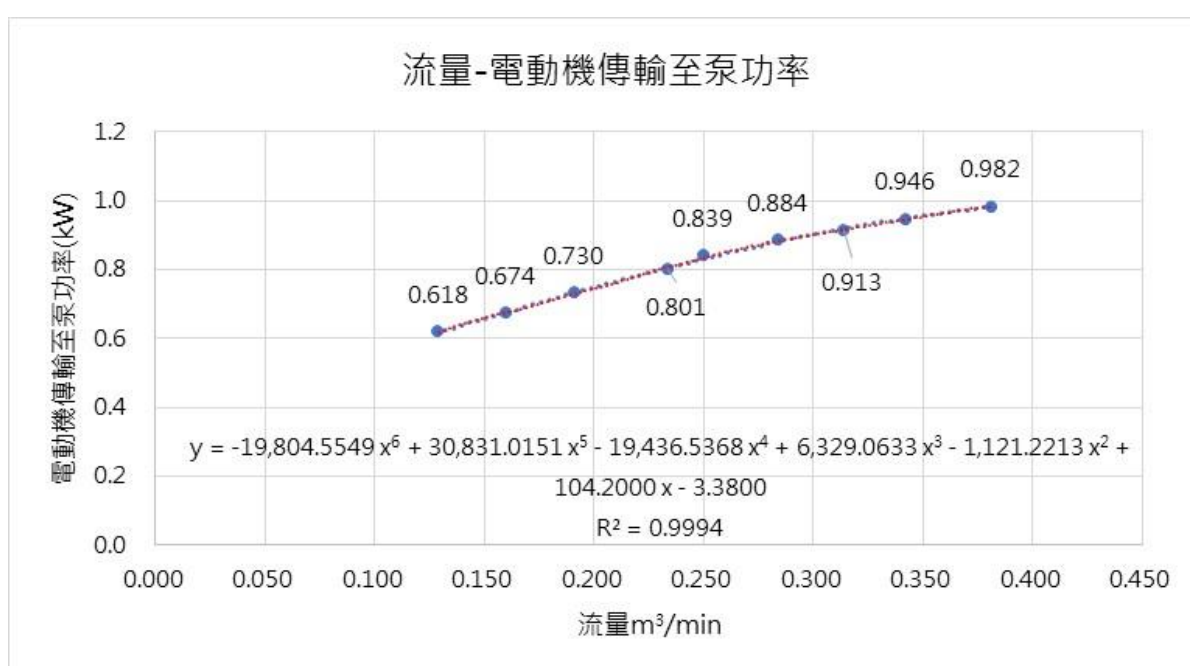
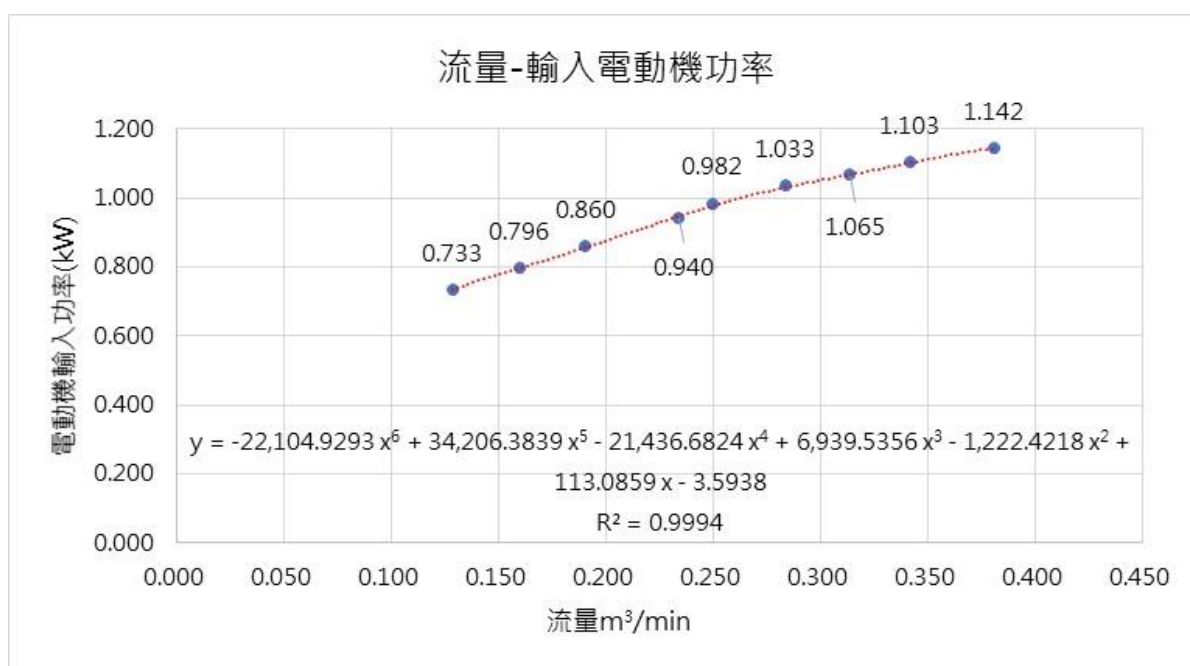
$$EEI_{\text{最小削減葉輪實測值}} \leq EEI_{\text{全葉輪實測值}} \leq EEI_{\text{標示值}}$$

(6) 標註泵體及 **泵機組能源基準**。

## 附件一 性能曲線圖及迴歸分析(範例)

\*需標註各點 Y 軸之數據(請留意數據需清晰，不可重疊)





附表 1-1 各性能曲線迴歸分析之最大相關係數值(R<sup>2</sup>)

性能曲線	迴歸分析 R <sup>2</sup> 值
流量-泵體效率	
流量-揚程	
流量-電動機傳輸至泵功率	
流量-輸入電動機功率	

## 附件二 找出預期 BEP 流量之方法及與測試值驗證

一、找出預期 BEP 流量(性能迴歸曲線上之 BEP 點流量)之方法

- 選擇泵預期 BEP (Best Efficiency Point) 流量時之 40%、60%、75%、90%、100%、110% 及 120% 時進行測試。對於無法進行測試流量超出 BEP 流量時之 120% 的情況時，應以預期 BEP 流量時之 40%、50%、60%、70%、80%、90%、100% 為記錄點，並涵蓋有 BEP 出現的流量範圍(即有反曲點以確定 BEP)。
- 所測得之流量數據需修正至標稱轉速 2 極(3600 rpm)或 4 極(1800 rpm)時之值，由流量-泵體效率性能曲線所得之最佳擬合之迴歸公式，找出曲線上效率最高點時之流量為 100% $Q_{BEP}$  (可用規劃求解方式找出最大(佳)泵體效率  $\eta_{BEP}$  時對應之流量  $Q_{BEP}$ )。

二、應比對預期各點流量與實測數據之差異(如附表 2-1)，差異值不應超過 5%，超過者應重新測試。

附表 2-1(a) 各測試點流量驗證

規定 測試點	預期應測流量 A m <sup>3</sup> /min	流量允許下 限 $A \times (1-5\%)$ m <sup>3</sup> /min	流量允許上 限 $A \times (1+5\%)$ m <sup>3</sup> /min	修正至標稱 轉速之測試 數據 m <sup>3</sup> /min
40% $Q_{BEP}$				
60% $Q_{BEP}$				
75% $Q_{BEP}$				
90% $Q_{BEP}$				
100% $Q_{BEP}$				
110% $Q_{BEP}$				
120% $Q_{BEP}$				



附表 2-1(b) 各測試點流量驗證

規定 測試點	預期應測流量 A m <sup>3</sup> /min	流量允許下 限 A×(1-5%) m <sup>3</sup> /min	流量允許上 限 A×(1+5%) m <sup>3</sup> /min	修正至標稱 轉速之測試 數據 m <sup>3</sup> /min
40% Q <sub>BEP</sub>				
50% Q <sub>BEP</sub>				
60% Q <sub>BEP</sub>				
70% Q <sub>BEP</sub>				
80% Q <sub>BEP</sub>				
90% Q <sub>BEP</sub>				
100% Q <sub>BEP</sub>				

### 附件三 測試報告格式範例(參考)

泵規格 Pump Spec.									
型號					序號				
種類 Type	單吸單段聯結式迴轉動力水泵				測試型式 Test unit	Pump-Motor unit			
額定流量 Q	[m <sup>3</sup> /min]				水溫	[°C]			
額定揚程 H	[m]				水密度	[kg/m <sup>3</sup> ]			
轉速 n <sub>N</sub>	[rpm]	葉輪直徑(Φ)		[mm]	進出水口徑		[mm]		
		<input type="checkbox"/> 全葉輪							
		<input type="checkbox"/> 削減葉輪							
電動機規格 Motor Spec.									
廠牌/型號	/				接線方式	△			
額定功率	HP / kW				電壓/頻率	V/ 60Hz			
極數(P)	pole				電動機額定效率	%			
試驗地點重力加速度(g)	[m/s <sup>2</sup> ]			試驗地點緯度	(φ)			試驗地點海拔高度	[m]
原始測試數據									
	測試點 Meas. point	總揚程 Total head (m)	流量 Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	輸入電動機 功率 Motor power input (kW)	電動機 效率(%)	電動機傳輸 至泵功率 Pump power input (kW)	泵輸出功率 Pump hydraulic output power (kW)	轉速 (rpm)	
	40% Q <sub>BEP</sub>	1							
	60% Q <sub>BEP</sub>	2							
	75% Q <sub>BEP</sub>	3							
	90% Q <sub>BEP</sub>	4							
	100% Q <sub>BEP</sub>	5							
	110% Q <sub>BEP</sub>	6							
	120% Q <sub>BEP</sub>	7							
	8								
原始測試數據修正至標稱轉速 nominal speed (1800rpm or 3600rpm)									
	測試點 Meas. point	總揚程 Total head (m)	流量 Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	輸入電動機 功率 Motor power input (kW)	電動機傳輸 至泵功率 Pump power input (kW)	泵輸出功率 Pump hydraulic output power (kW)	泵體效率 Pump efficiency (%)		
	40% Q <sub>BEP</sub>	1							
	60% Q <sub>BEP</sub>	2							
	75% Q <sub>BEP</sub>	3							
	90% Q <sub>BEP</sub>	4							

100% Q <sub>BEP</sub>	5						
110% Q <sub>BEP</sub>	6						
120% Q <sub>BEP</sub>	7						
	8						
測試數據修正至標稱轉速 nominal speed(1800rpm or 3600rpm)及迴歸後之數據							
	測試點 Meas. point	總揚程 Total head (m)	流量 Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	輸入電動機 功率 Motor power input (kW)	電動機傳輸 至泵功率 Pump power input (kW)	泵體效率 Pump efficiency (%)	泵機組 EEI
75% Q <sub>BEP</sub>	1						
100% Q <sub>BEP</sub>	2						
110% Q <sub>BEP</sub>	3						
泵體能源基準  (二擇一勾選)	<input type="checkbox"/> 最大(全)葉輪	$\eta_{pump,BEP} :$ %		$\eta_{pump,PL} :$ %		$\eta_{pump,OL} :$ %	
	<input type="checkbox"/> 最小削減葉輪	$\eta_{pump,BEP,trimmed} :$ %					
泵機組 能源基準(EEI) (二擇一勾選) <sup>*註2</sup>	<input type="checkbox"/> 最大(全)葉輪						
	<input type="checkbox"/> 最小削減葉輪						
備註	試驗紀錄號碼					測試日期：0000/00/00	
簽署人							

註：

1. 泵體能源基準及泵機組能源效率指標中之各數據係為修正至 nominal speed 時之數據。
2. 若為最大(全)葉輪時，泵機組能源基準為 0.988；若為最小削減葉輪時，泵機組能源基準為最大(全)葉輪之 EEI 實測值。