

自來水抽送水泵節能計算

簡煥然

FB泵浦教室

泵浦媒體圖書館

www.uberty.com.tw

LIN泵浦教室

煜然有限公司

一.1、水池對水池：原送水池之泵浦現場初勘要點說明：

紅字部份為
水池送水站
的注意事項

1. 節能建議書?
2. 甲方為何要節能?節重的重點在哪裡?目標節能率是多少?
3. 供給側為河邊?原水池邊?淨水池邊? 最低水位?最高水位?一般水位?
4. 抽送水池與目標水池的海拔高?位差高?枯水期?豐水期?一般期?各多久?
5. 請給每年每天的流量?請給各供水期的流量變動值。
6. 主幹線管路並聯數量?長度M?主幹管最高點海拔高m?
7. 抽送水池水面與泵出口壓力錶位差高?
8. 泵型式, 沉水泵?豎軸泵?臥式離心泵?臥式雙吸泵?管道泵?常用的泵浦並聯數, 幾台並聯?流量?錶壓力值?
9. 節能範圍: 請甲方說明節能範圍, 從泵浦電源端?從變頻器電源端?從變壓器電源端?整個泵浦站?
10. EMS系統進場時間: 甲方在投標前須告知乙方EMS系統及附屬設備可以開始進場時間。
11. 驗收規格洽訂: 正確規格待甲乙雙方簽約後進行現場量測, 才能議定正確規格, 若甲方的節能率為可行, 乙方也會提出保證, 若不可行乙方也會提出合理說明, 雙方再議定合理節能率X%。
12. EMS系統驗收: EMS系統安裝完成後, 進行EMS擷取數據正確性驗證, 經由第三方驗證後才可以進行數據蒐集與計算。
13. EMS人機介面: 請甲方得提出需求, 乙方將依照甲方需求進行設計, 能效指標、平均能效指標及能效基線將為最重要的介面。
14. 節能指標蒐集期間, 甲乙雙方約定數據蒐集期間, 連續20/30天, 蒐集後經雙方確認無誤進行指標計算與平均值計算。
15. 能效指標計算: 能效指標=耗電比(kW/kW)=設定範圍內電源端的耗電功(kW)/設定範圍內的輸出流功(kW)。
16. 能效率計算: 能效節能率%=(舊耗電比平均值-新耗電比平均值)/舊耗電比)
17. 驗收測試: 驗收時的泵浦並聯數, 若有更新的泵浦, 單獨進行新泵浦測試?或n1台泵浦+n2, 驗收的節能率

$$Y\% = X\% * (n1 / (n1 + n2))$$
18. 節電量(kWh)=(舊耗電比平均值-新耗電比平均值)*(1/新耗電比平均值)*期間累積新輸入耗電功(kW)
19. 驗收第三方, 確認甲方驗收時指定的第三方驗證機構, 若沒有指定, 乙方須提出第三方驗證機構供甲方確認。

一.2、水池對管網：中繼加壓站之泵浦現場初勘要點說明：

紅字部份為
中繼加壓站
的注意事項

1. 節能建議書?誰寫的?
2. 甲方為何要節能?節重的重點在哪裡?目標節能率是多少?
3. 供給中繼加壓站最低水位?最高水位?一般水位?中繼加壓站水池海拔高?
4. 中繼加壓站抽送水池水面與泵出口壓力錶位差高?遠端監控位海拔高m?最低壓力kg?給給水範圍及距離m?
5. 中繼站每天24小時流量變動量?請給一天24小時的變動值。
6. 主幹線管路並聯數量?長度M?口徑分配MM?如何串接?主幹管最高點海拔高m?
7. 泵型式, 沉水泵?豎軸泵?臥式離心泵?臥式雙吸泵?管道泵?常用的泵浦並聯數, 幾台並聯?流量?錶壓力值?
8. 請甲方附上地圖與水池結構圖, 及管網圖。請記得現場拍照, 重要數據拍照記錄, 可能的施工環境與設備進場路線。
9. 節能範圍: 請甲方說明節能範圍, 從泵浦電源端?從變頻器電源端?從變壓器電源端?整個泵浦站?
10. EMS系統進場時間: 甲方在投標前須告知乙方EMS系統及附屬設備可以開始進場時間。
11. 驗收規格洽訂: 正確規格待甲乙雙方簽約後進行現場量測, 才能議定正確規格, 若甲方的節能率為可行, 乙方也會提出保證, 若不可行乙方也會提出合理說明, 雙方再議定合理節能率X%。
12. EMS系統驗收: EMS系統安裝完成後, 進行EMS擷取數據正確性驗證, 經由第三方驗證後才可以進行數據蒐集與計算。
13. EMS人機介面: 請甲方得提出需求, 乙方將依照甲方需求進行設計, 能效指標、平均能效指標及能效基線將為最重要的介面。
14. 節能指標蒐集期間, 甲乙雙方約定數據蒐集期間, 連續20/30天, 蒐集後經雙方確認無誤進行指標計算與平均值計算。
15. 能效指標計算: 能效指標=耗電比(kW/kW)=設定範圍內電源端的耗電功(kW)/設定範圍內的輸出流功(kW)。
16. 能效率計算: 能效節能率%=(舊耗電比平均值-新耗電比平均值)/舊耗電比)
17. 驗收測試: 驗收時的泵浦並聯數, 若有更新的泵浦, 單獨進行新泵浦測試?或n1台泵浦+n2, 驗收的節能率

$$Y\% = X\% * (n1 / (n1 + n2))$$
18. 節電量(kWh)=(舊耗電比平均值-新耗電比平均值)*(1/新耗電比平均值)*期間累積新輸入耗電功(kW)
19. 驗收第三方, 確認甲方驗收時指定的第三方驗證機構, 若沒有指定, 乙方須提出第三方驗證機構供甲方確認。

一.3、水池對水池，帶有分支小管網的水池對水池之泵浦現場初勘要點說明：

1. 節能建議書?誰寫的?
2. 甲方為何要節能?節能的重點在哪裡?目標節能率是多少?
3. 供給側為河邊?原水池邊?淨水池邊? 最低水位?最高水位?一般水位?
4. 抽送水池與目標水池的海拔高?位差高?枯水期?豐水期?一般期?各多久?
5. 請給每年每天的流量?請給各供水期的流量變動值。
6. 主幹線管路並聯數量?旁支數量?幹管長度M?旁支管路長度?主幹管最高點海拔高m?旁支管最高點海拔高m?
7. 分支管網與幹管的流量?
8. 抽送水池水面與泵出口壓力錶位差高?
9. 泵型式，沉水泵?豎軸泵?臥式離心泵?臥式雙吸泵?管道泵?常用的泵浦並聯數，幾台並聯?流量?錶壓力值?
10. 節能範圍：請甲方說明節能範圍，從泵浦電源端?從變頻器電源端?從變壓器電源端?整個泵浦站?
11. EMS系統進場時間：甲方在投標前須告知乙方EMS系統及附屬設備可以開始進場時間。
12. 驗收規格洽訂：正確規格待甲乙雙方簽約後進行現場量測，才能議定正確規格，若甲方的節能率為可行，乙方也會提出保證，若不可行乙方也會提出合理說明，雙方再議定合理節能率X%。
13. EMS系統驗收：EMS系統安裝完成後，進行EMS擷取數據正確性驗證，經由第三方驗證後才可以進行數據蒐集與計算。
14. EMS人機介面：請甲方得提出需求，乙方將依照甲方需求進行設計，能效指標、平均能效指標及能效基線將為最重要的介面。
15. 節能指標蒐集期間，甲乙雙方約定數據蒐集期間，**連續20/30天**，蒐集後經雙方確認無誤進行指標計算與平均值計算。
16. 能效指標計算：能效指標=耗電比(kW/kW)=設定範圍內電源端的耗電功(kW)/設定範圍內的輸出流功(kW)。
17. 能效率計算：能效節能率%=(舊耗電比平均值-新耗電比平均值)/舊耗電比)
18. 驗收測試：驗收時的泵浦並聯數，若有更新的泵浦，單獨進行新泵浦測試?或n1台泵浦+n2，驗收的節能率

$$Y\% = X\% * (n1 / (n1 + n2))$$
19. 節電量(kWh)=(舊耗電比平均值-新耗電比平均值)*(1/新耗電比平均值)*期間累積新輸入耗電功(kW)
20. 驗收第三方，確認甲方驗收時指定的第三方驗證機構，若沒有指定，乙方須提出第三方驗證機構供甲方確認。

紅字部份為幹
管有分支管網
的注意事項

二、計算公式

$$\text{面積} A = \frac{\pi \times D^2}{4}, \quad A(m^2), \quad D(m), \quad \pi = 3.1416$$

$$\text{流速} V = \frac{Q}{A}, \quad A(m^2), \quad Q(m^3/sec)$$

$$\text{流量} Q, \quad Q(cmd), \quad Q(cmh), \quad Q(cmm), \quad Q(cms)$$

$$\text{流功}(kW) = \rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times g(m/sec^2) \times H(m) \times Q(m^3/sec), \quad \rho = 1000, \quad g = 9.81$$

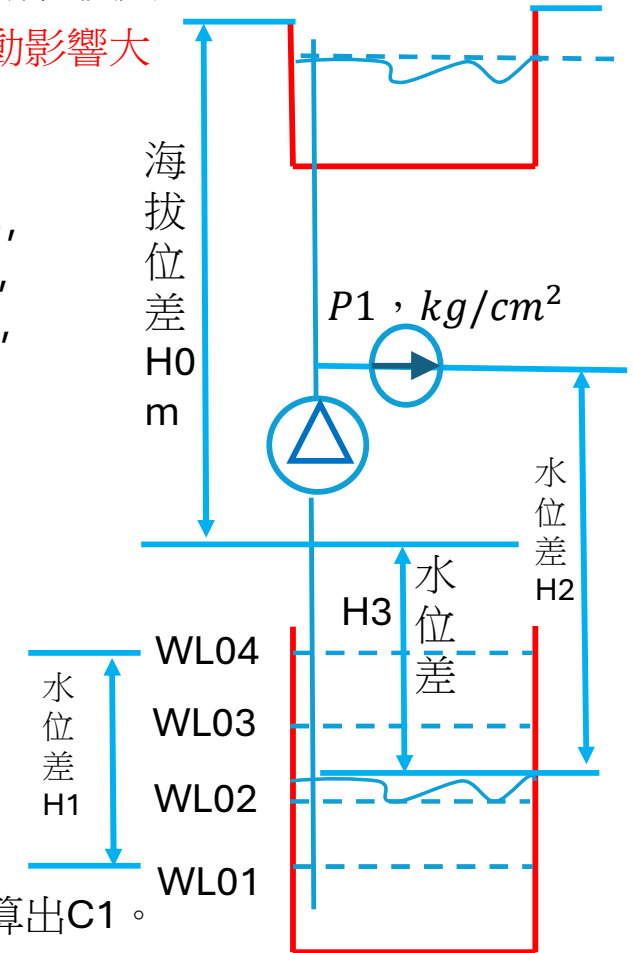
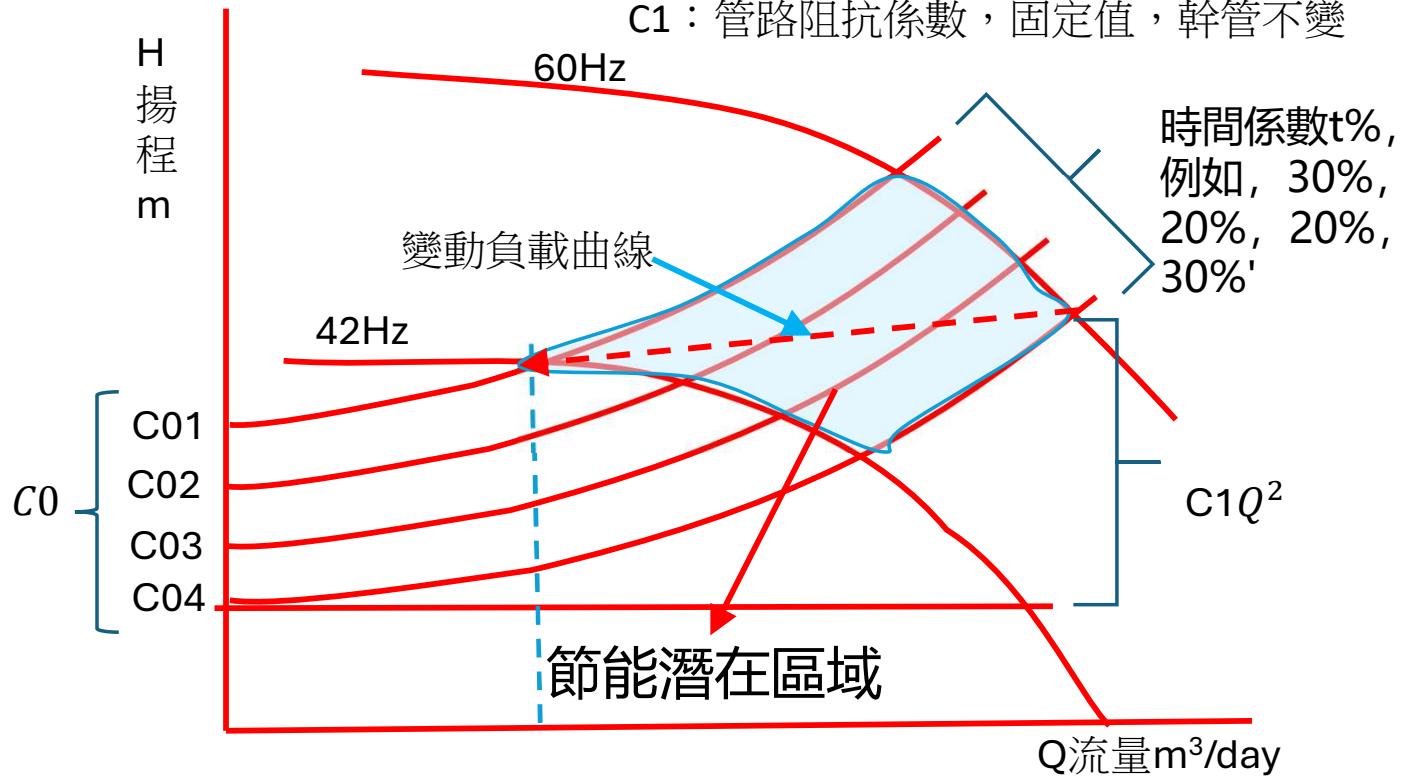
$$\text{耗電功}(kW) = \sqrt{3} \times I \times V \times \cos\phi$$

$$\text{耗電比}(kW/kW) = \frac{\text{耗電功}(kW)}{\text{流功}(kW)}$$

四、水池對水池阻抗曲線 泵浦揚程 $\Delta H = P1 \cdot 10 + H2$ H_L ：管路揚程損失

$C0 = H0 + H3$ $H_L = C0 + C1Q^2$ $C0$ ：水位差， $H0 + H3$ ，**H1變動影響大**

$C1$ ：管路阻抗係數，固定值，幹管不變



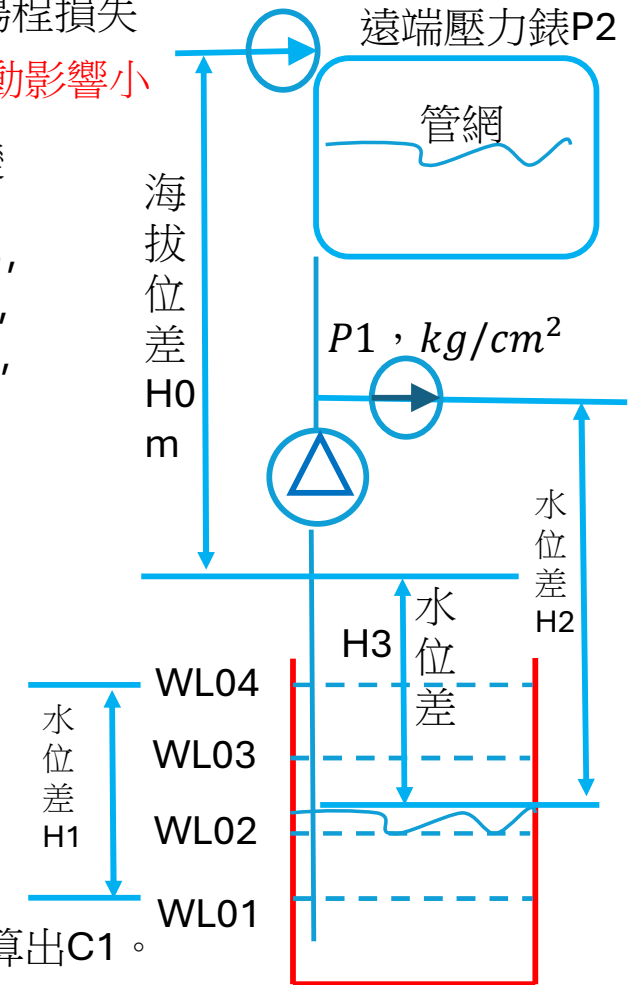
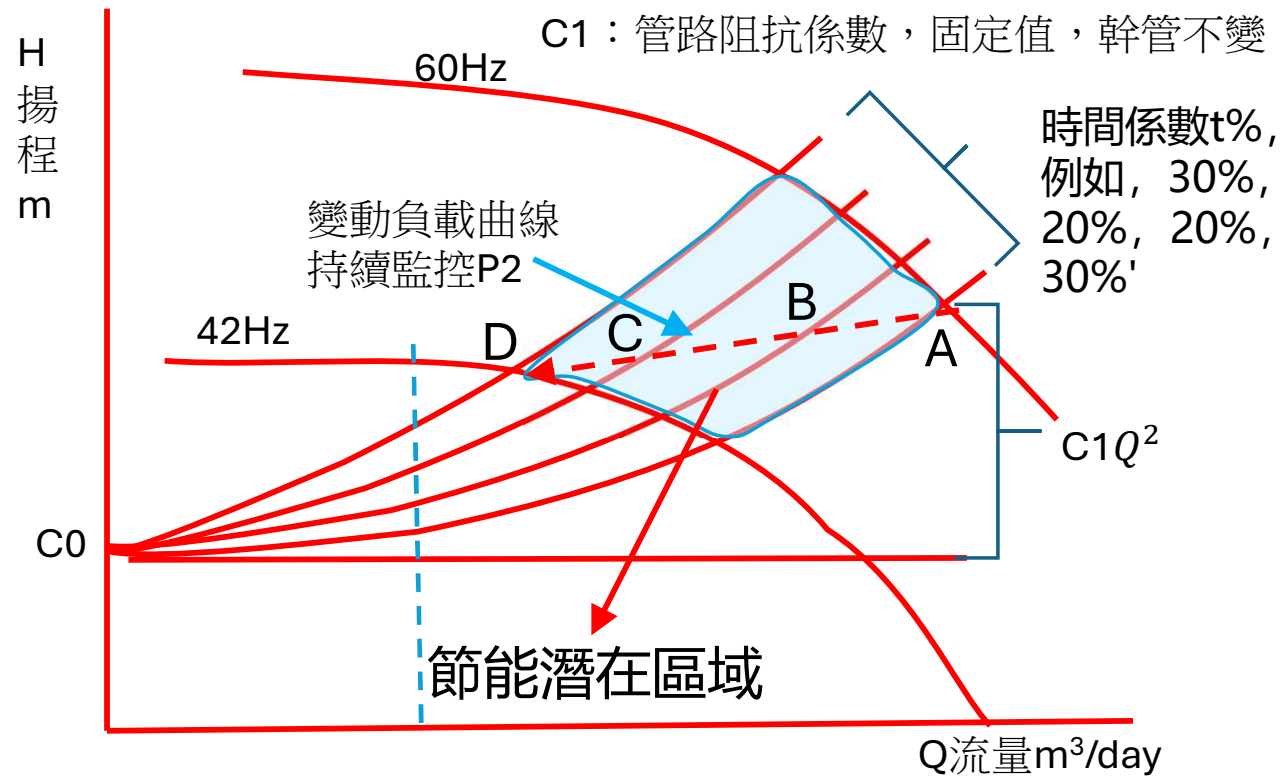
由現場錶壓 $P1$ 與水位差 $H2$ 算出揚程 H ，再輸入當下流量 Q (cms)，計算出 $C1$ 。

五、水池對管網阻抗曲線

泵浦揚程 $\Delta H = P1 \cdot 10 + H2$ H_L ：管路揚程損失

$C0 = H0 + H3$ $H_L = C0 + C1Q^2$ $C0$ ：水位差， $H0 + H3$ ， $H1$ 變動影響小

$C1$ ：管路阻抗係數，固定值，幹管不變

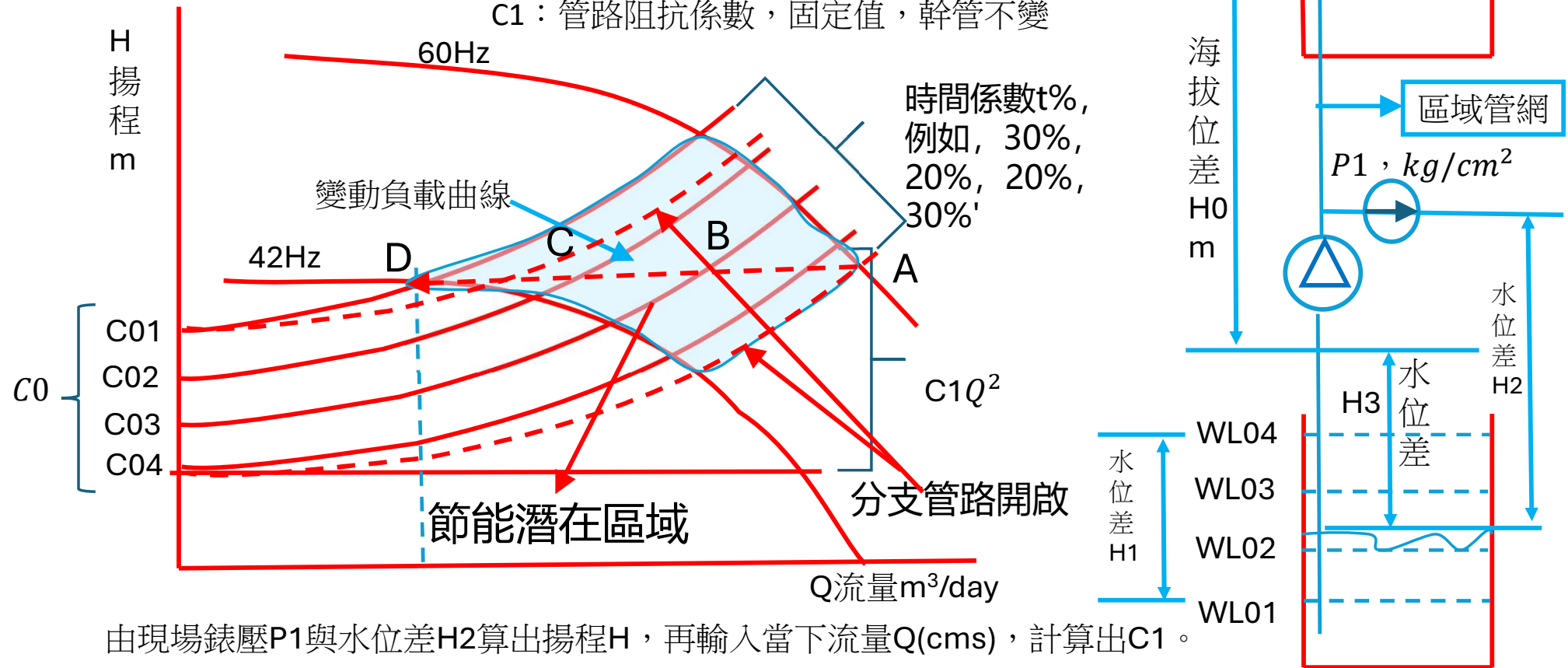


由現場錶壓P1與水位差H2算出揚程H，再輸入當下流量Q(cms)，計算出C1。

六、水池對水池間分支阻抗曲線 泵浦揚程 $\Delta H = P1 \cdot 10 + H2$ H_L ：管路揚程損失

$$C0 = H0 + H3 \quad H_L = C0 + C1Q^2 \quad C0: \text{水位差, } H0 + H3, \text{ H1變動影響大}$$

$C1$ ：管路阻抗係數，固定值，幹管不變



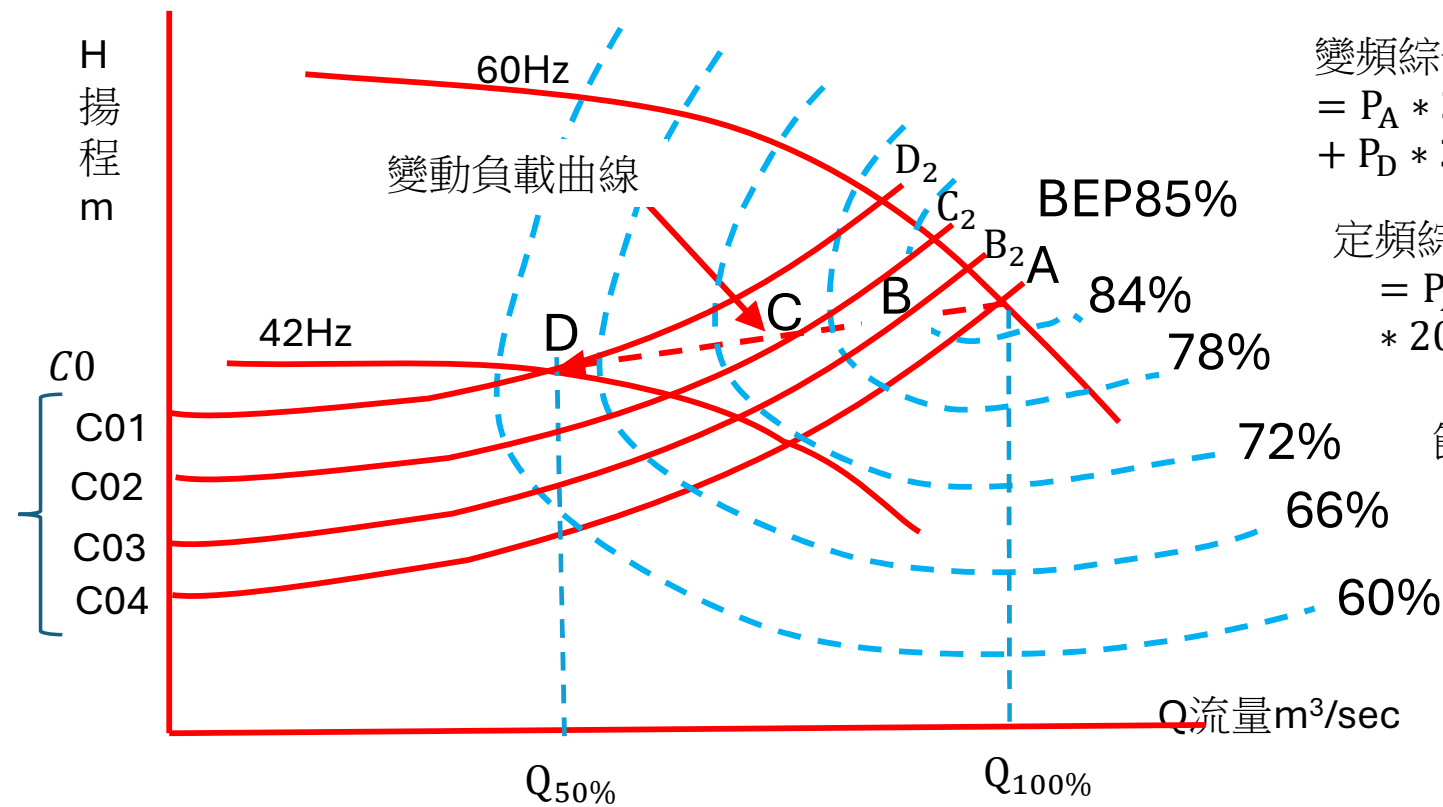
由現場錶壓P1與水位差H2算出揚程H，再輸入當下流量Q(cms)，計算出C1。

七、變動負載曲線-枯豐水期假設範例解說

A：豐水期，夏天，傍晚，時間係數30% B：豐水期，春天，早上，時間係數20%

C：枯水期，晚秋、中午，時間係數20% D：枯水期，冬天，半夜，時間係數30%

$$\text{綜合效率}\eta_t = \Sigma(\eta_i \times t\%_i) = 84\% \times 30\% + 78\% \times 20\% + 69\% \times 20\% + 60\% \times 30\% = 72.6\%$$



$$\begin{aligned} \text{變頻綜合耗電量 } P_{t1} &= \Sigma(P_{i1} \times t_i) \\ &= P_A \times 30\% + P_B \times 20\% + P_C \times 20\% \\ &\quad + P_D \times 30\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{定頻綜合耗電量 } P_{t2} &= \Sigma(P_{i2} \times t_i) \\ &= P_A \times 30\% + P_{B2} \times 20\% + P_{C2} \\ &\quad \times 20\% + P_{D2} \times 30\% \end{aligned}$$

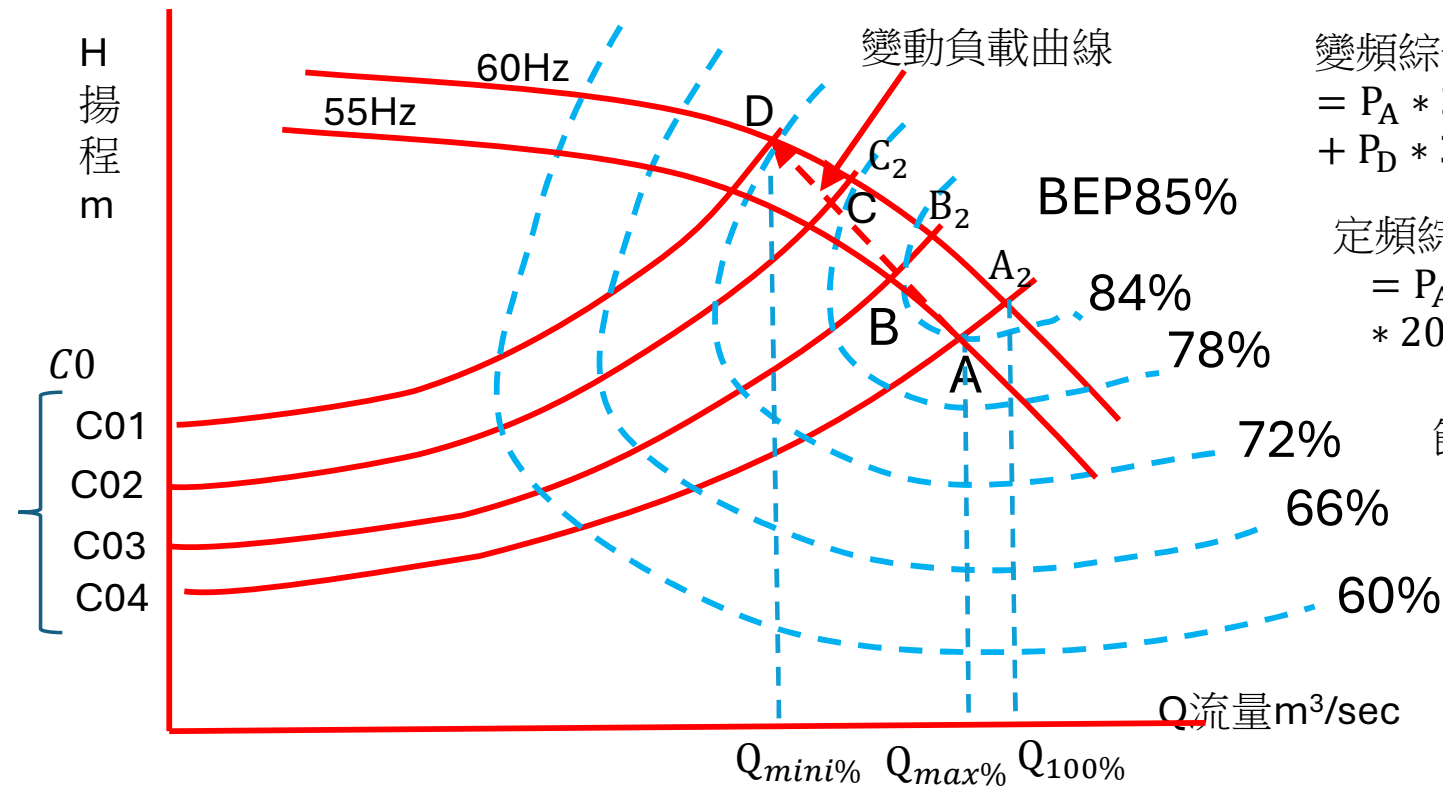
$$\text{節電率}\% = \frac{(P_{t2} - P_{t1})}{P_{t2}} \times 100\%$$

八、變動負載曲線-水量低變動給水-假設範例解說-水庫旁淨水廠-重力給水

A：豐水期，夏天，傍晚，時間係數30% B：豐水期，春天，早上，時間係數20%

C：枯水期，晚秋、中午，時間係數20% D：枯水期，冬天，半夜，時間係數30%

綜合效率 $\eta_t = \Sigma(\eta_i \times t\%_i) = 84\% \times 30\% + 82\% \times 20\% + 76\% \times 20\% + 72\% \times 30\% = 78.4\%$



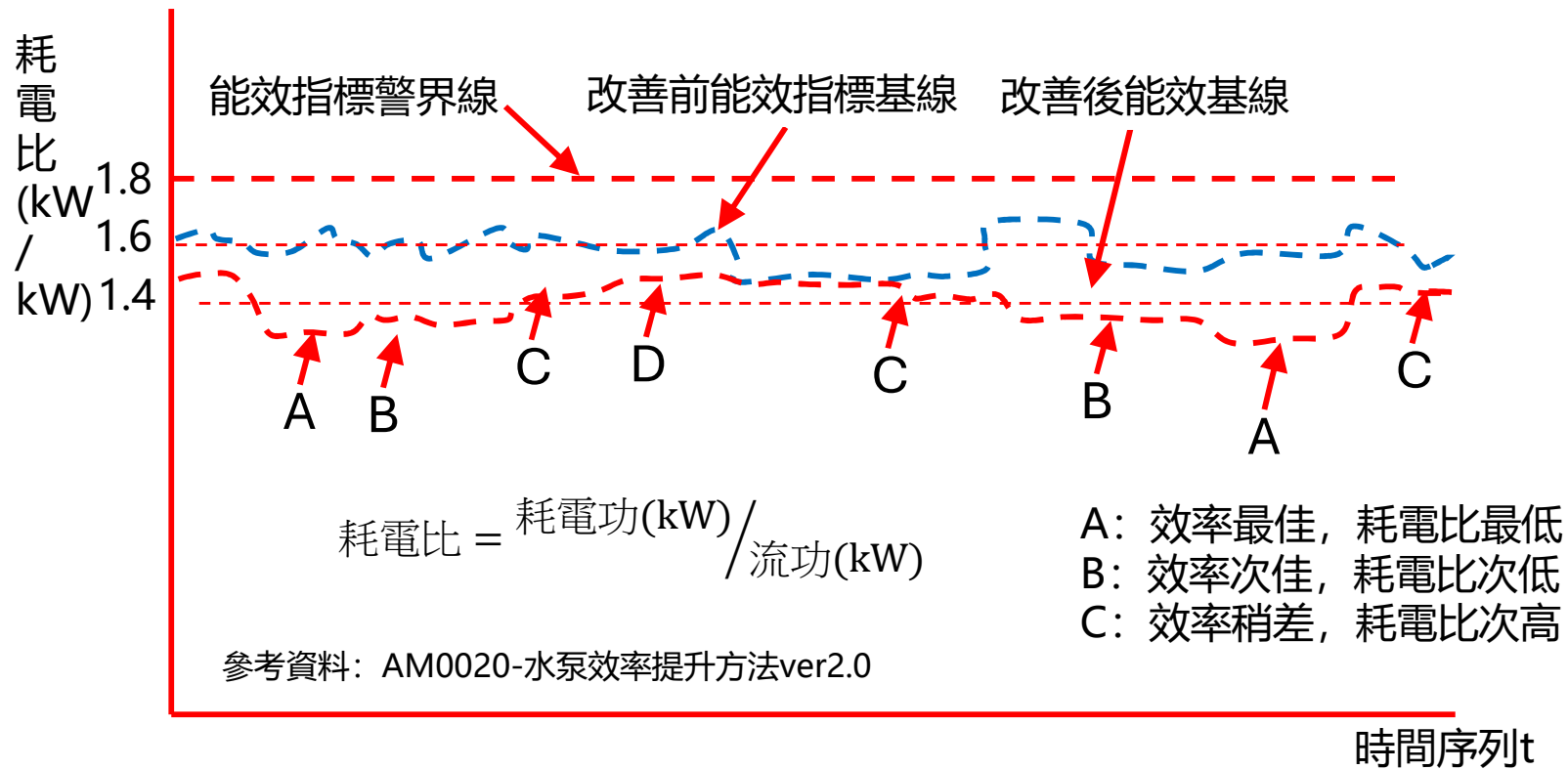
$$\begin{aligned} \text{變頻綜合耗電量 } P_{t1} &= \Sigma(P_{i1} \times t\%_i) \\ &= P_A \times 30\% + P_B \times 20\% + P_C \times 20\% \\ &\quad + P_D \times 30\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{定頻綜合耗電量 } P_{t2} &= \Sigma(P_{i2} \times t\%_i) \\ &= P_{A2} \times 30\% + P_{B2} \times 20\% + P_{C2} \\ &\quad \times 20\% + P_D \times 30\% \end{aligned}$$

$$\text{節電率}\% = \frac{(P_{t2} - P_{t1})}{P_{t2}} \times 100\%$$

九、能效指標基線，假設案例

變動負載曲線是用來說明泵浦在變頻操作下，泵浦的操作點會沿著附載曲線移動，但其節能效果卻可以由能效指標基線表現出來，尤其舊的能效指標基線或能效指標上限可以用來跟正在運行泵浦的能效指標基線相比時，就可以更清楚表達出節能效果。



十、節能計算，假設案例

即時耗電比=1.5 即時耗電功率=400kW 即時流功率=266.67kW
 平均耗電比=1.4 累積耗電量=800000kWh 累積流功量=571429kWh

$$\text{節能率}\% = \frac{(\text{改善前耗電比平均值} - \text{改善後耗電比平均值})}{\text{改善前耗電比平均值}} = \frac{(1.6 - 1.4)}{1.6} = 12.5\%$$

基於舊基線算得總耗電量(kWh)=改善前平均耗電比×改善後累積流功(kWh)
 =1.6× 571429=914285.7(kWh)

總節電量(kWh)=914285.7 – 800000=114285.7(kWh)

$$\begin{aligned} \text{總節電量(kWh)} &= \frac{(\text{改善前耗電比平均值} - \text{改善後耗電比平均值})}{\text{改善後耗電比平均值}} \times \text{改善後總耗電量(kWh)} \\ &= \frac{(1.6 - 1.4)}{1.4} \times 800000 = 114285.7(\text{kWh}) \end{aligned}$$

十一、負載曲線的節能預測與能效指標基線

1. 能效指標基線是把設定的時間點的泵浦參數讀取，並經過計算出當下取樣點的耗電比，在固定間隔取樣下可以獲得一組時間序列的數據，這樣的時間序列數據可以呈現為能效指標基線。
2. 泵浦的耗電比係指泵浦電源側的耗電功，含直接供電與變頻電源端。
3. 泵浦的能效指標基線是用耗電比(kW/kW)為指標，其值愈接近1為愈佳，許多淨水廠的泵浦為沉水泵，其耗電比往往高於1.7，甚至高於2.5，原因是濕式轉子馬達效率過低，84%。
4. 現在若改用豎軸泵浦，泵浦的整體能效提高，耗電比可以低於1.5以下。
5. 能效指標基線的變化完全依據變動負載曲線，其耗電比值的變化係依照操作點A、B、C、D的狀況。
6. 當泵浦加入變頻器(含諧波保護器)後，功率計安裝在變頻器電源端，變頻器在額定點會消耗額外3%的耗電，但在變頻輸出功率降到50%時，變頻器的額外消耗功率可能會達到4%-5%，因為變頻器有固定的功率消耗，這樣的固定消耗會隨輸出功率降低而提高佔比。
7. 若改善的節能範圍是以新增的電路迴路時，功率計安裝在電路迴路電源端，變壓器+穩壓器的在額定點會消耗額外3%的耗電，也就是以電路迴路計算節能率時須考慮可能高達7%的額外功率消耗。
8. 以方跟甲方洽談時需要釐清節電率的定義及計算方法，合理的計算方法必然是依照能效指標基線計算，這樣的方法需取得雙方商議後確認。

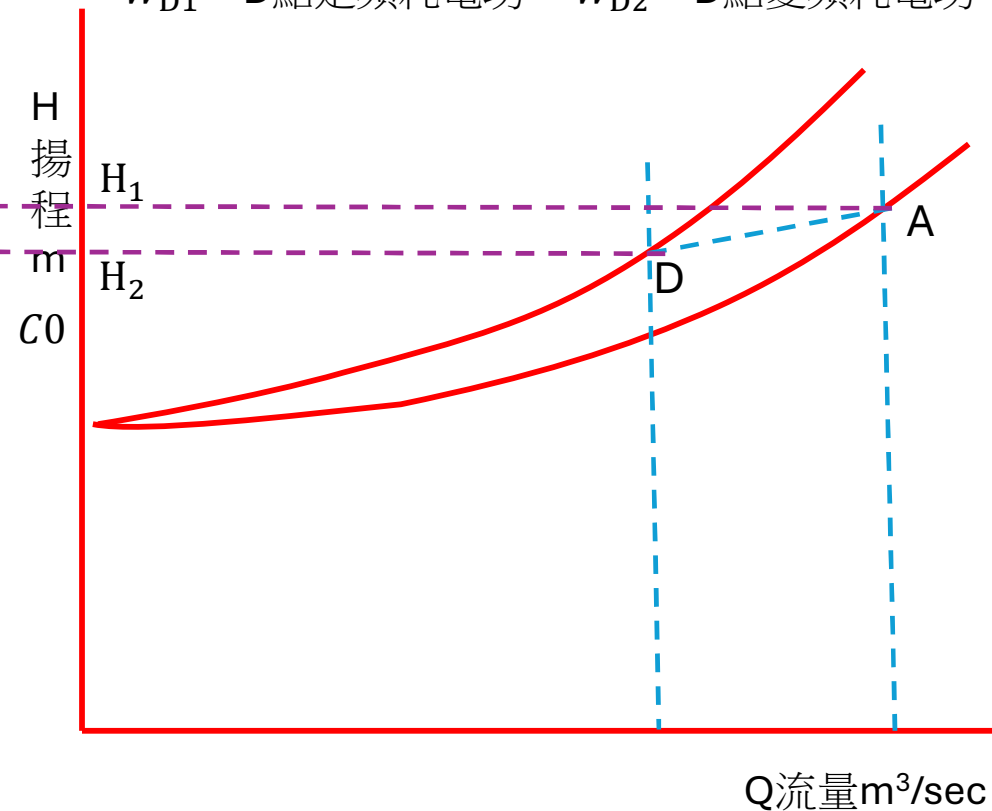
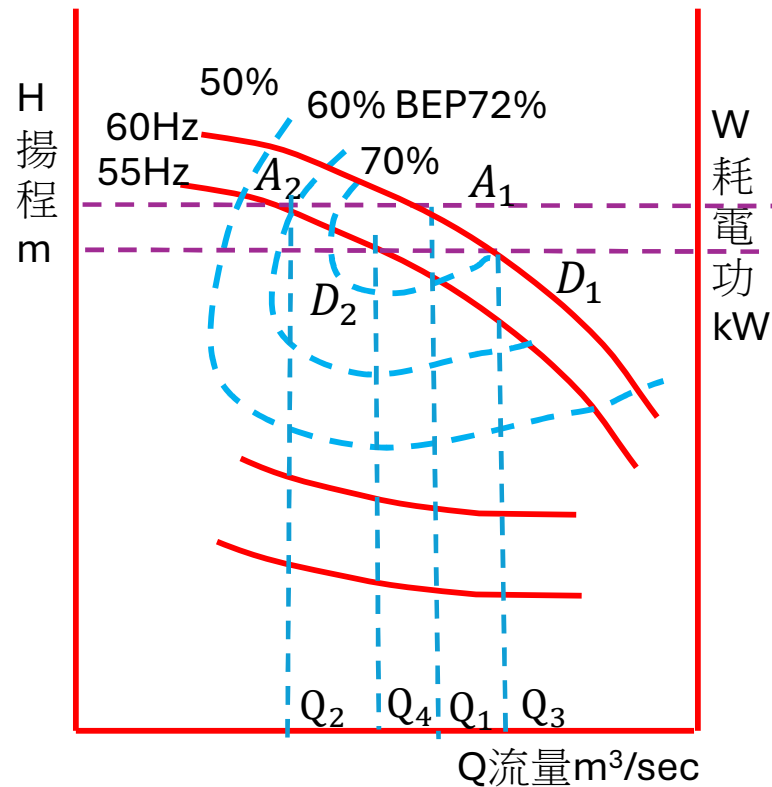
十二、變頻並聯機組的節能-2台變頻+一台定頻-假設範例

A點耗電功： $W_A = W_{A1} + W_{A2} \times 2$

D點耗電功： $W_D = W_{D1} + W_{D2} \times 2$

W_{A1} ：A點定頻耗電功， W_{A2} ：A點變頻耗電功

W_{D1} ：D點定頻耗電功， W_{D2} ：D點變頻耗電功



十二、(續)變頻並聯機組的能效指標計算

$t_A\%$ ：A點時間系數， $t_D\%$ ：D點時間系數 Q_A ：A點整機流量(cms)

W_{Ah} ：A點流功(kW)， W_{Dh} ：D點流功(kW) Q_D ：D點整機流量(cms)

$$W_{Ah} = \rho \times g \times H \times (Q_1 + Q_2) = \rho \times g \times H \times Q_A$$

$$W_{Dh} = \rho \times g \times H \times (Q_3 + Q_4) = \rho \times g \times H \times Q_D$$

η_A ：A點整機效率(%)， η_D ：D點整機效率(%)

$$\eta_A = \frac{W_{Ah}}{W_A} \times 100\% \quad \eta_D = \frac{W_{Dh}}{W_D} \times 100\%$$

$$\text{A點耗電比} = 1/\eta_A \quad \text{D點耗電比} = 1/\eta_D$$

η_m ：整機平均效率(%)

$$\eta_m = \eta_A\% \times t_A\% + \eta_D\% \times t_D\%$$

$$\text{整機平均耗電比} = 1/\eta_m$$

十二、(續)變頻並聯機組的能效指標計算(誤差可能高達5%以上)

$$\text{變頻泵浦耗電功(kW)} = \text{電路裝置基本耗電功(kW)} + \text{泵浦軸功(kW)} + \text{變頻器電流耗電功(kW)}$$

$$\text{電路裝置基本耗電功(kW)} = \text{變頻器基本耗電功(kW)} + \text{濾波器基本耗電功(kW)} \leq 3.5\%, \text{ 或, } \leq 7\%$$

$$\text{泵浦軸功(kW)} = \text{正比於轉速三次方}$$

$$\text{變頻器電流耗電功(kW)} = \text{正比於電流}$$

泵浦軸功(kW)居於主導地位，可以把不同頻率的泵浦以功率比來分配總耗電功，耗電功1為量測值，耗電功2為分配值。

$$\text{功率比} = \left(\frac{\text{Hz}}{60}\right)^3$$

由於並聯泵浦的輸出具有相同壓力，揚程，可以用功率比把各台泵浦的流量區分出來，進而可以評估各台泵浦效率。

ABC三台相同規格泵浦並聯運轉，B泵沒有變頻						
	耗電功1 (kW)	頻率Hz	功率比	耗電功2 (kW)	誤差%	誤差 kW
A泵	555	51	0.63	553.39	2	0.29%
B泵	873	60	1	883.83	-11	-1.24%
C泵	534	50.43	0.59	524.78	9	1.73%
合計	1962		2.22	1962.00	0	0.00%

總流量 cms	3.592	揚程 m	35.68	總效率%	64.08%
	耗電功(kW)	頻率Hz	功率比	流量cms	流功(kW)
A泵	553.39	51.33	0.63	1.01	354.62
B泵	873.00	60.00	1.00	1.62	566.37
C泵	534.00	50.43	0.59	0.96	336.29
合計	1962.00		2.22	3.59	1257.27

泵浦能效不足