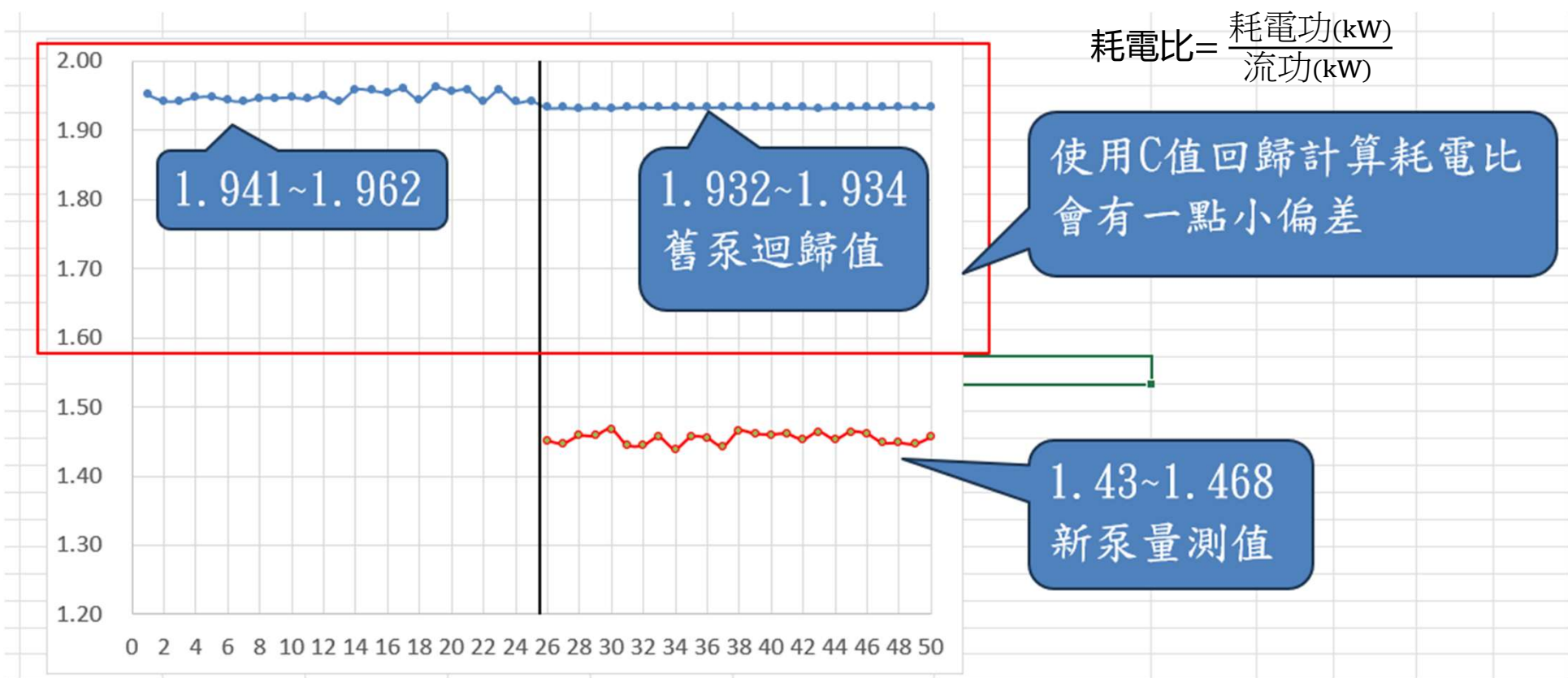


泵浦性能數位模型與節能計算方法

簡煥然 總經理
煜然有限公司
泵浦媒體圖書館

陳建龍 協理
殷聖節能泵浦股份有限公司

耗電比能效基準線



實驗室測試產生的模型

H: 揚程

Q: 流量

P: 軸功

S: 耗電功

 η : 泵浦效率% η_t : 泵浦總效率%

$$H = C_0 + C_1 Q^1 + C_2 Q^2 + C_3 Q^3 + C_4 Q^4 + C_5 Q^5$$

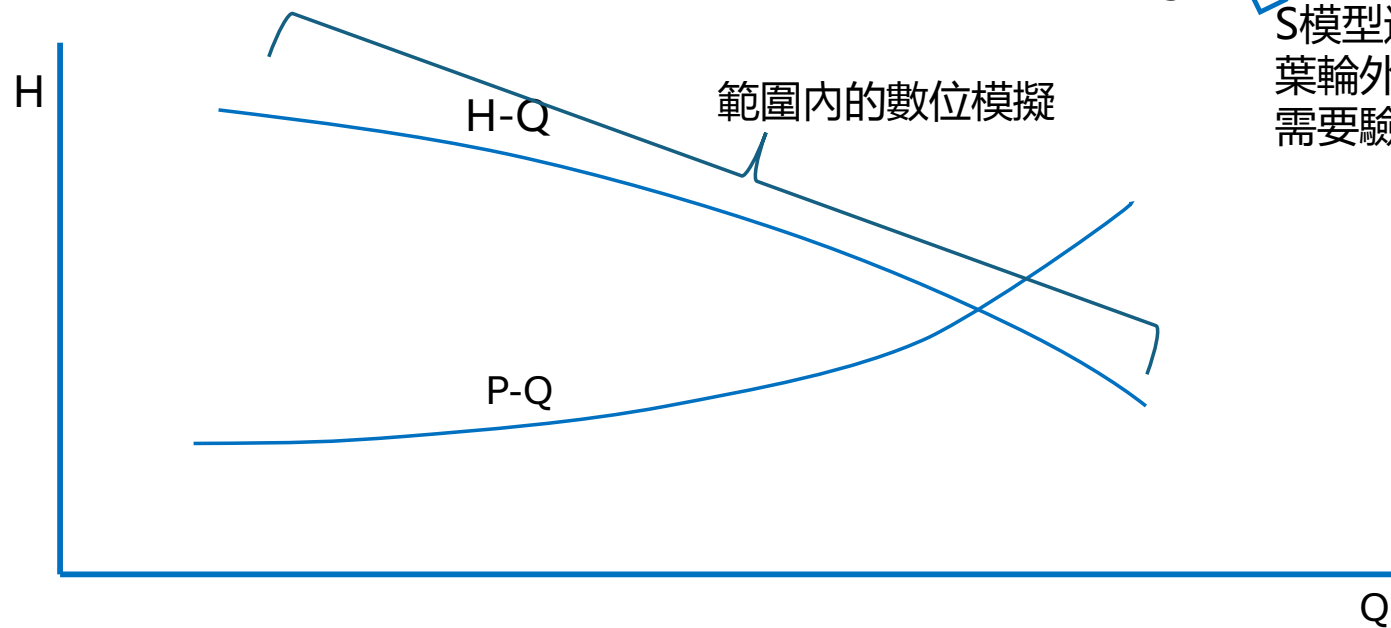
$$P = C_{01} + C_{11} Q^1 + C_{21} Q^2 + C_{31} Q^3 + C_{41} Q^4 + C_{51} Q^5$$

$$S = C_{02} + C_{12} Q^1 + C_{22} Q^2 + C_{32} H^1 + C_{42} H^2 + C_{52} H Q$$

$$\eta = \rho \times g \times H \times Q / P \quad \eta_t = \rho \times g \times H \times Q / S$$

只適用於範圍內的模型

S模型適用的變頻及葉輪外徑切割範圍還需要驗證



汰換前現場量測產生的模型

H: 揚程

Q: 流量

P: 軸功

S: 耗電功

 η : 泵浦效率% η_t : 泵浦總效率%

$$H = C_0 + C_1 Q^1 + C_2 Q^2 + C_3 Q^3 + C_4 Q^4 + C_5 Q^5$$

$$P = C_{01} + C_{11} Q^1 + C_{21} Q^2 + C_{31} Q^3 + C_{41} Q^4 + C_{51} Q^5$$

$$S = C_{02} + C_{12} Q^1 + C_{22} Q^2 + C_{32} H^1 + C_{42} H^2 + C_{52} H Q$$

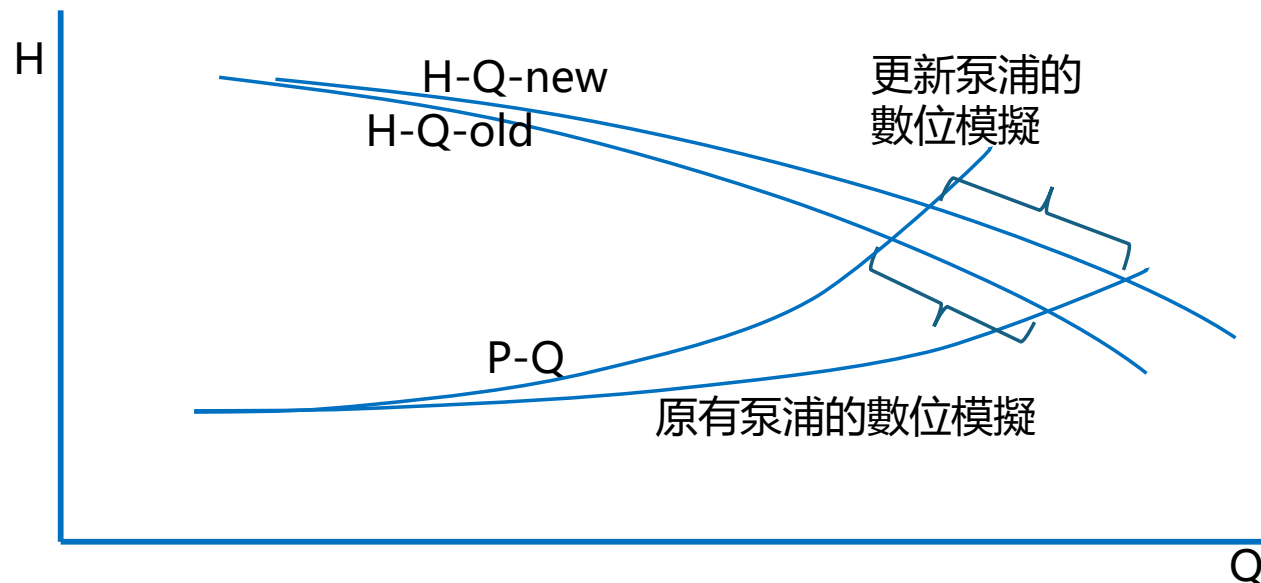
$$\eta_t = \rho \times g \times H \times Q / S$$

只適用於範圍內的模型

如何克服數位模擬落差?

若用舊S模型輸入新H、Q，
計算出新總效率，再跟新泵
浦的總效率計算差值及節
電量?

使用舊S模型輸入新H、Q，
計算出新總效率，及耗電功
，這時舊泵浦模型會輸出不
合理的耗電功，這識實務上不
存在的情況?其次，新規格會
有不同的比速率，而S模型沒
有這樣的考量，會導致失真!



而歐盟的泵浦效率模型同時考慮比速率與流量，若把原來只用在最高效率點的計算，換成總效率的模擬而獲得新的C值，這時C值將代表舊泵浦的性能常數，在新的規格下輸入將可以獲得新的總效率，有同時考量比速率下的數位模型！

$$\begin{aligned}\eta_t &= 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - C \\ C &= 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - \eta_t \\ X &= \ln(n_s), y = \ln(Q(\text{cmh}))\end{aligned}$$

C值在現場取樣時會有少量的變異可以取平均值即可，此一C值代表舊泵浦的特性，當新的規格輸入時代入C值就可以獲得新操作點的總效率，將代表舊泵浦的效率值，在新的規格下量取的新泵總效率將可以獲得總效率的差值來代表節能率！

本方法的優點是用於操作點附近的模擬，假設操作點為最佳操作點，具有包含比速率與流量的考慮，對於不同操作點具有更多包容性。

$$\begin{aligned}\eta_t &= \rho \times g \times H \times Q / S \\ S &= C_{02} + C_{12}Q^1 + C_{22}Q^2 + C_{32}H^1 + C_{42}H^2 + C_{52}HQ\end{aligned}$$

本方法的優點是用於操作點附近的模擬，包含變頻操作，但侷限於原來泵浦，對於不同操作點不同比速率下的適用性還需驗證。

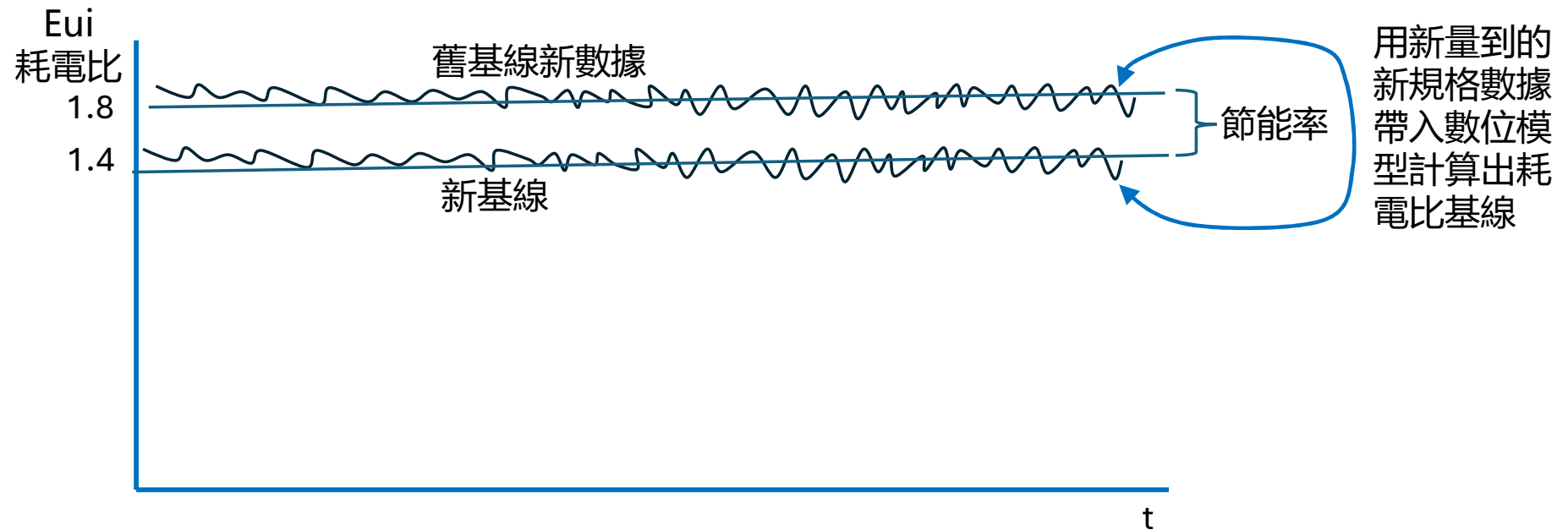
$$\text{總效率 } \eta_t = \rho \times g \times H \times Q / S \quad \text{耗電比} = \frac{1}{\text{總效率 } \eta_t} = \frac{S}{\rho \times g \times H \times Q}$$

$$S = C_{02} + C_{12}Q^1 + C_{22}Q^2 + C_{32}H^1 + C_{42}H^2 + C_{52}HQ$$

$$\eta_t = 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - C$$

二個模型都
可以用來計
算耗電比

二個模型都
需要驗證



輸入數值				計算值		
流量Q(m³/h)	揚程(m)	耗電(kW)	轉速(RPM)	水動力	耗電比	效率%
1412.07	53.79	404	1785	206.99	1.95	51.23
1417.19	53.80	403.75	1785	207.75	1.94	51.46
1416.9	53.80	403.55	1785	207.71	1.94	51.47
1412.98	53.79	403.56	1785	207.12	1.95	51.32
1413.02	53.79	403.65	1785	207.13	1.95	51.31
1411.29	53.89	402.88	1785	207.26	1.94	51.44
1415.37	53.89	403.63	1785	207.87	1.94	51.50
1411.7	53.89	403.6	1785	207.32	1.95	51.37
1412.9	53.89	404.04	1785	207.50	1.95	51.36
1409.6	53.89	403.16	1785	207.01	1.95	51.35
1412.29	53.89	403.7	1785	207.41	1.95	51.38
1410.35	53.89	403.85	1785	207.12	1.95	51.29
1416.8	53.80	403.38	1785	207.69	1.94	51.49
1410.66	53.59	403.54	1785	206.01	1.96	51.05
1413.02	53.59	404	1785	206.36	1.96	51.08
1413.72	53.59	403.57	1785	206.46	1.96	51.16
1411.54	53.59	404.13	1785	206.14	1.96	51.01
1421.3	53.60	403.74	1785	207.59	1.95	51.42
1409.21	53.59	403.68	1785	205.80	1.96	50.98
1409.67	53.69	403.73	1785	206.25	1.96	51.09
1409.01	53.69	403.76	1785	206.15	1.96	51.06
1420.86	53.70	403.91	1785	207.91	1.94	51.47
1410.56	53.69	404.18	1785	206.38	1.96	51.06
1421.19	53.70	403.7	1785	207.96	1.94	51.51
1420.14	53.70	403.82	1785	207.80	1.94	51.46

ns	X ln(n)=	Y ln(Q)=	C
56.28	4.03	7.25	161.14
56.38	4.03	7.26	160.9
56.38	4.03	7.26	160.89
56.30	4.03	7.25	161.05
56.30	4.03	7.25	161.06
56.19	4.03	7.25	160.94
56.27	4.03	7.26	160.87
56.20	4.03	7.25	161.02
56.22	4.03	7.25	161.02
56.16	4.03	7.25	161.04
56.21	4.03	7.25	161.01
56.17	4.03	7.25	161.1
56.37	4.03	7.26	160.87
56.41	4.03	7.25	161.31
56.46	4.03	7.25	161.27
56.47	4.03	7.25	161.19
56.43	4.03	7.25	161.35
56.62	4.04	7.26	160.91
56.38	4.03	7.25	161.38
56.31	4.03	7.25	161.28
56.30	4.03	7.25	161.31
56.53	4.03	7.26	160.87
56.33	4.03	7.25	161.31
56.54	4.03	7.26	160.83
56.52	4.03	7.26	160.88

$$\eta_t = 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - C$$

$$C = 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - \eta_t$$

$$X = \ln(n_s), y = \ln(Q(\text{cmh}))$$

C值在現場取樣時會有少量的變異可以取平均值即可，此一C值代表舊泵浦的特性，當新的規格輸入時代入C值就可以獲得新操作點的總效率，將代表舊泵浦的效率值，在新的規格下量取的新泵總效率將可以獲得總效率的差值來代表節能率！

更新後輸入數值				計算值		
流量Q(m³/h)	揚程(m)	耗電(kW)	轉速(RPM)	水動力	耗電比	效率
1608.43	65.71	417.89	1785	288.01	1.45	68.92
1608.44	65.71	416.8	1785	288.01	1.45	69.10
1593.12	65.7	415.97	1785	285.22	1.46	68.57
1600.29	65.7	417.67	1785	286.50	1.46	68.60
1593.18	65.6	418.11	1785	284.80	1.47	68.12
1614.07	65.71	417.68	1785	289.02	1.45	69.20
1615.77	65.61	417.16	1785	288.88	1.44	69.25
1599.78	65.7	416.91	1785	286.41	1.46	68.70
1621.22	65.72	417.93	1785	290.34	1.44	69.47
1601.10	65.7	417.34	1785	286.65	1.46	68.69
1604.31	65.71	417.94	1785	287.27	1.46	68.73
1612.11	65.71	416.44	1785	288.67	1.44	69.32
1595.07	65.6	417.65	1785	285.14	1.47	68.27
1600.56	65.5	417.37	1785	285.68	1.46	68.45
1601.42	65.51	417.51	1785	285.88	1.46	68.47
1601.00	65.6	418.05	1785	286.19	1.46	68.46
1606.95	65.61	417.44	1785	287.30	1.45	68.82
1593.00	65.7	417.67	1785	285.20	1.46	68.28
1608.16	65.61	417.9	1785	287.52	1.45	68.80
1596.10	65.6	417.63	1785	285.32	1.46	68.32
1601.62	65.51	417.77	1785	285.91	1.46	68.44
1610.09	65.71	417.54	1785	288.30	1.45	69.05
1613.41	65.61	417.74	1785	288.46	1.45	69.05
1614.73	65.61	417.47	1785	288.69	1.45	69.15
1600.41	65.7	417.27	1785	286.53	1.46	68.67

ns	X ln(n)=	Y ln(Q)=	汰換後C 值	汰換前平 均C值	節能率
51.70	3.95	7.38	143.88	161.07	24.95%
51.70	3.95	7.38	143.70	161.07	25.14%
51.46	3.94	7.37	144.26	161.07	24.52%
51.57	3.94	7.38	144.22	161.07	24.57%
51.52	3.94	7.37	144.70	161.07	24.03%
51.79	3.95	7.39	143.59	161.07	25.26%
51.87	3.95	7.39	143.53	161.07	25.33%
51.56	3.94	7.38	144.11	161.07	24.68%
51.90	3.95	7.39	143.30	161.07	25.58%
51.58	3.94	7.38	144.13	161.07	24.67%
51.63	3.94	7.38	144.07	161.07	24.74%
51.76	3.95	7.39	143.47	161.07	25.39%
51.55	3.94	7.37	144.54	161.07	24.21%
51.69	3.95	7.38	144.35	161.07	24.43%
51.70	3.95	7.38	144.33	161.07	24.46%
51.64	3.94	7.38	144.35	161.07	24.43%
51.73	3.95	7.38	143.97	161.07	24.85%
51.45	3.94	7.37	144.54	161.07	24.21%
51.75	3.95	7.38	143.99	161.07	24.83%
51.56	3.94	7.38	144.50	161.07	24.26%
51.71	3.95	7.38	144.36	161.07	24.42%
51.72	3.95	7.38	143.75	161.07	25.09%
51.84	3.95	7.39	143.73	161.07	25.11%
51.86	3.95	7.39	143.63	161.07	25.23%
51.57	3.94	7.38	144.14	161.07	24.65%

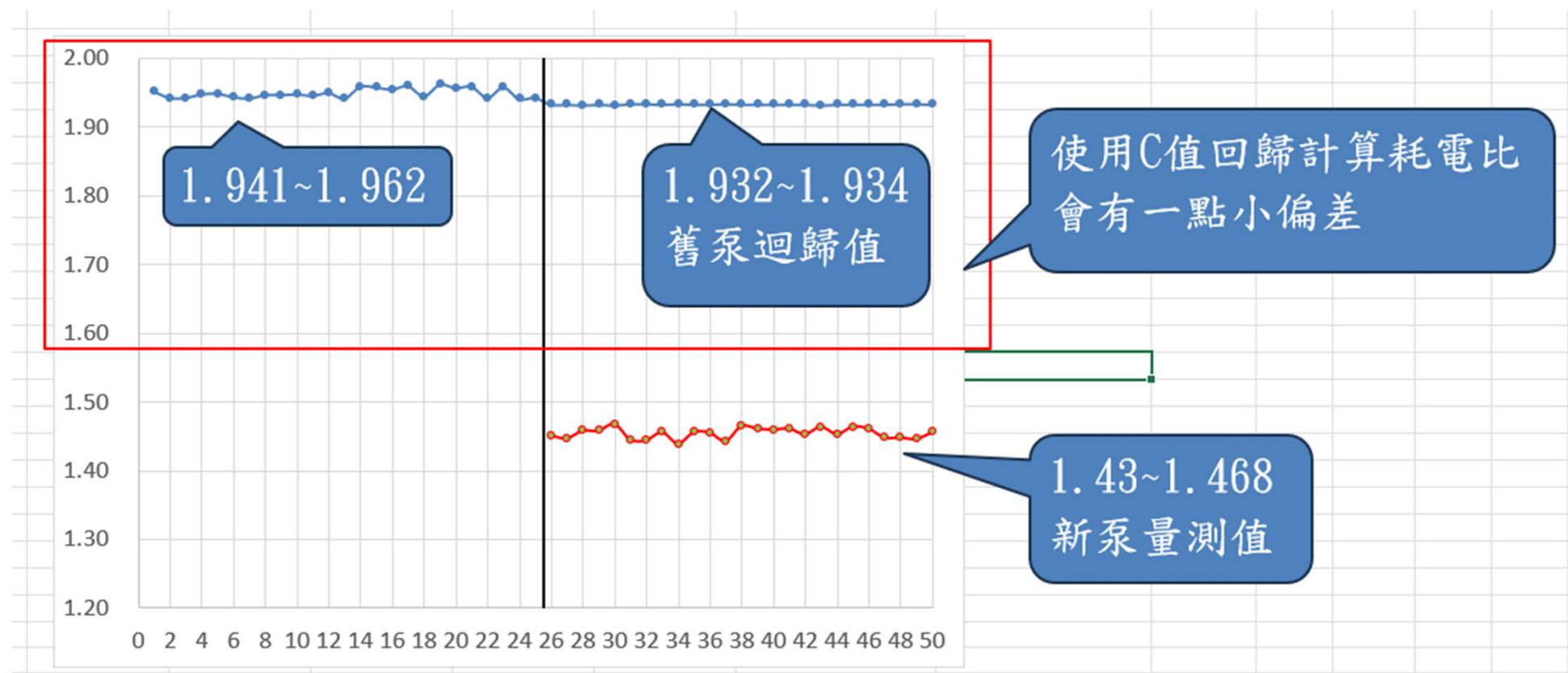
$$\eta_t = 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - C$$

$$C = 88.59x + 13.46y - 11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy - \eta_t$$

$$X = \ln(n_s), y = \ln(Q(cmh))$$

C值在現場取樣時會有少量的變異可以取平均值即可，此一C值代表舊泵浦的特性，當新的規格輸入時代入C值就可以獲得新操作點的總效率，將代表舊泵浦的效率值，在新的規格下量取的新泵總效率將可以獲得總效率的差值來代表節能率！

更新後輸入數值				計算值			
流量Q(m³/h)	揚程(m)	耗電(kW)	轉速(RPM)	水動力	舊泵浦效率 (帶入汰換 前C值)	帶入水動 力計算耗 電	舊泵浦新規格 耗電比
1608.43	65.71	417.89	1785	288.01	51.72	556.80	1.93
1608.44	65.71	416.8	1785	288.01	51.72	556.80	1.93
1593.12	65.7	415.97	1785	285.22	51.75	551.12	1.93
1600.29	65.7	417.67	1785	286.50	51.74	553.74	1.93
1593.18	65.6	418.11	1785	284.80	51.75	550.36	1.93
1614.07	65.71	417.68	1785	289.02	51.71	558.87	1.93
1615.77	65.61	417.16	1785	288.88	51.71	558.70	1.93
1599.78	65.7	416.91	1785	286.41	51.74	553.55	1.93
1621.22	65.72	417.93	1785	290.34	51.70	561.57	1.93
1601.10	65.7	417.34	1785	286.65	51.74	554.04	1.93
1604.31	65.71	417.94	1785	287.27	51.73	555.29	1.93
1612.11	65.71	416.44	1785	288.67	51.72	558.15	1.93
1595.07	65.6	417.65	1785	285.14	51.74	551.05	1.93
1600.56	65.5	417.37	1785	285.68	51.73	552.27	1.93
1601.42	65.51	417.51	1785	285.88	51.73	552.66	1.93
1601.00	65.6	418.05	1785	286.19	51.73	553.22	1.93
1606.95	65.61	417.44	1785	287.30	51.72	555.47	1.93
1593.00	65.7	417.67	1785	285.20	51.75	551.08	1.93
1608.16	65.61	417.9	1785	287.52	51.72	555.91	1.93
1596.10	65.6	417.63	1785	285.32	51.74	551.43	1.93
1601.62	65.51	417.77	1785	285.91	51.73	552.74	1.93
1610.09	65.71	417.54	1785	288.30	51.72	557.41	1.93
1613.41	65.61	417.74	1785	288.46	51.71	557.83	1.93
1614.73	65.61	417.47	1785	288.69	51.71	558.32	1.93
1600.41	65.7	417.27	1785	286.53	51.74	553.79	1.93



舊泵量測數值(舊基準)					
Q	Q^2	H	H^2	QH	原始耗電(kW)
1412.07	1993941.68	53.79	2893.66	75959.14	404.00
1417.19	2008427.50	53.80	2893.97	76238.60	403.75
1416.9	2007605.61	53.80	2893.95	76222.78	403.55
1412.98	1996512.48	53.79	2893.72	76008.81	403.56
1413.02	1996625.52	53.79	2893.72	76010.99	403.65
1411.29	1991739.46	53.89	2904.38	76057.70	402.88
1415.37	2003272.24	53.89	2904.63	76280.80	403.63
1411.7	1992896.89	53.89	2904.41	76080.12	403.60
1412.9	1996286.41	53.89	2904.48	76145.73	404.04
1409.6	1986972.16	53.89	2904.28	75965.30	403.16
1412.29	1994563.04	53.89	2904.44	76112.37	403.70
1410.35	1989087.12	53.89	2904.33	76006.31	403.85
1416.8	2007322.24	53.80	2893.94	76217.31	403.38
1410.66	1989961.64	53.59	2872.10	75600.05	403.54
1413.02	1996625.52	53.59	2872.24	75728.39	404.00
1413.72	1998604.24	53.59	2872.28	75766.46	403.57
1411.54	1992445.17	53.59	2872.15	75647.91	404.13
1421.3	2020093.69	53.60	2872.74	76178.71	403.74
1409.21	1985872.82	53.59	2872.01	75521.22	403.68
1409.67	1987169.51	53.69	2882.77	75687.19	403.73
1409.01	1985309.18	53.69	2882.73	75651.24	403.76
1420.86	2018843.14	53.70	2883.44	76296.86	403.91
1410.56	1989679.51	53.69	2882.82	75735.67	404.18
1421.19	2019781.02	53.70	2883.46	76314.84	403.70
1420.14	2016797.62	53.70	2883.40	76257.63	403.82

使用舊S模型輸入新H、Q，計算出新總效率，及耗電功，這時舊泵浦模型會輸出超載的耗電功，這識實務上不存在的情況？其次，新規格會有不同的比速率，而S模型沒有這樣的考量，會導致失真！

$$S = C_{02} + C_{12}Q^1 + C_{22}Q^2 + C_{32}H^1 + C_{42}H^2 + C_{52}HQ$$

汰換前舊水泵迴歸值					
迴歸係數 A0~A5					
C52	C42	C32	C22	C12	C02
-	-	-	-	-	-
0.000280663	4.708824593	505.5453288	0.002589518	7.342022153	18347.98861

新泵規格(新基準)					迴歸值
Q	Q^2	H	H^2	QH	迴歸耗電 (kW)
1608.4	2587060	65.71	4317.804	105690.2	-380.13
1608.4	2587072	65.71	4317.804	105690.4	-380.14
1593.1	2538025	65.7	4316.49	104667.9	-364.19
1600.3	2560914	65.7	4316.49	105138.8	-370.97
1593.2	2538233	65.6	4303.36	104512.8	-352.93
1614.1	2605230	65.71	4317.804	106060.7	-385.89
1615.8	2610710	65.61	4304.672	106010.6	-376.33
1599.8	2559288	65.7	4316.49	105105.4	-370.48
1621.2	2628355	65.72	4319.118	106546.6	-394.56
1601.1	2563534	65.7	4316.49	105192.5	-371.76
1604.3	2573816	65.71	4317.804	105419.3	-376.03
1612.1	2598911	65.71	4317.804	105932	-383.87
1595.1	2544264	65.6	4303.36	104636.9	-354.69
1600.6	2561798	65.5	4290.25	104836.8	-348.69
1601.4	2564539	65.51	4291.56	104908.9	-350.64
1601	2563193	65.6	4303.36	105025.4	-360.34
1607	2582295	65.61	4304.672	105432.1	-367.32
1593	2537647	65.7	4316.49	104660.1	-364.08
1608.2	2586177	65.61	4304.672	105511.4	-368.53
1596.1	2547520	65.6	4303.36	104703.8	-355.65
1601.6	2565189	65.51	4291.56	104922.2	-350.83
1610.1	2592386	65.71	4317.804	105798.9	-381.80
1613.4	2603093	65.61	4304.672	105855.8	-373.88
1614.7	2607338	65.61	4304.672	105942.1	-375.24
1600.4	2561324	65.7	4316.49	105147.2	-371.09

使用舊S模型輸入新H、Q，計算出新總效率，及耗電功，這時舊泵浦模型會輸出不合理的耗電功，這識實務上不存在的情況？其次，新規格會有不同的比速率，而S模型沒有這樣的考量，會導致失真！

汰換前舊水泵迴歸值					
迴歸係數 A0~A5					
C52	C42	C32	C22	C12	C02
-	-	-	-	-	-
0.000280663	4.708824593	505.5453288	0.002589518	7.342022153	18347.98861

結論

1. S模型只適用於同一件泵浦的操作範圍，因為其最高效率點的比速率值為固定值，而新規格的操作點超出舊泵浦的操作範圍時，代表屬於另一顆泵浦，因為最高效率點的比速率已經改變。
2. S模型輸入新H、Q，計算出新總效率，及耗電功，這時舊泵浦S模型會輸出不合理的耗電功，這是實務上不存在的狀況，會導致失真！
3. 歐盟效率模型包含比速率而且舊泵浦模型會有固定的舊C值，等於用舊C值代表舊泵浦，新規格輸入時舊C值保持不變而能獲得正確的新效率值，可以滿足舊泵浦的計算效率值在合理範圍。
4. 新泵浦在實務操作中也會獲得新C值，而舊C值-新C值的差值舊代表新泵浦的效率改善值，而改善比則為：

$$\text{節能率}\% = \frac{\text{舊C值}-\text{新C值}}{\text{舊C值}} \times 100\%$$