

104 年台北冷暖通空調給排水設備展

專業技術研討會講義

一次側變流量冰水系統

節能設計與運轉管理

周龍賓 機械技師

撰寫／報告

Taiwan  Technologies, Inc.

臺灣熱流科技股份有限公司

提供

內 容

- ◆ 一次側「定流量」的單溫度冰水系統
- ◆ 一次側「變流量」的單溫度冰水系統
- ◆ 雙溫度/雙水路/一次側「定流量」的冰水系統
- ◆ 雙溫度/雙水路/一次側「變流量」的冰水系統
- ◆ 雙溫度/雙水路/低溫冰水一次側「定流量」/
中溫冰水一次側「變流量」系統
- ◆ 雙溫度/單水路/一次側「定流量」的冰水系統
- ◆ 雙溫度/單水路/一次側「變流量」的冰水系統
- ◆ 雙溫度/單水路/低溫冰水一次側「定流量」/
中溫冰水一次側「變流量」系統
- ◆ 附錄(1) 空調二次冰水泵變頻驅動定壓差控制
與定溫度控制節能比較
- ◆ 附錄(2) 冰水機原理與性能數據
- ◆ 附錄(3) 雙溫度冰水負載規劃
- ◆ 附錄(4) 異溫雙水路併為單水路連環圖說
- ◆ 附錄(5) 熱交換器中低流量是高溫差的成因
- ◆ 附錄(6) 空調箱冰水控制閥閉環路 PID 控制行為

1

2

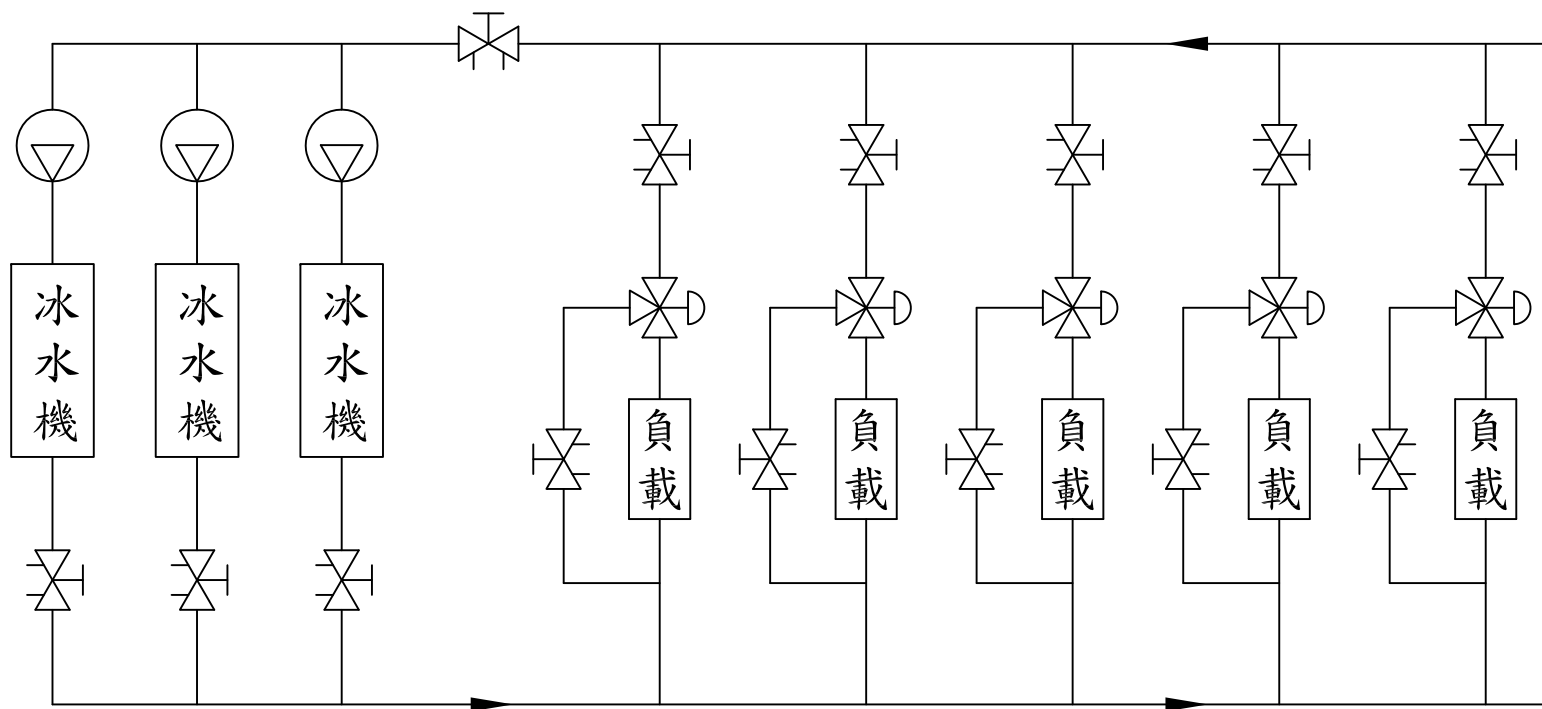
3

4

5

6

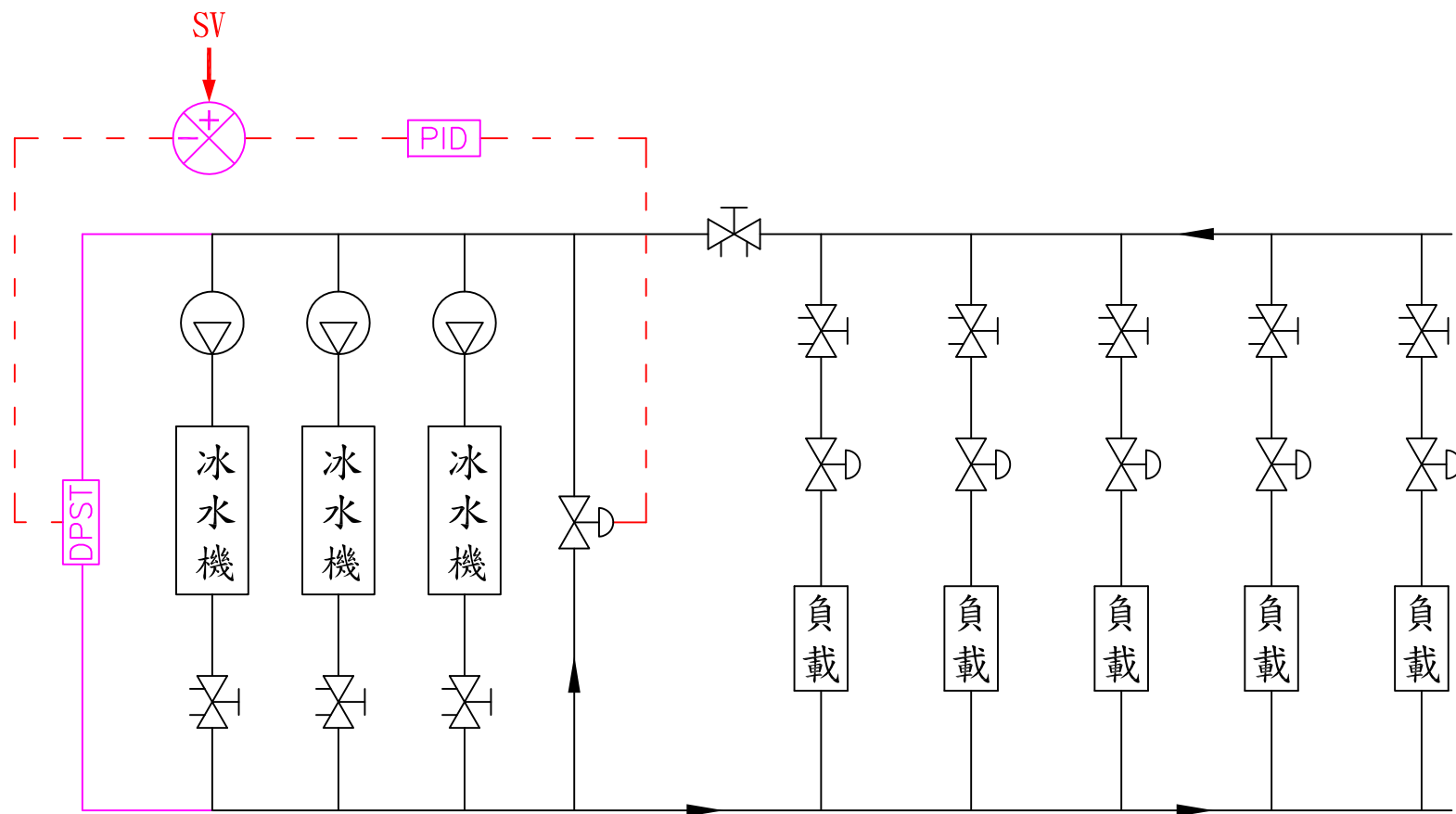
1. 一次側「定流量」的冰水系統，之一



Coupled System with Three-Way Control Valves

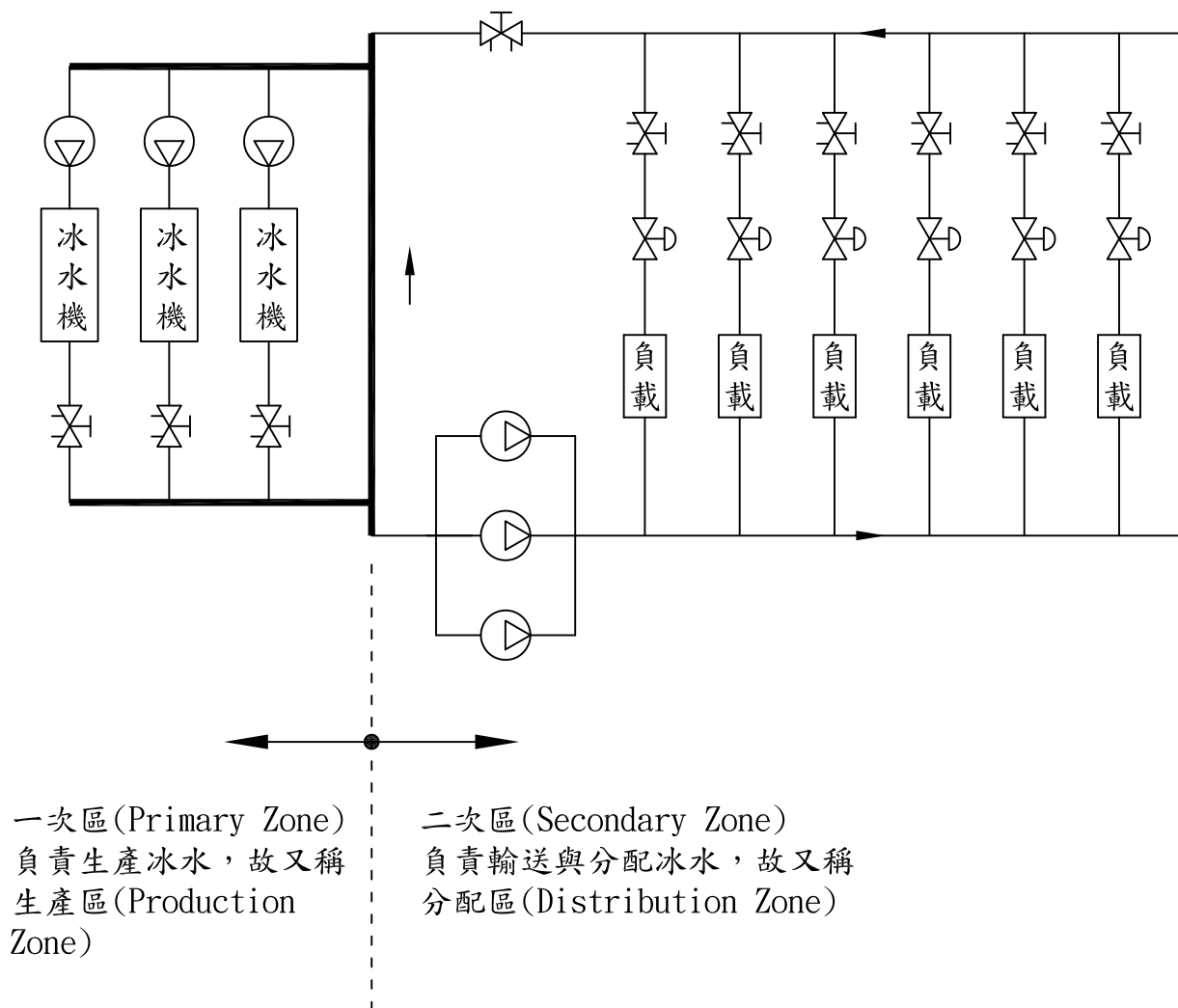
生產-分配合一型，採用三通控制閥，小型空調系統適用。

2. 一次側「定流量」的冰水系統，之二



Coupled System with Two-Way Control Valves
生產-分配合一型，採用二通控制閥，中小型空調系統適用。

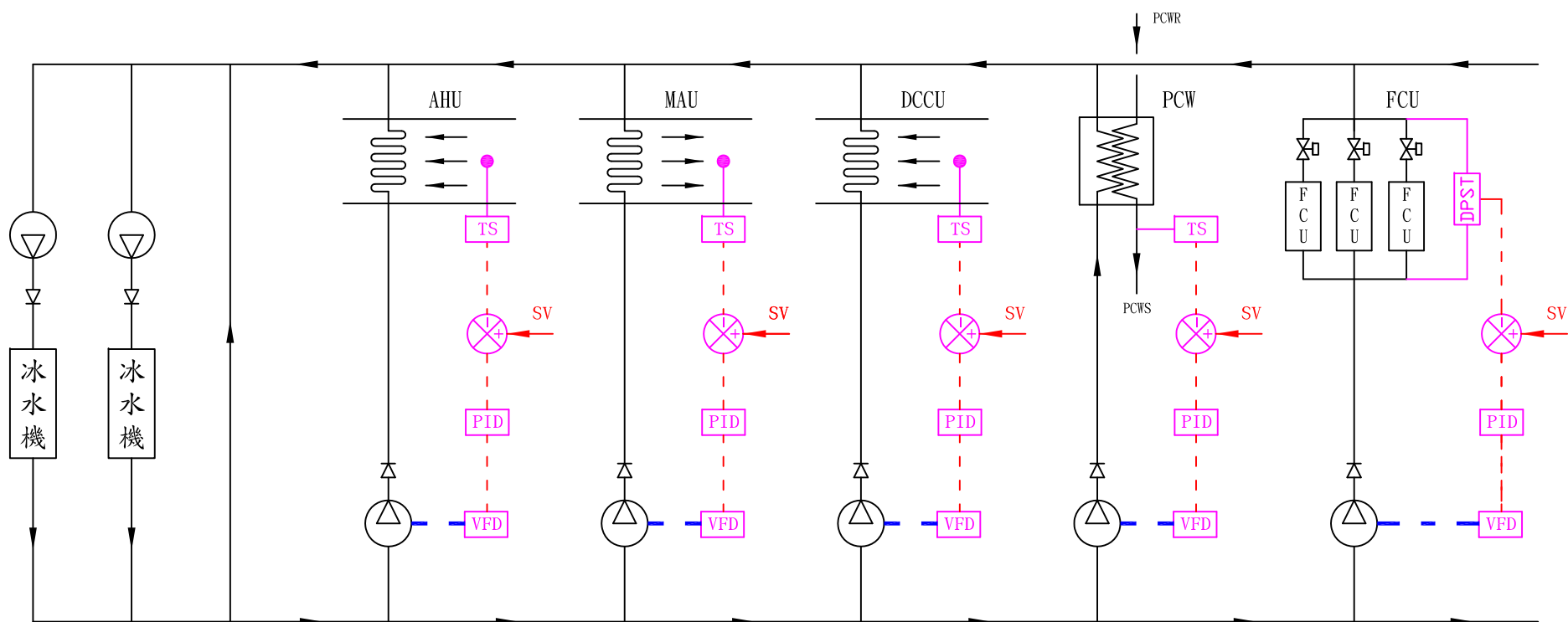
3. 一次側「定流量」的冰水系統，之三



生產-分配分職型(De-Coupled System)
應該使用二通控制閥，中大型空調系統適用

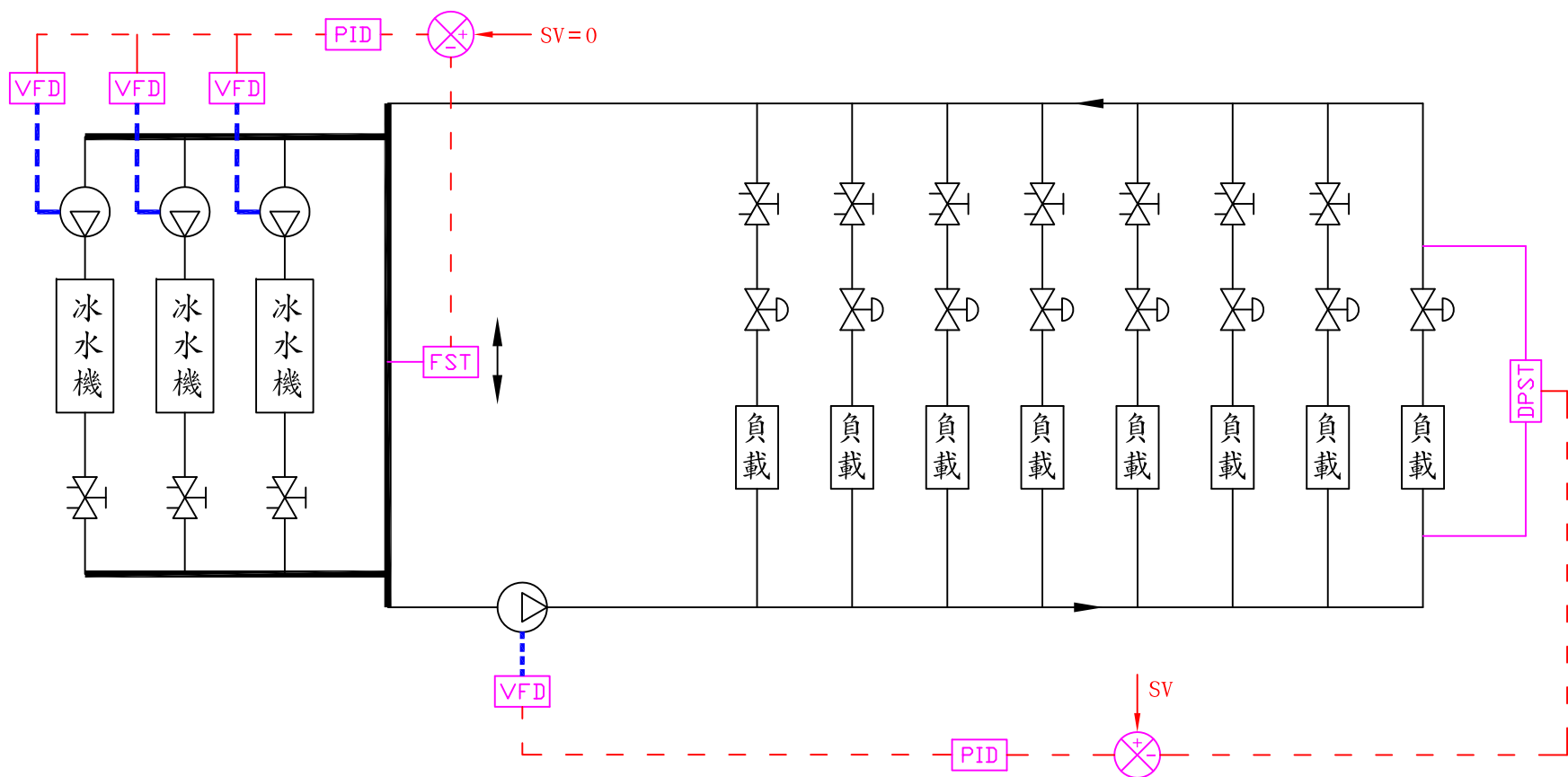
4. 一次側「定流量」的冰水系統, 之四 —

周龍賓設計的超級節能冰水系統之一

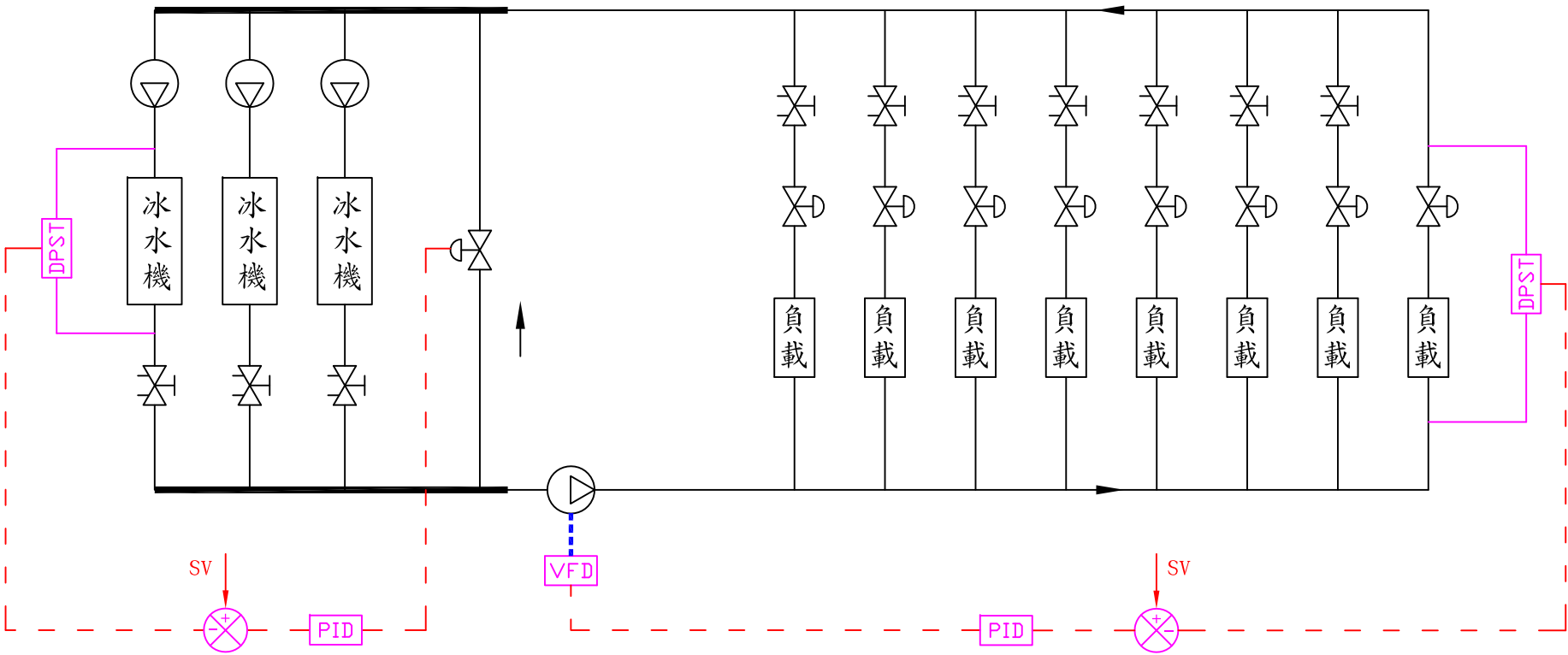


註：本系統冰水泵超節能原理論述請詳閱附錄(1)

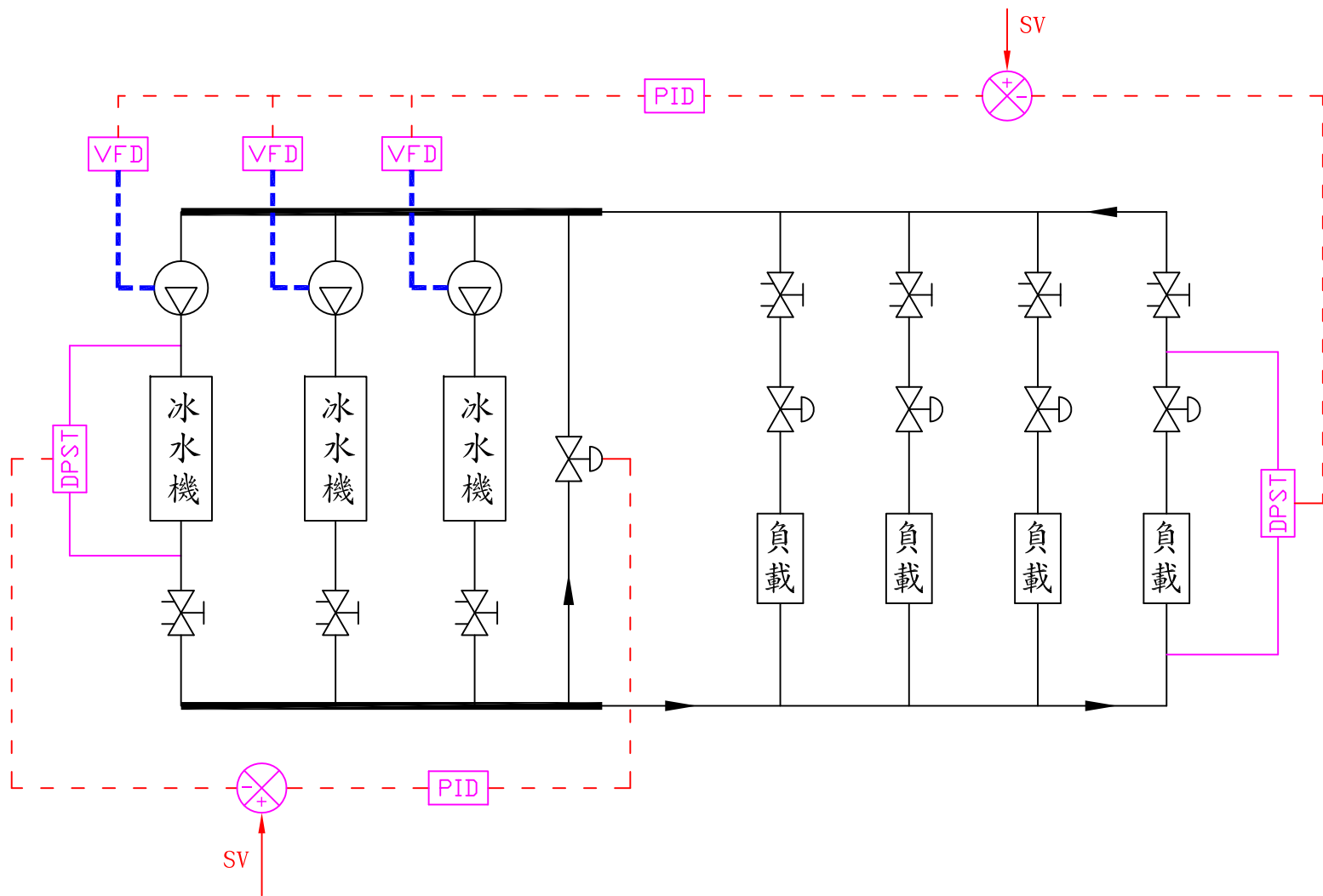
5. 一次側「變流量」的冰水系統，之一



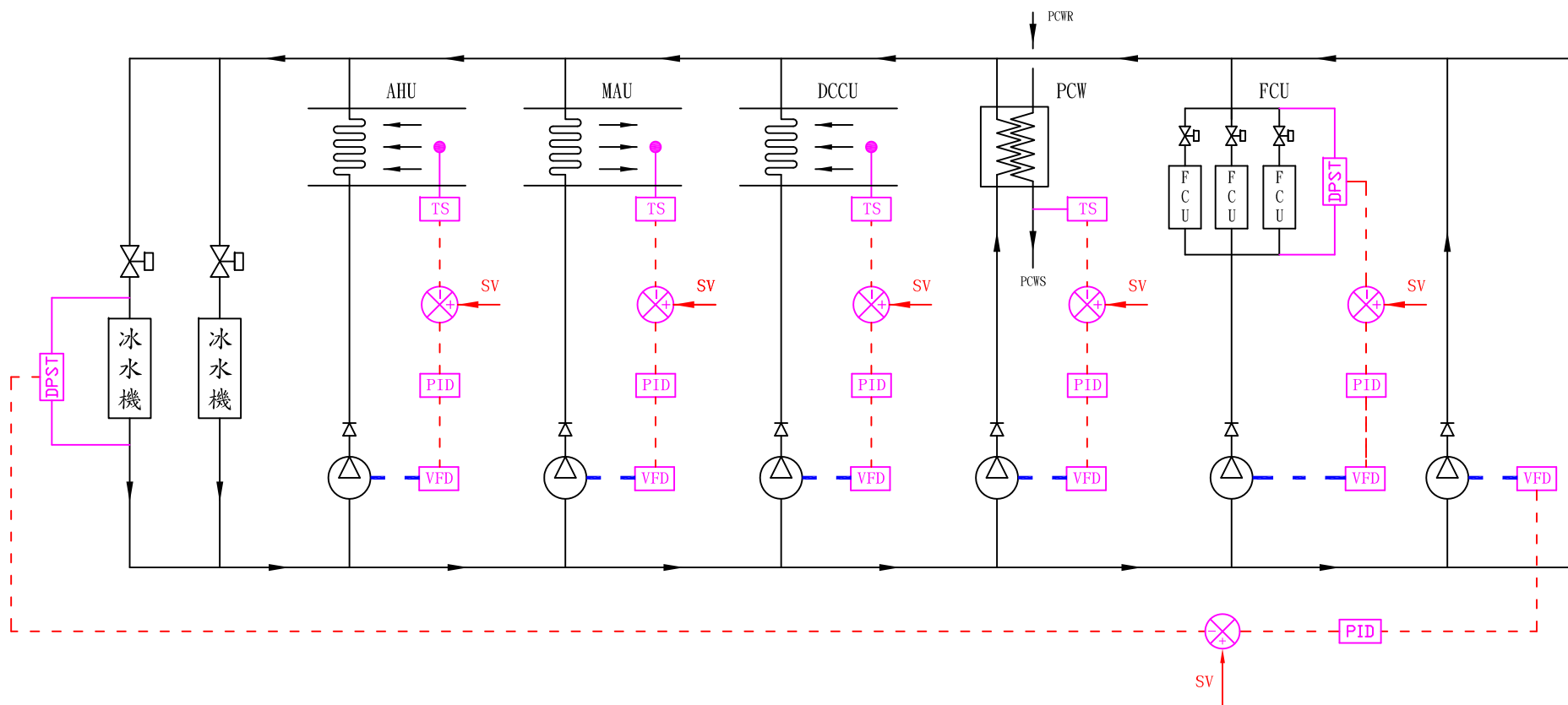
6. 一次側「變流量」的冰水系統，之二



7. 一次側「變流量」的冰水系統，之三

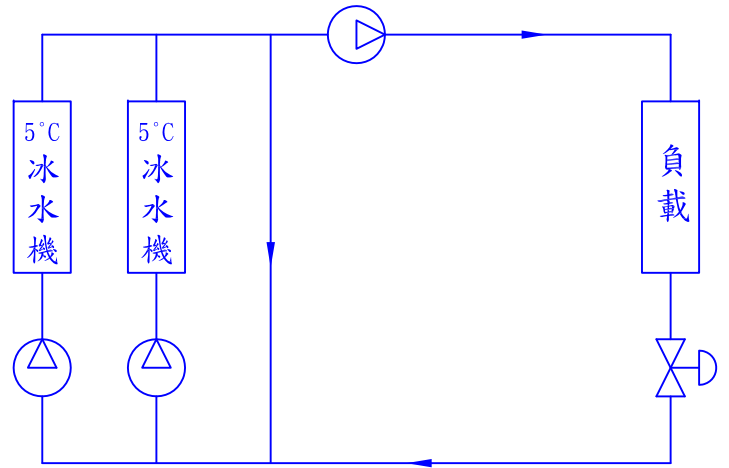
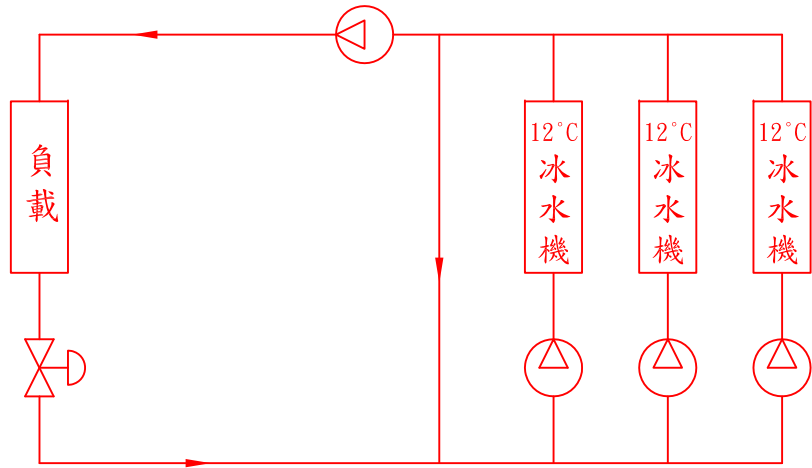


周龍賓設計的超級節能冰水系統之二



註：本系統冰水泵超節能原理論述請詳閱附錄(1)

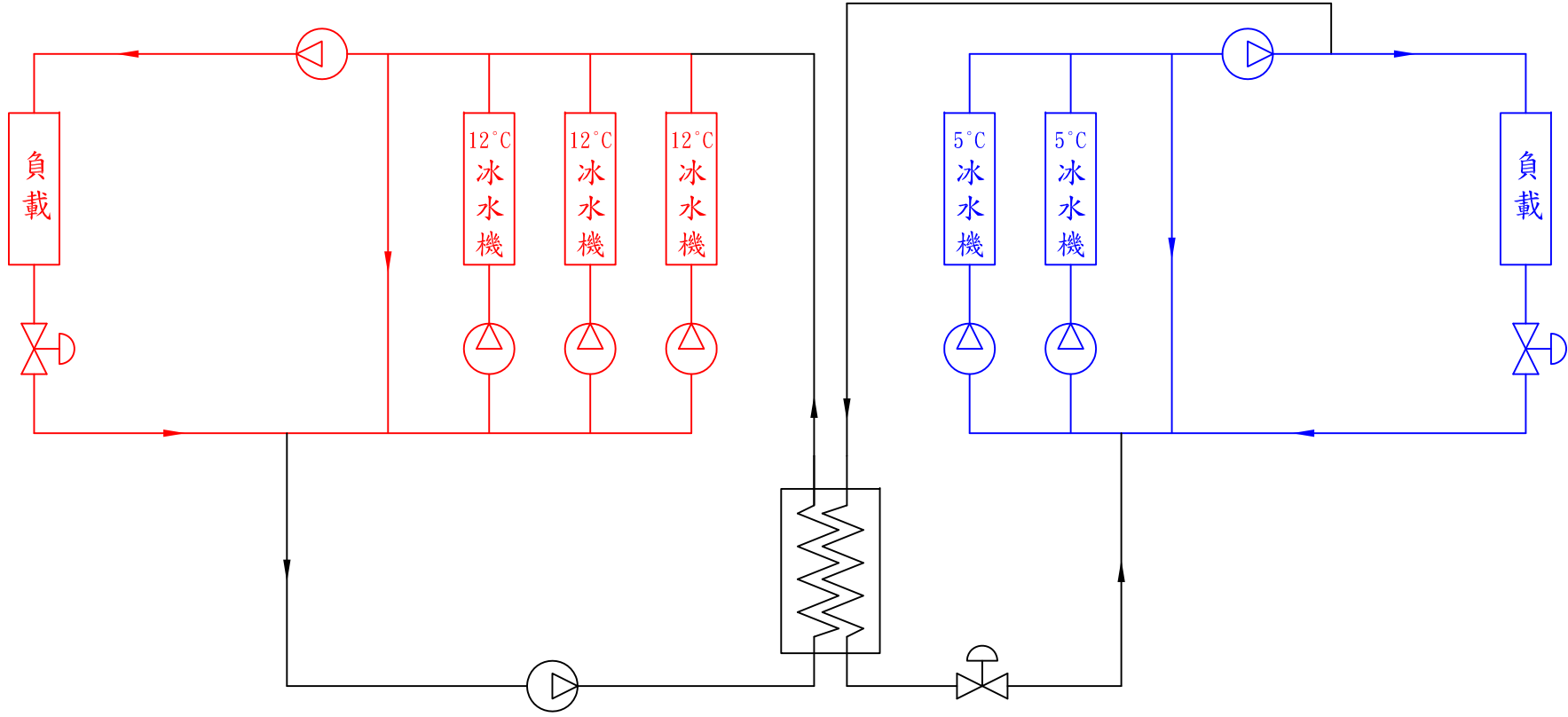
9. 雙水路/雙溫度/一次側「定流量」冰水系統, 之一(d+d)



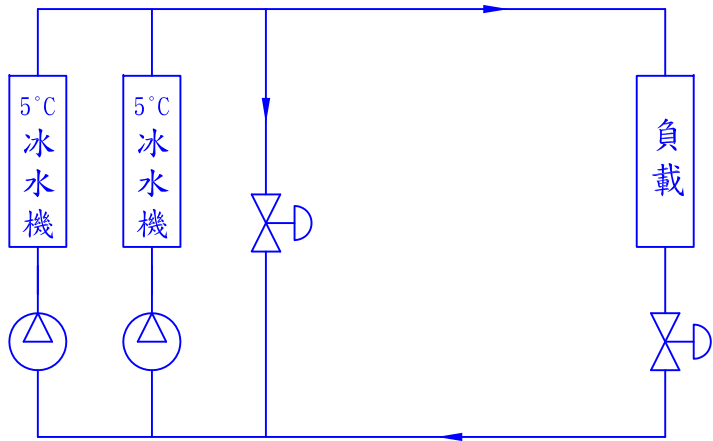
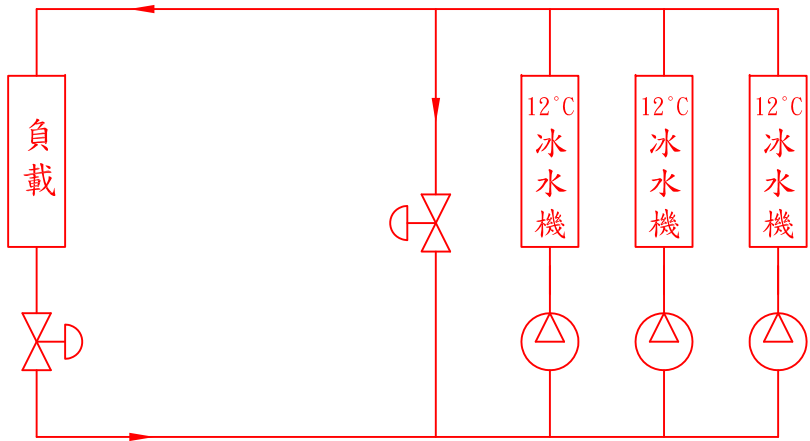
註1：拉高冰水機冰水出水溫度就可提高冰水機COP與IPLV，請詳閱附錄(2)

註2：雙溫度冰水負載規劃請參閱附錄(3)

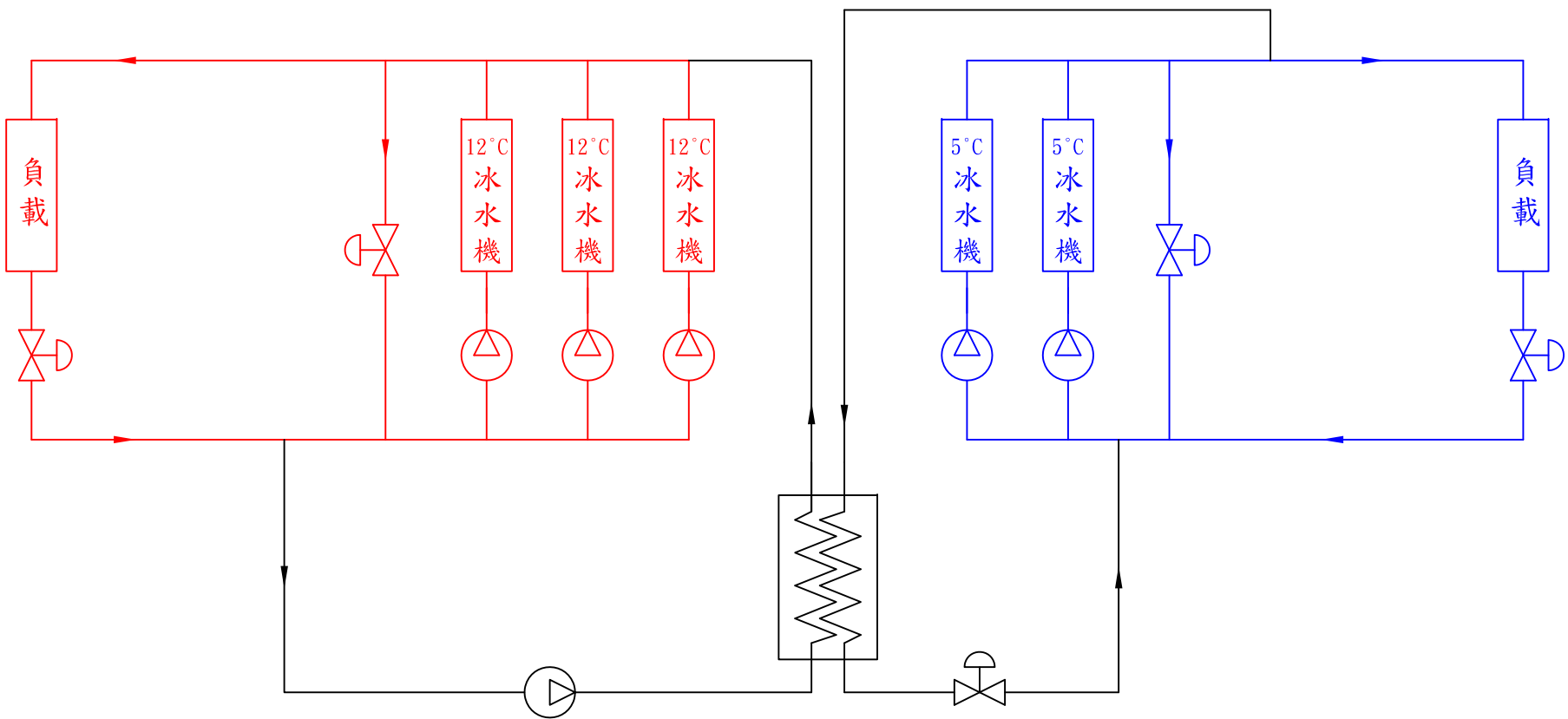
9-1. 低溫冰水支援中溫冰水



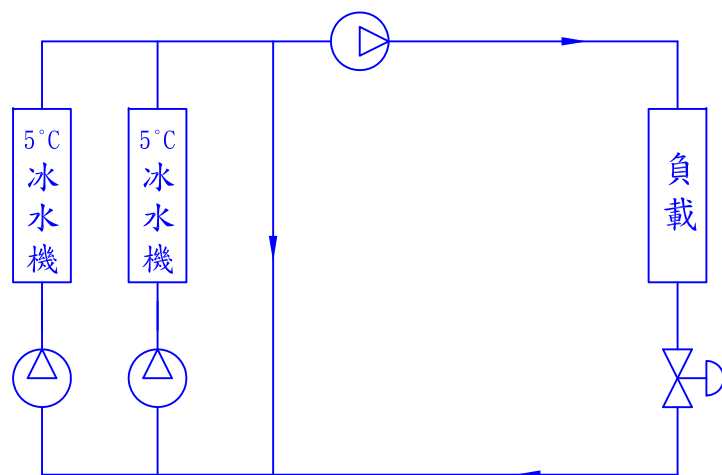
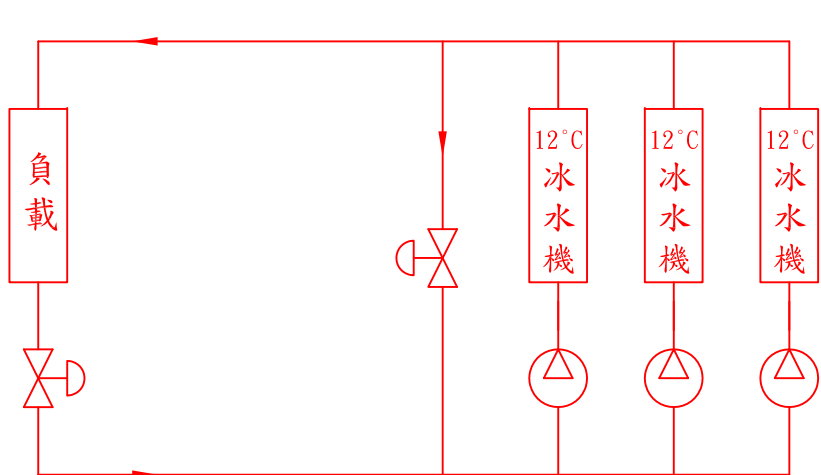
10. 雙水路/雙溫度/一次側「定流量」冰水系統, 之二(c+c)



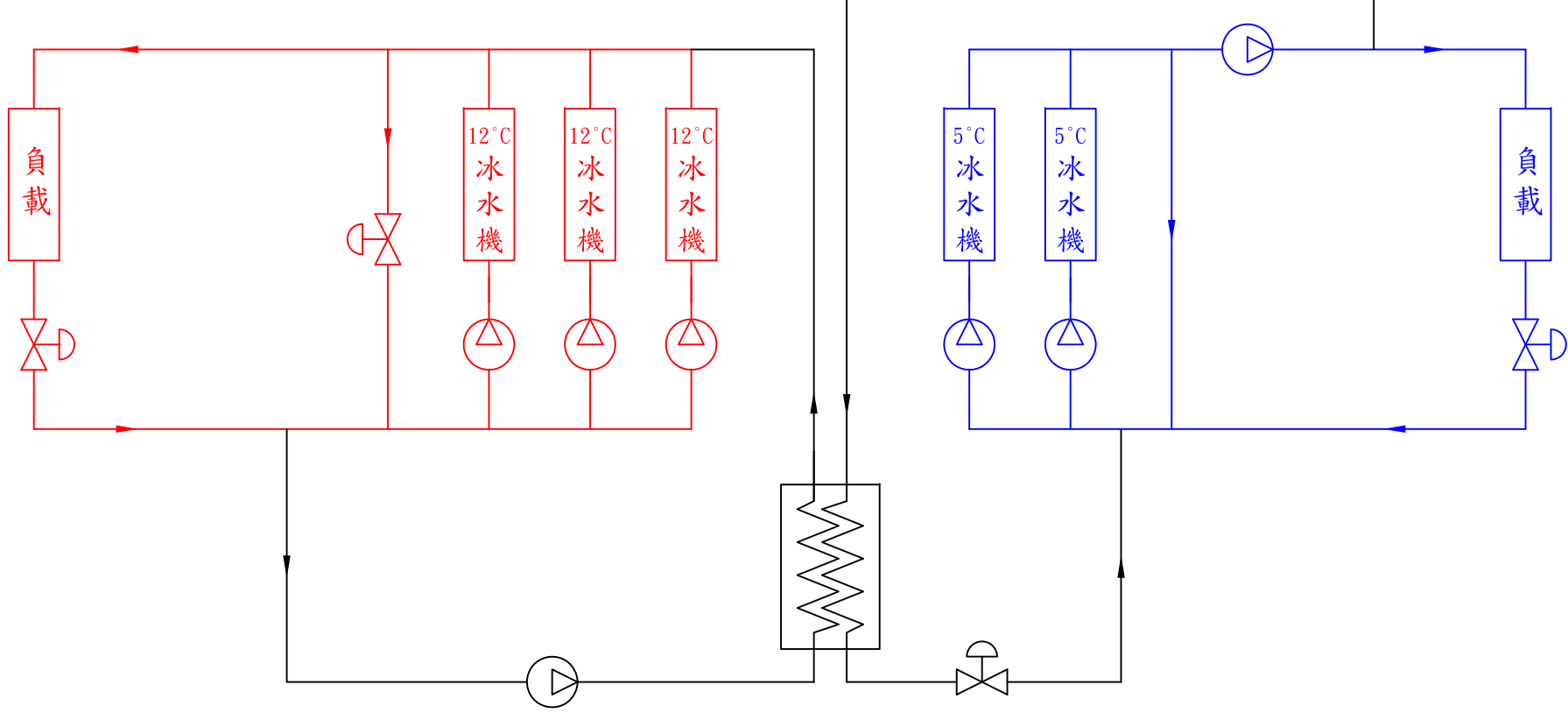
10-1. 低溫冰水支援中溫冰水



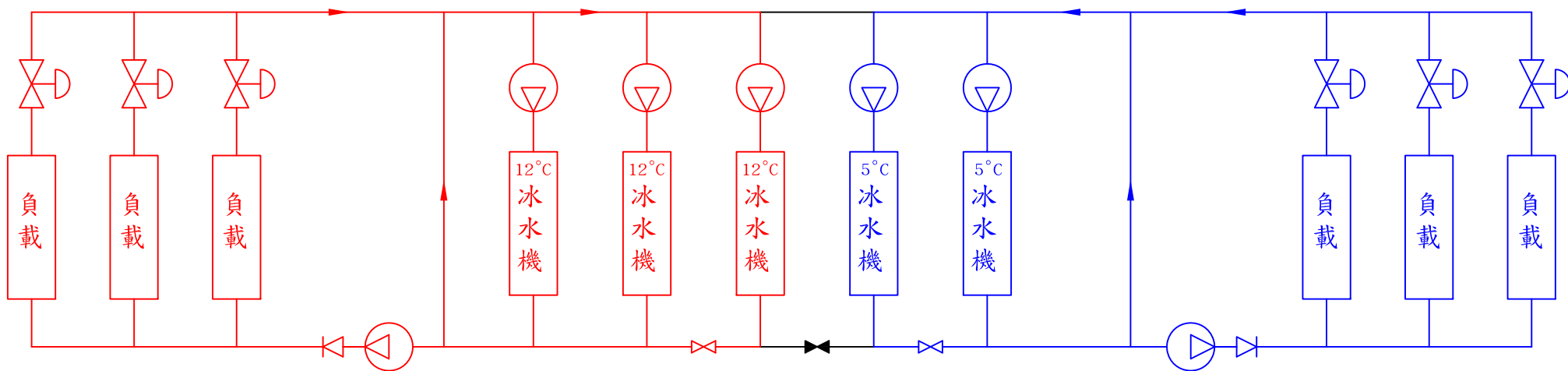
11. 雙水路/雙溫度/低溫冰水一次側「定流量」/
中溫冰水一次側「變流量」系統(d+c)



11-1. 低溫冰水支援中溫冰水

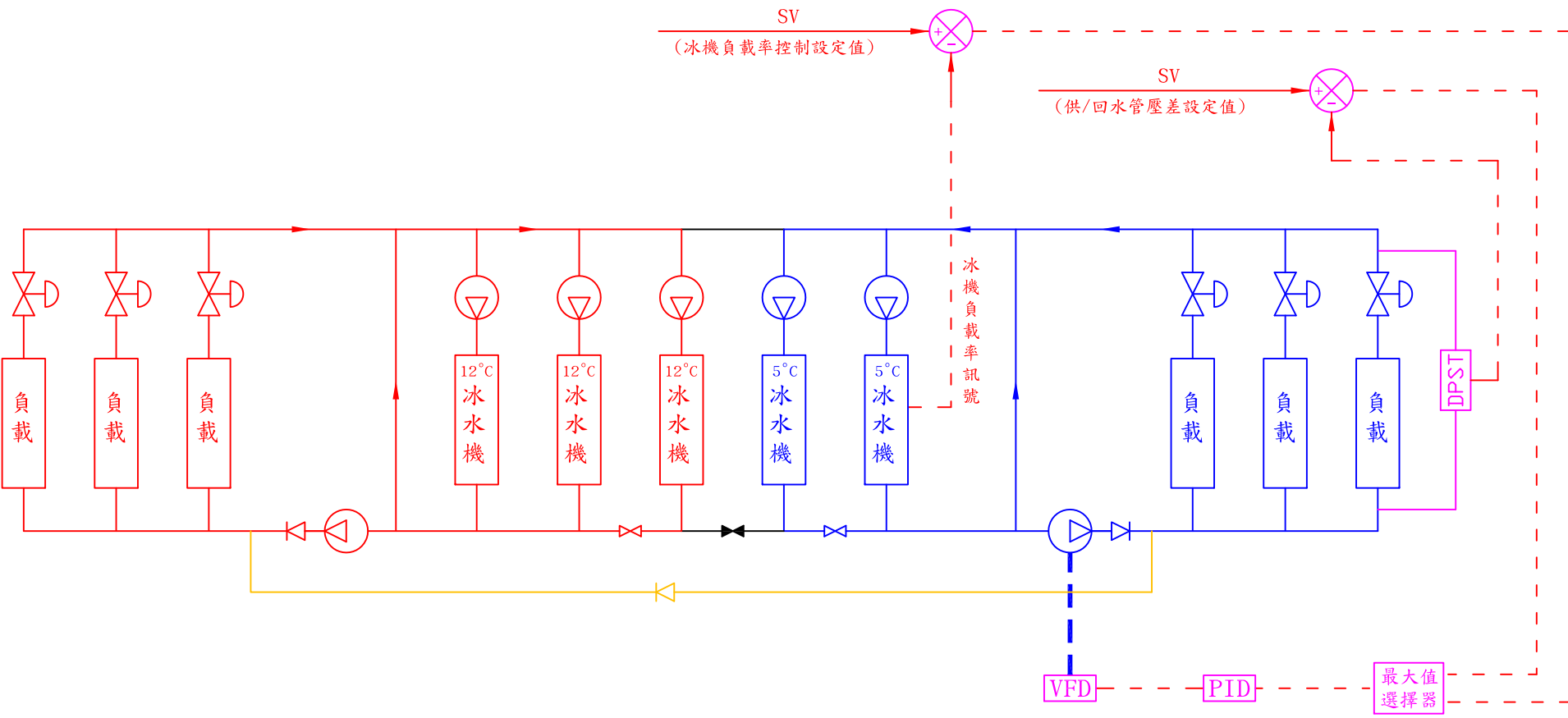


12. 單水路/雙溫度/一次側「定流量」冰水系統, 之一(d+d)



註：兩個不同溫度但各自獨立的水路系統如何併為
單水路/雙溫度冰水系統？請詳閱附錄(4)解說

12-1. 低溫冰水支援中溫冰水，方案一



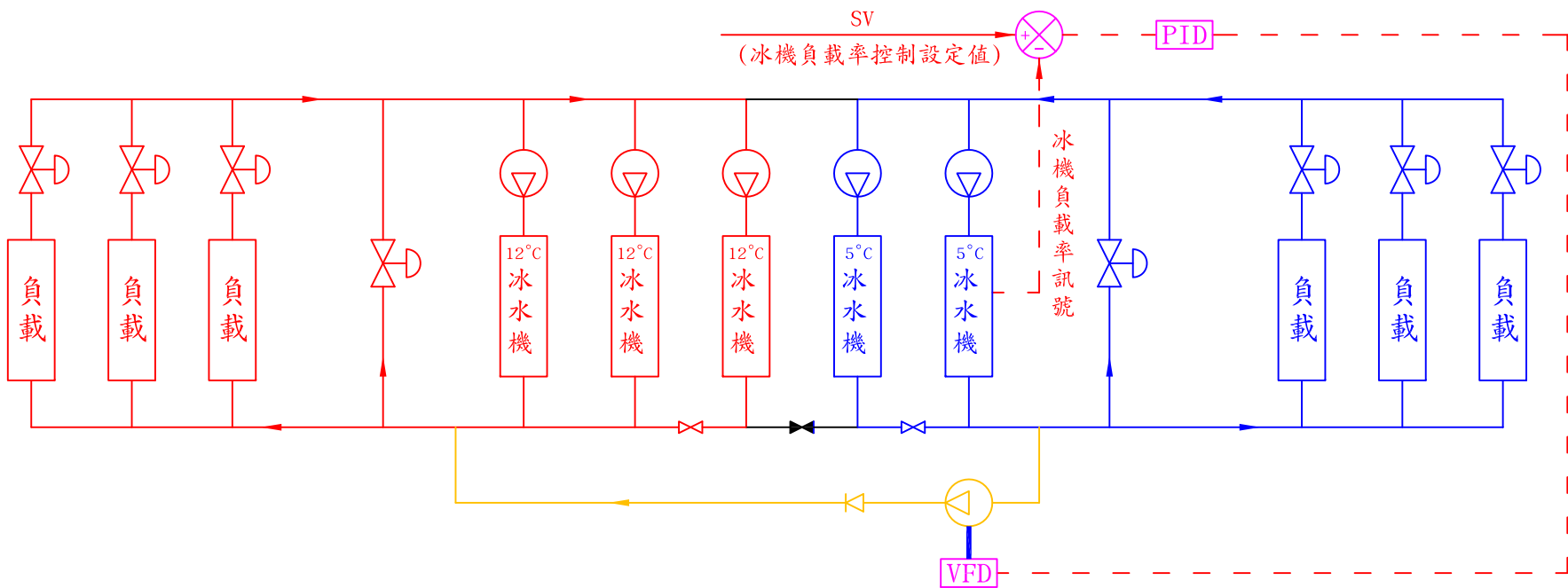
12-2. 低溫冰水支援中溫冰水，方案二

1

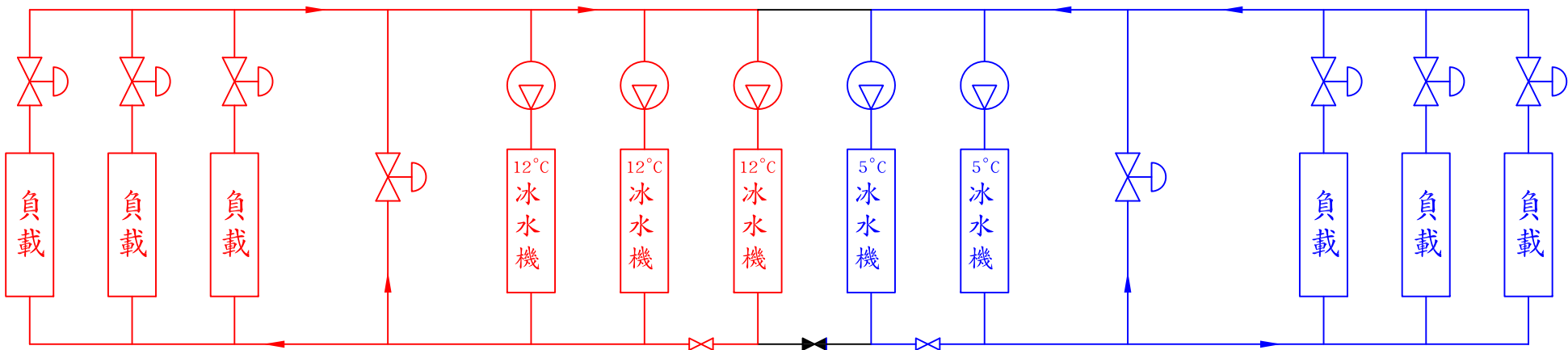
2

3

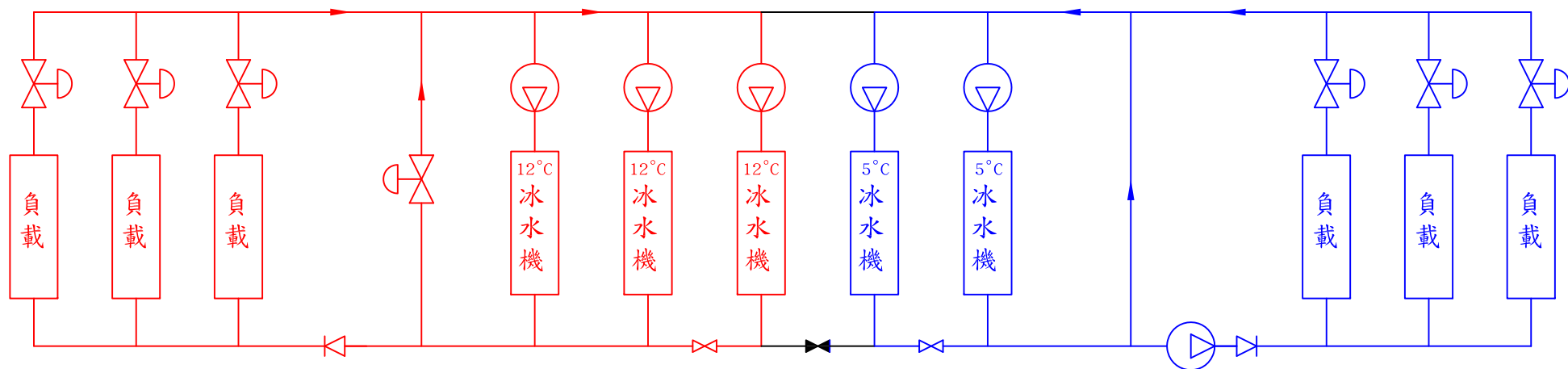
4



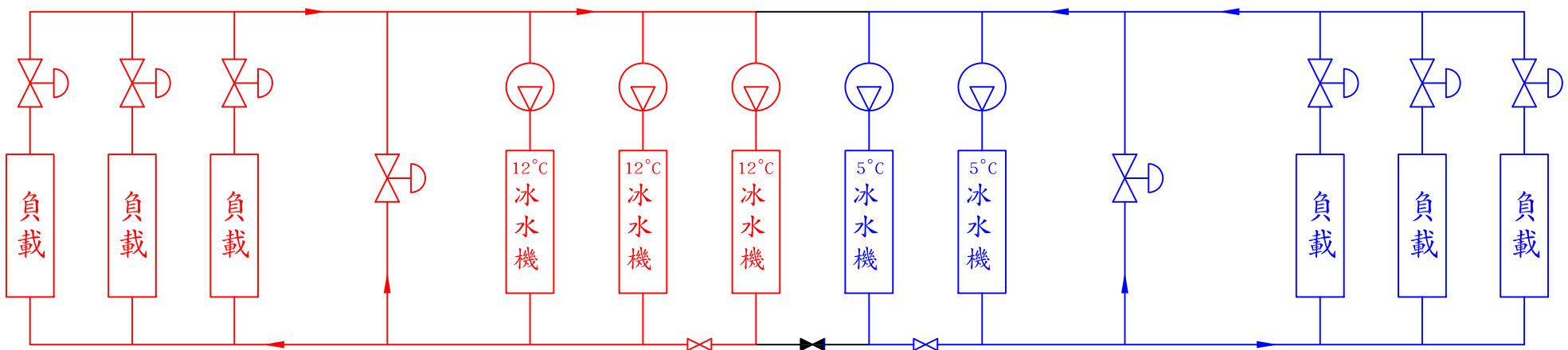
13. 單水路/雙溫度/一次側「定流量」冰水系統, 之二(c+c)



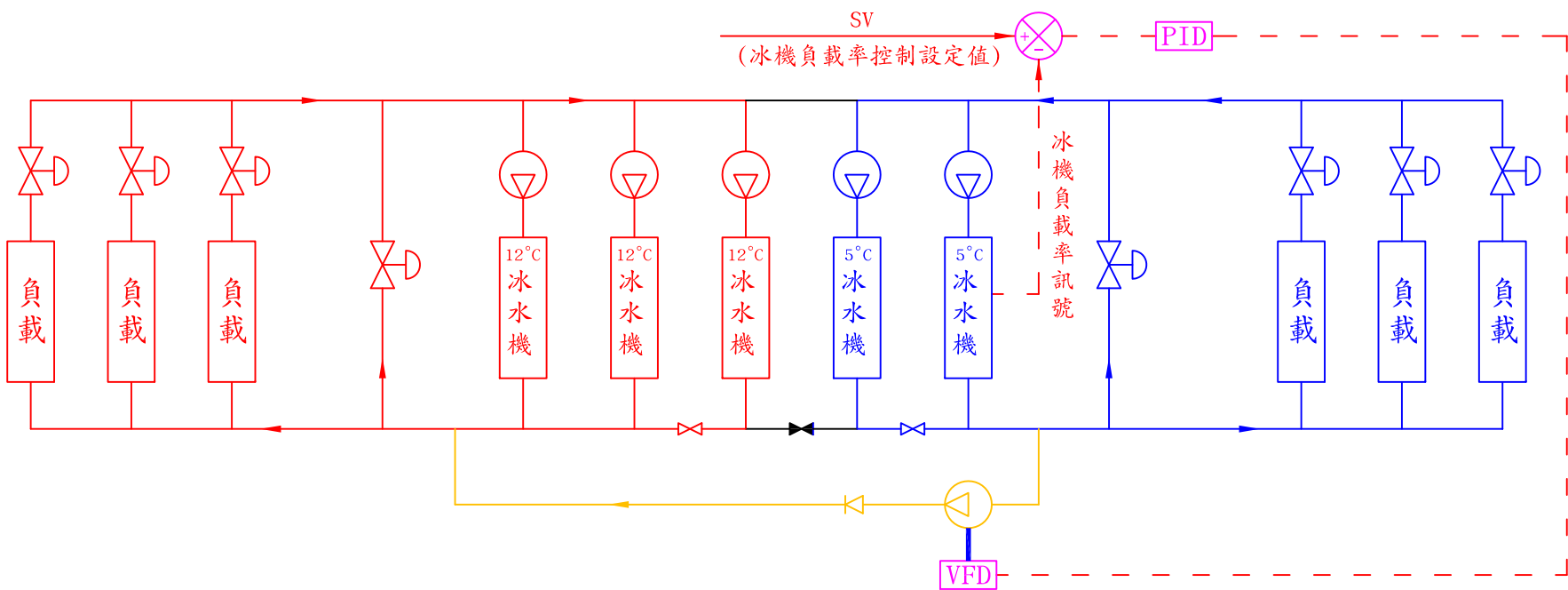
14. 單水路/雙溫度/低溫冰水一次側「定流量」/
中溫冰水一次側「變流量」系統(d+c)



15. 單水路/雙溫度/一次側「變流量」冰水系統(c+c)



15-1. 低溫冰水支援中溫冰水



1

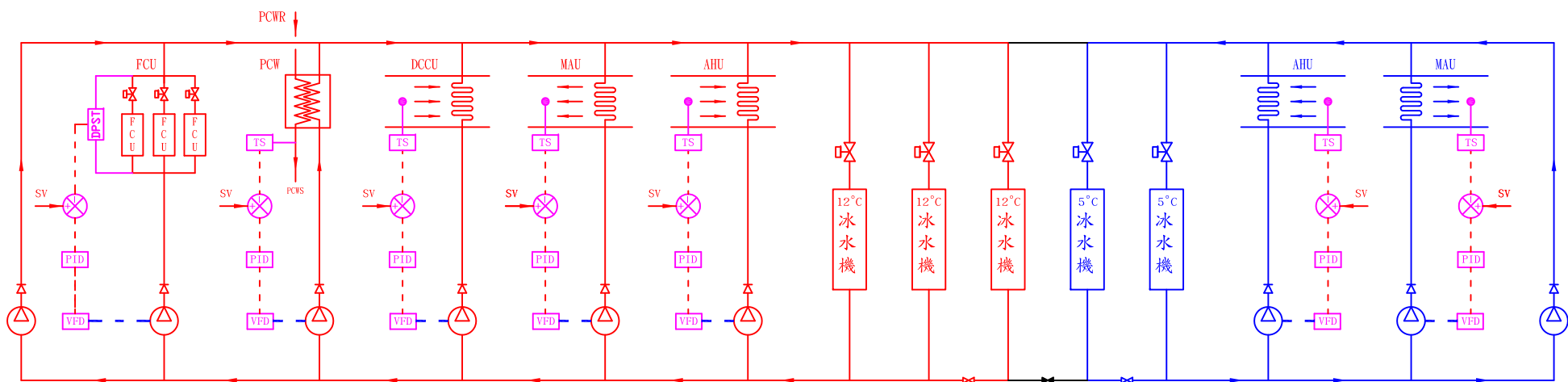
2

3

4

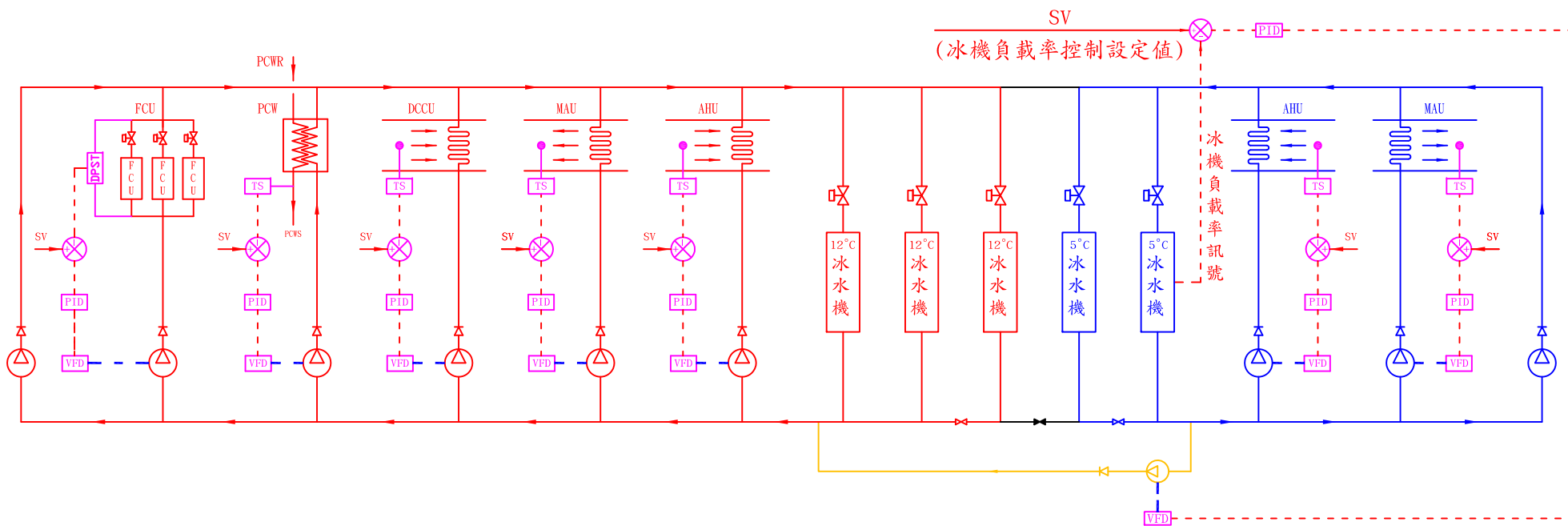
16. 單水路/雙溫度/一次側「變流量」冰水系統, 之二 —

周龍賓設計的超級節能冰水系統之三



註：本系統冰水泵超節能原理論述請詳閱附錄(1)

16-1. 低溫冰水支援中溫冰水



附錄(1)

空調二次冰水泵變頻驅動 定壓差控制與定溫度控制 節能比較

周龍賓 機械技師

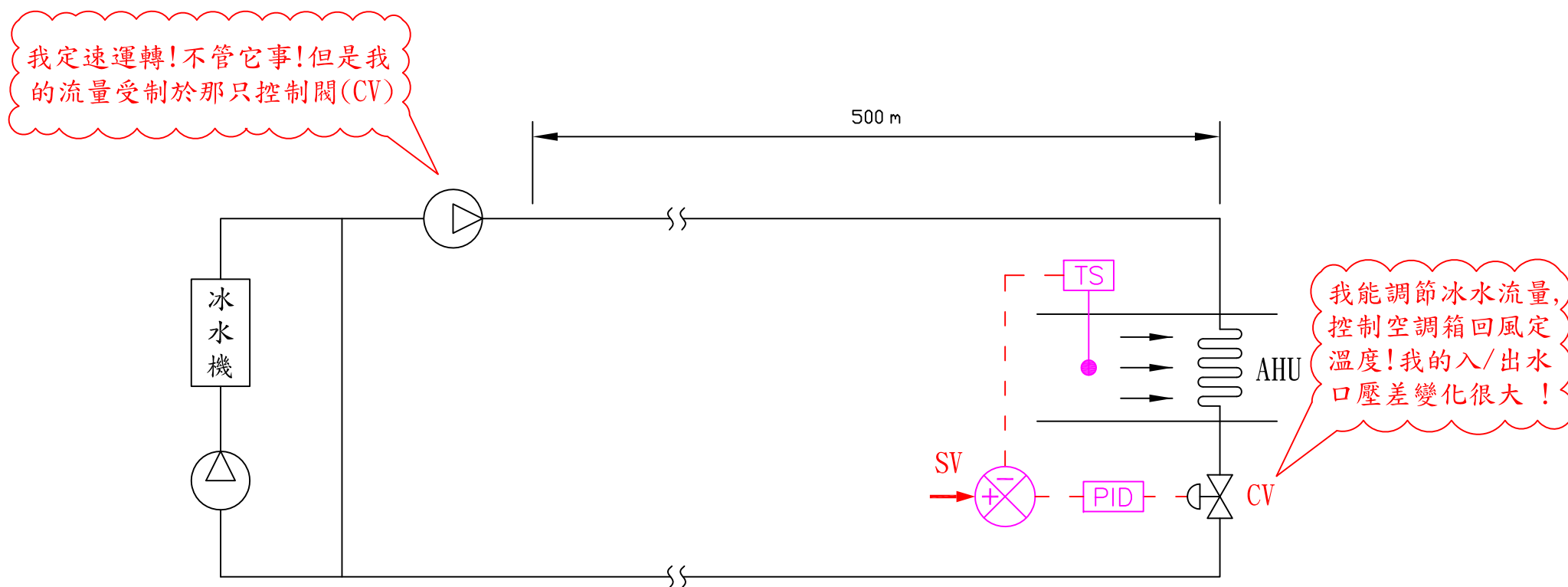
撰寫／報告

Taiwan  *Technologies, Inc.*

臺灣熱流科技股份有限公司

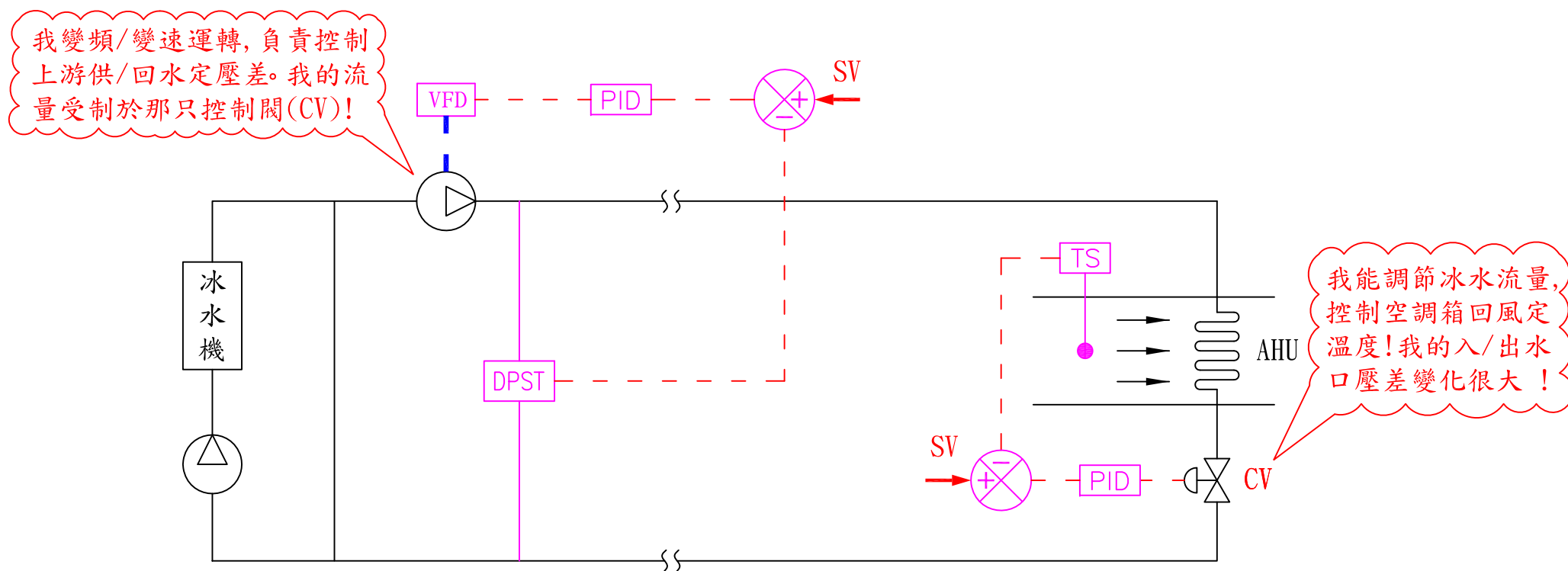
提供

圖 (1) 模式A: 二次泵定速運轉, 需設溫度控制閥,
泵最耗電, 控制閥的掌控制度(Authority)最差



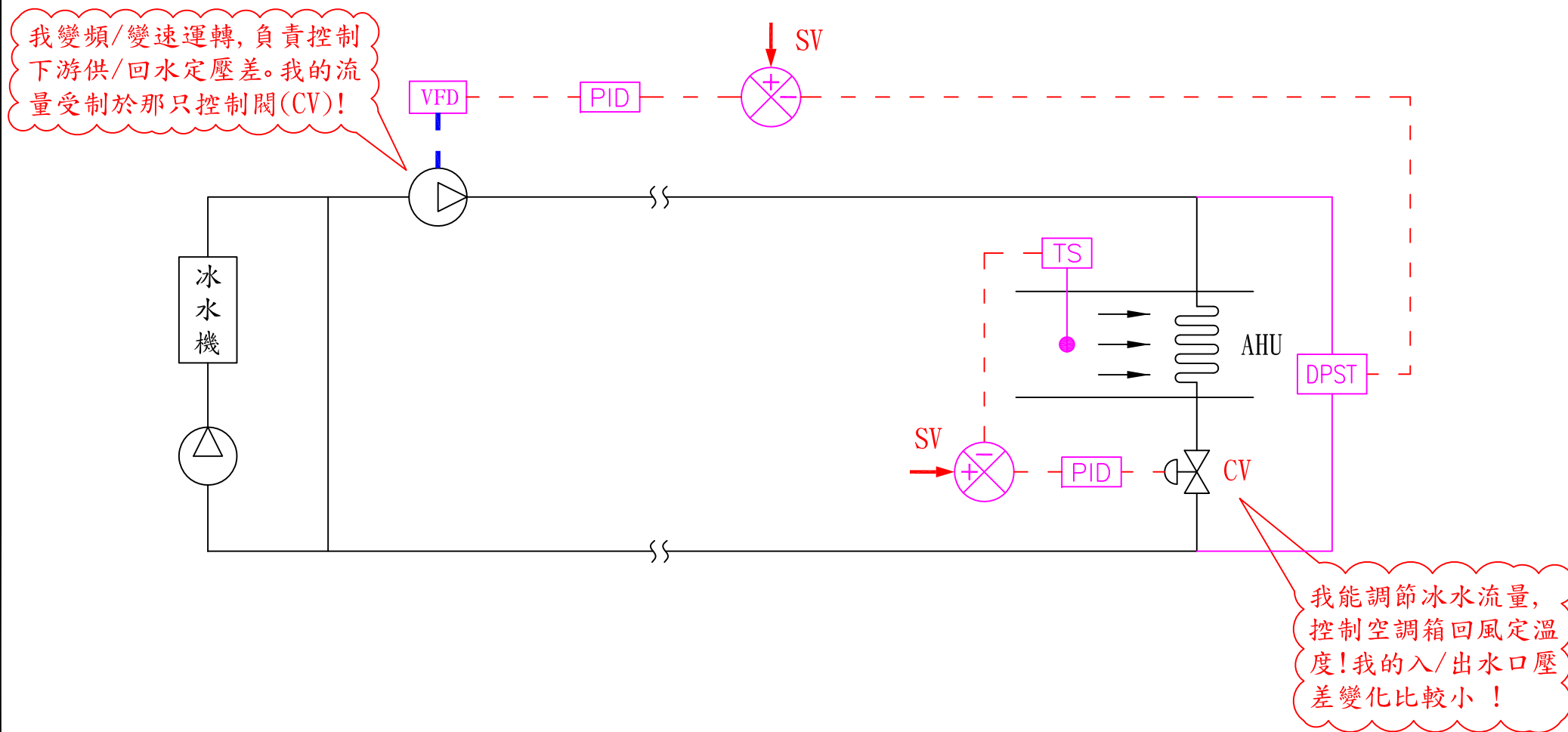
基礎數據: 滿載流量140LPS的冰水流經空調箱(AHU-Air Handling Unit), 冷卻盤管(Cooling Coils)的頭損(Headloss)6m, 控制閥(CV-Control Valve)的頭損4m, 冰水管路的頭損35m, 泵揚程45m @ 流量140LPS, 泵性能曲線如圖(8)

圖 (2) 模式B: 二次泵變頻控制上游管路定壓差, 需設溫度控制閥, 泵耗電略省, 控制閥的掌控度(Authority)稍有改善



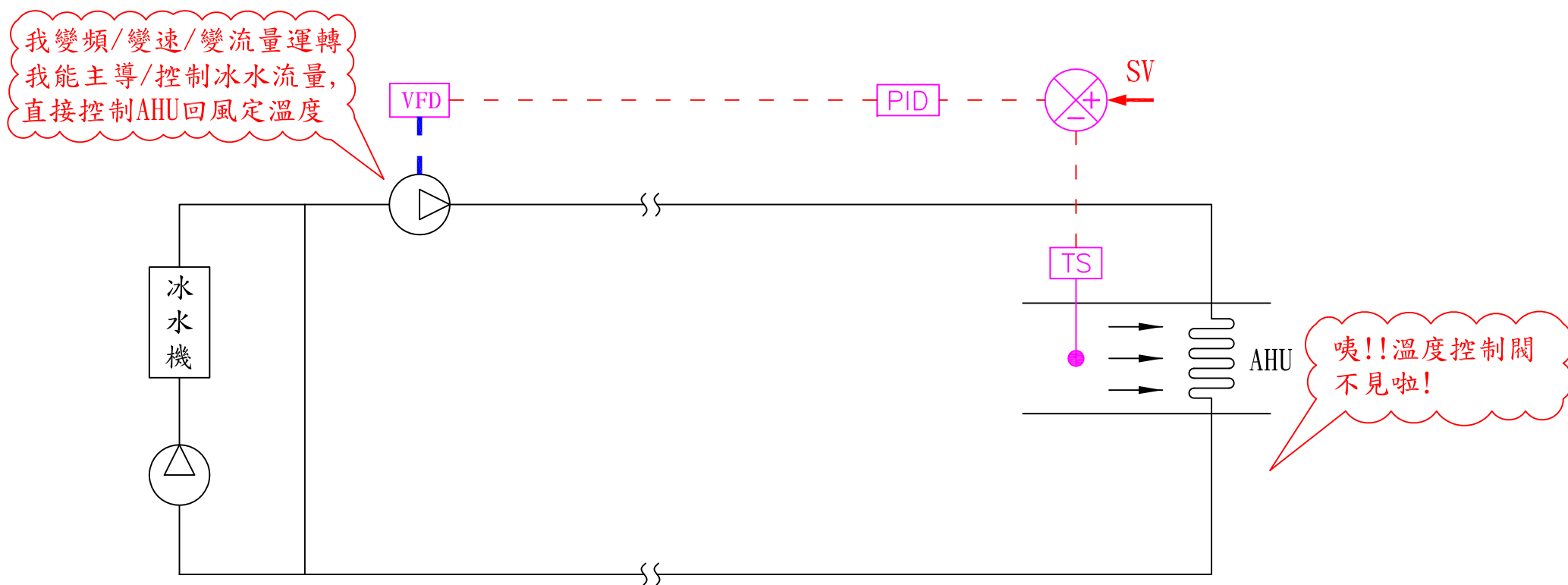
基礎數據: 滿載流量140LPS的冰水流經空調箱(AHU-Air Handling Unit), 冷卻盤管(Cooling Coils)的頭損(Headloss)6m, 控制閥(CV-Control Valve)的頭損4m, 冰水管路的頭損35m, 泵揚程45m @ 流量140LPS, 泵性能曲線如圖(8)

圖 (3) 模式C: 二次泵變頻控制下游管路定壓差, 需設溫度控制閥, 泵耗電更省, 控制閥的掌控制度(Authority)改善很多



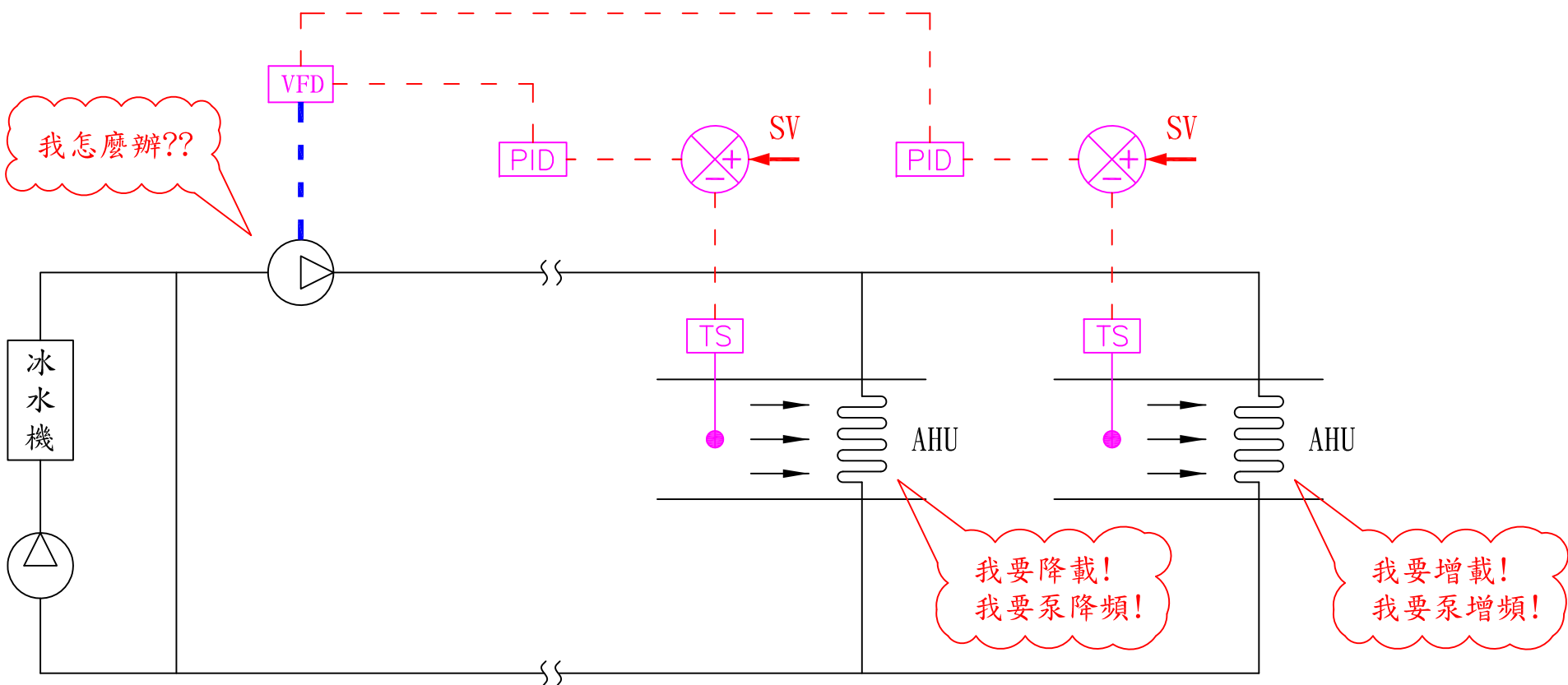
基礎數據: 滿載流量140LPS的冰水流經空調箱(AHU-Air Handling Unit), 冷卻盤管(Cooling Coils)的頭損(Headloss)6m, 控制閥(CV-Control Valve)的頭損4m, 冰水管路的頭損35m, 泵揚程45m @ 流量140LPS, 泵性能曲線如圖(8)

圖 (4) 模式D: 二次泵變頻直接控制AHU的回風定溫度, 超省電! 不需溫度控制閥

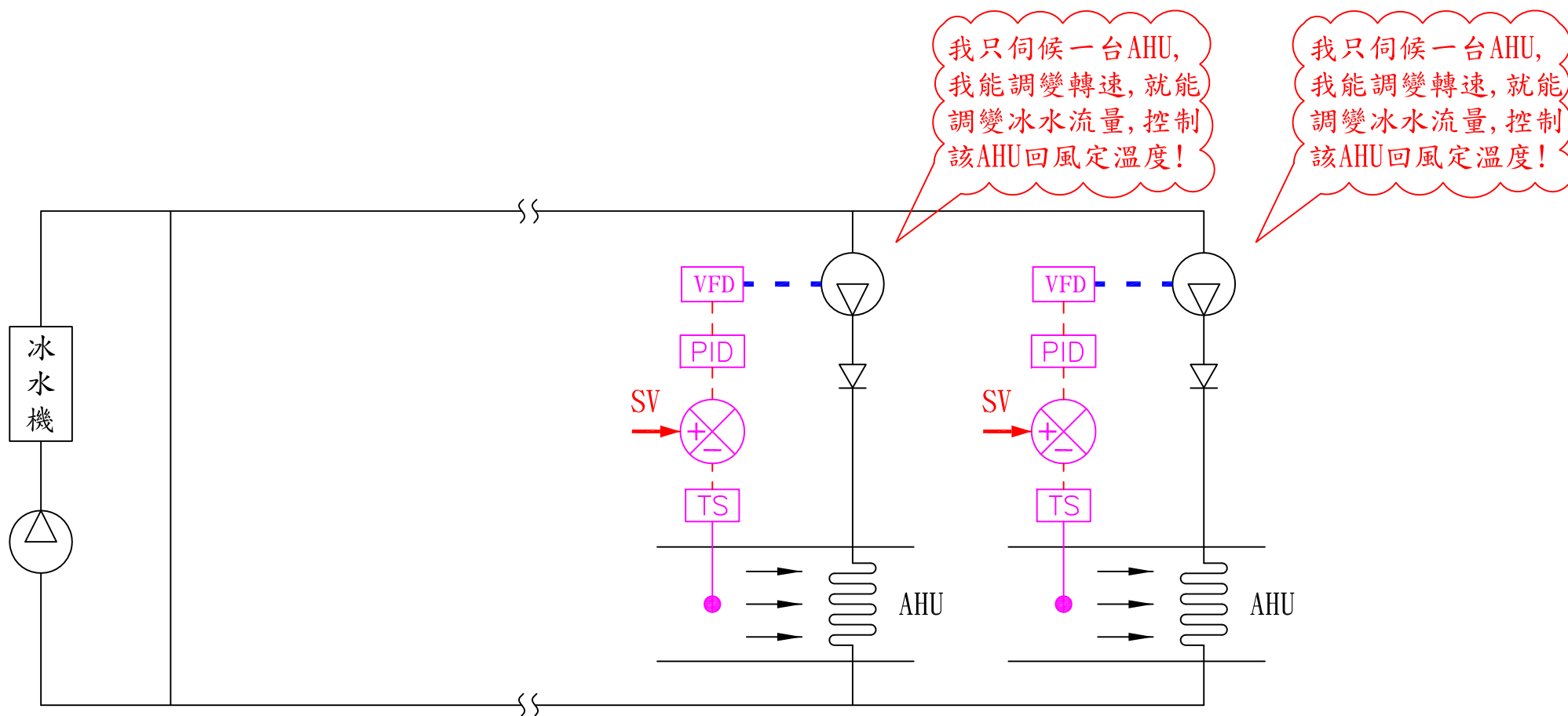


基礎數據: 滿載流量140LPS的冰水流經空調箱(AHU-Air Handling Unit), 冷卻盤管(Cooling Coils)的頭損(Headloss)6m,
控制閥(CV-Control Valve)的頭損4m, 冰水管路的頭損35m, 泵揚程45m @ 流量140LPS, 泵性能曲線如圖(8)

圖 (5) 模式D不適用於單台泵對多台AHU

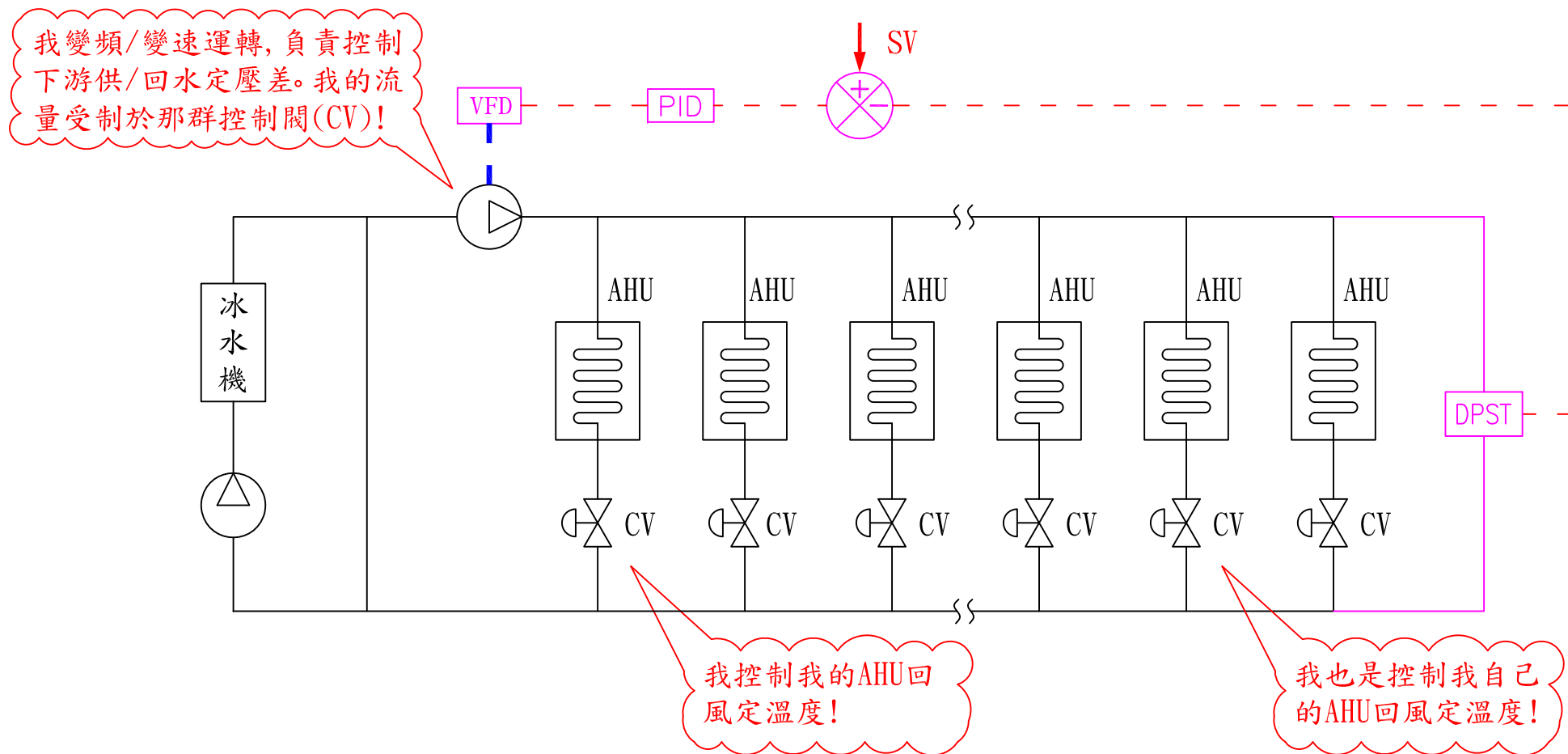


圖（6）模式D只適用於「一台泵對一台AHU」

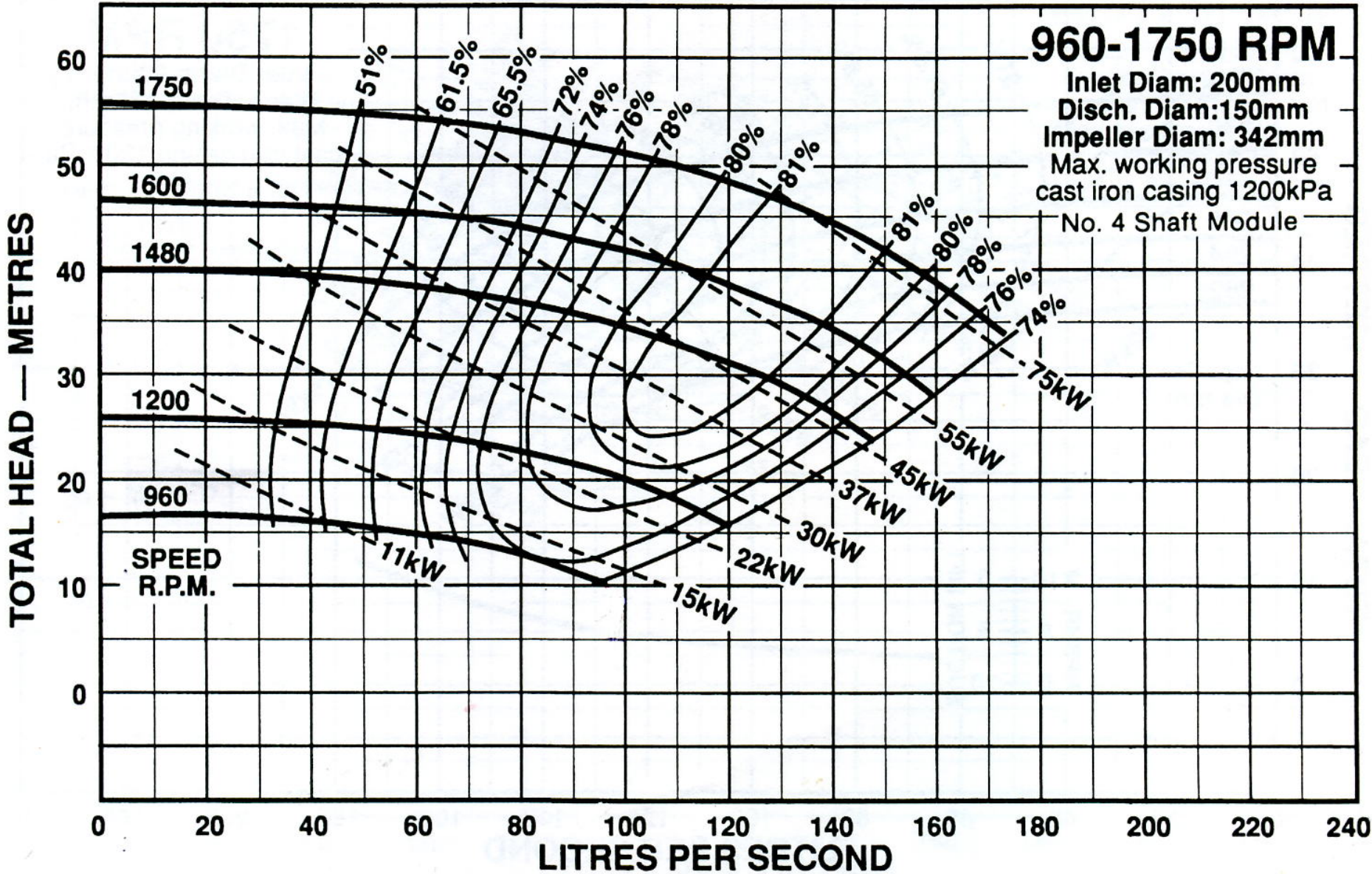


基礎數據:滿載流量140LPS的冰水流經空調箱(AHU-Air Handling Unit), 冷卻盤管(Cooling Coils)的頭損(Headloss)6m, 控制閥(CV-Control Valve)的頭損4m, 冰水管路的頭損35m, 泵揚程45m @ 流量140LPS, 泵性能曲線如圖(8)

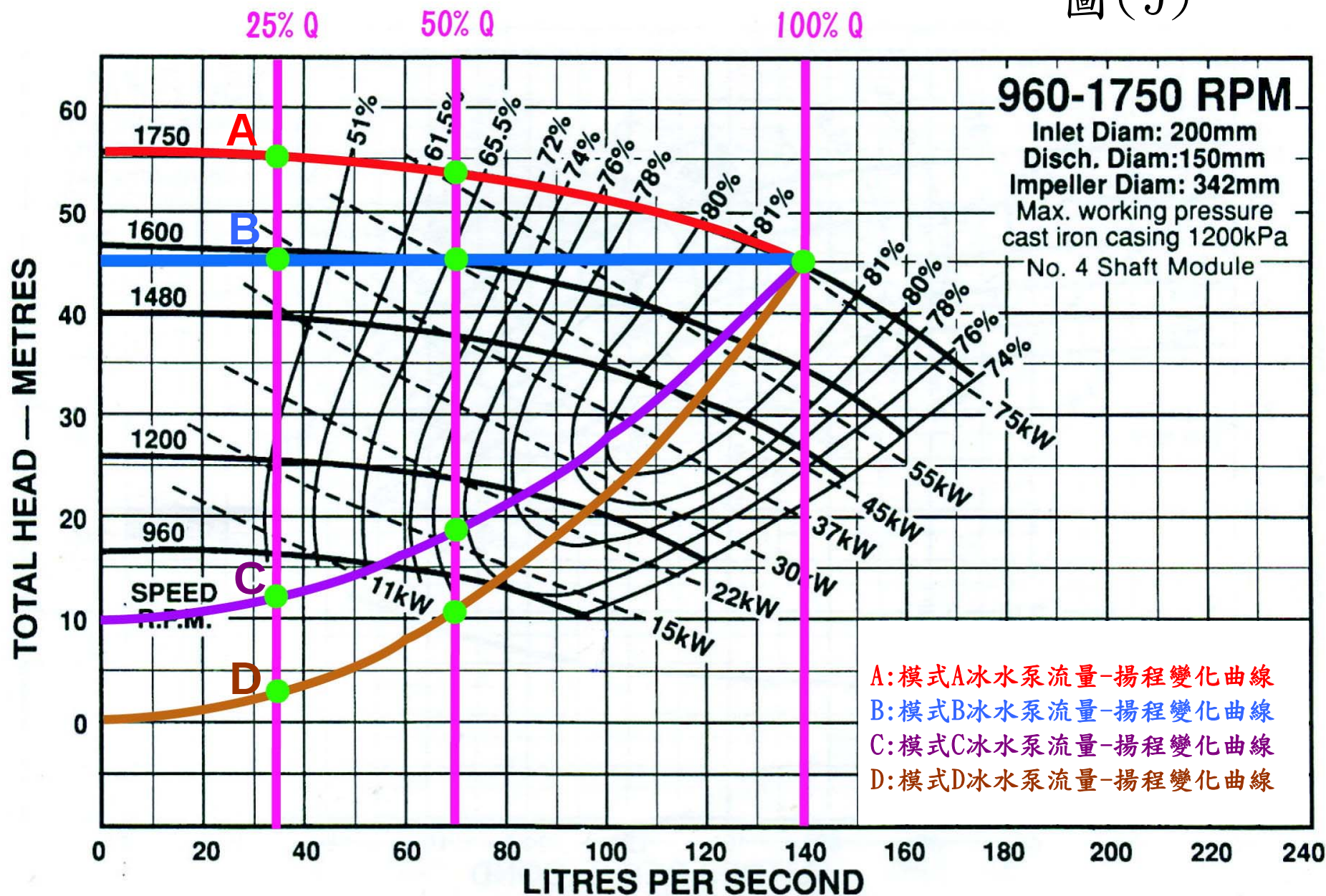
圖 (7) 模式C適用於「一台泵對多台AHU」



圖(8) 模式A、B、C、D的二次冰水泵



圖(9)

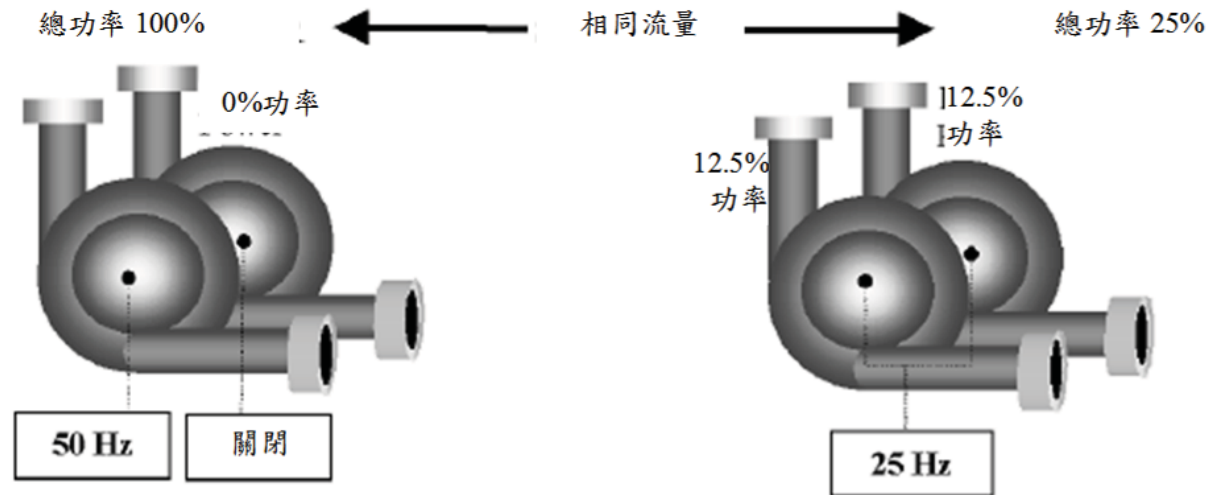


馬達節能應用的實際案例分析

這樣說對嗎？

■ 多部泵浦並聯

- 將兩部泵浦以**50%**額定流量操作，大約只需要單部泵浦**100%**運轉所需的**1/4**功率。
- 亦可消除系統起動時的高衝擊力。



泵浦併聯的傳動控制

相似定律的迷思

壹. 業界流行的大哉問：

循環水系統單泵運轉 60Hz 時，系統流量與壓力恰足供系統所需。如改為兩泵運轉，不但可提高可靠度（若一泵故障，另一泵可背起），還可以節省電力。

因為 若系統流量 Q ，則單泵供水時，泵流量 Q ，泵轉速 N ，泵消耗功率 BHP。

所以 若系統流量仍為 Q ，則雙泵供水時，泵流量降為 $1/2 Q$ 。根據相似定律，泵轉速應降為 $1/2 N$ ，泵消耗功率應降為 $1/8$ BHP，雙泵消耗功率共為 $1/4$ BHP。

因此，從單泵供水改為雙泵供水，消耗功率可降低 $3/4$ 。對嗎？

貳. 專家周龍賓大哉答：

根據常識判斷是不可能的，實務經驗也沒這回事！這是誤用相似定律的謬論！

據我所知這謬論來自變頻器供應商——恨只恨那不是事實，否則他的變頻器必可大賣！我畫了下圖帮助大家思考清楚，即可知其謬論錯在何處！

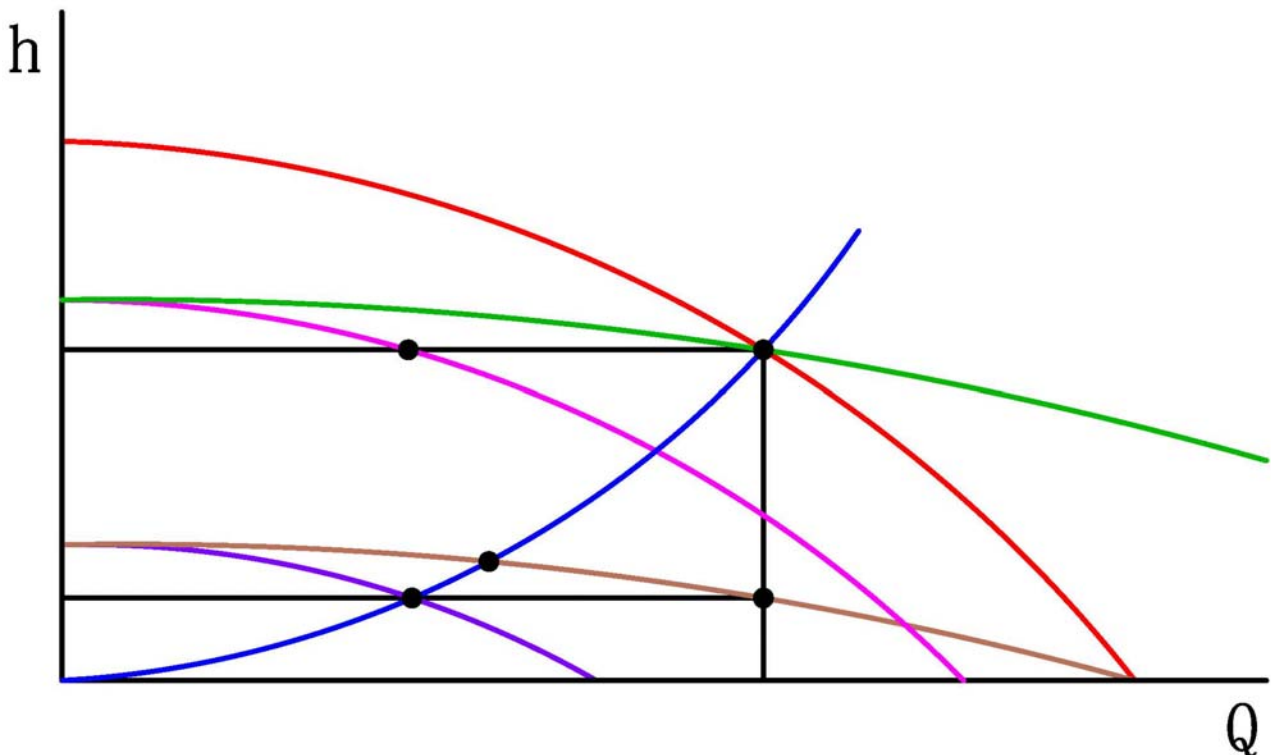


圖 (10) 壓差感測位置那裡最好？

位置 A：供水與回水管最上游—冰水機房內

- 效果：1. 部份負載時，下游負載出入水兩端壓力差上升。
2. 節能效果不是最大。
3. 感測傳訊器在機房內易於管理。

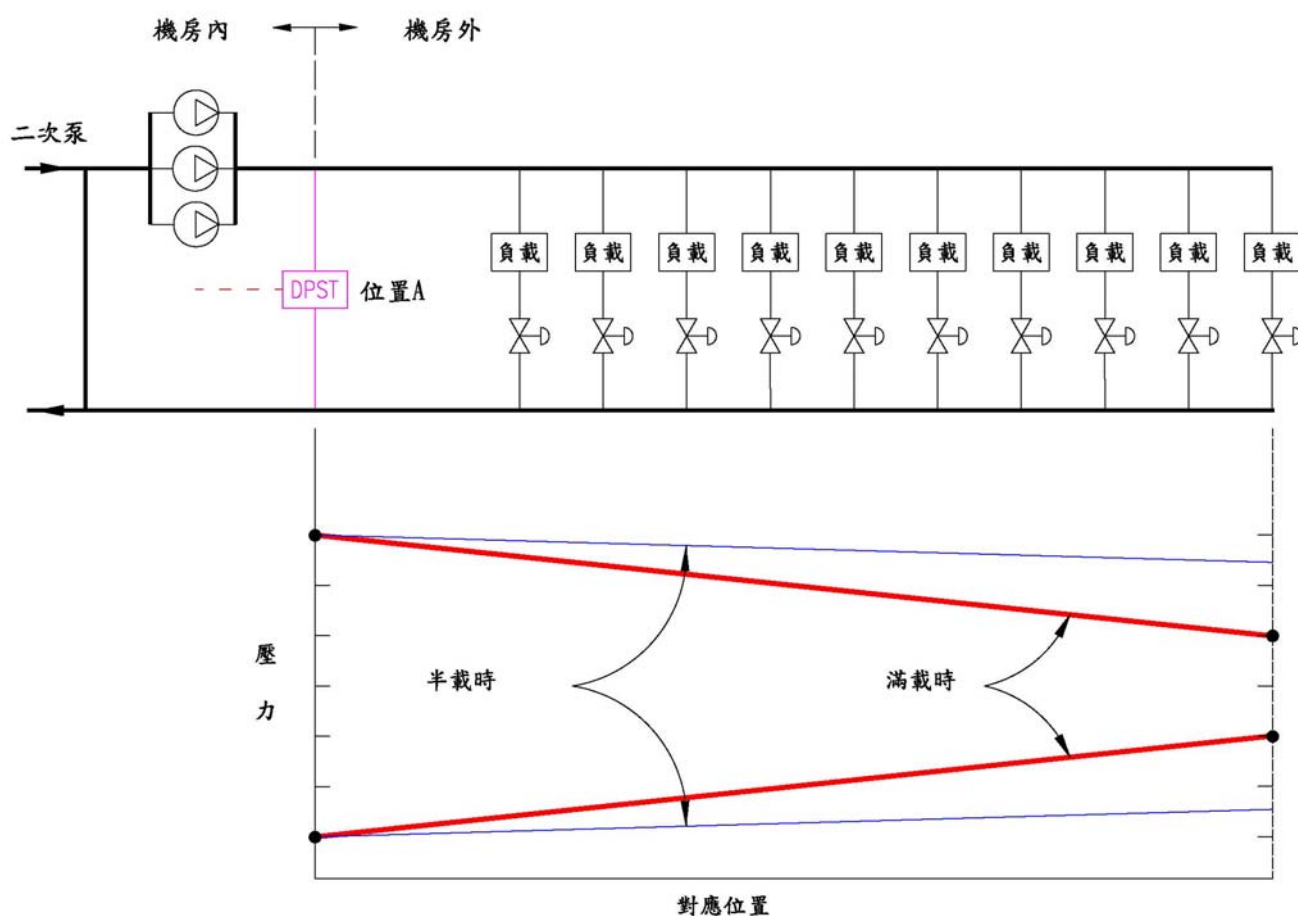


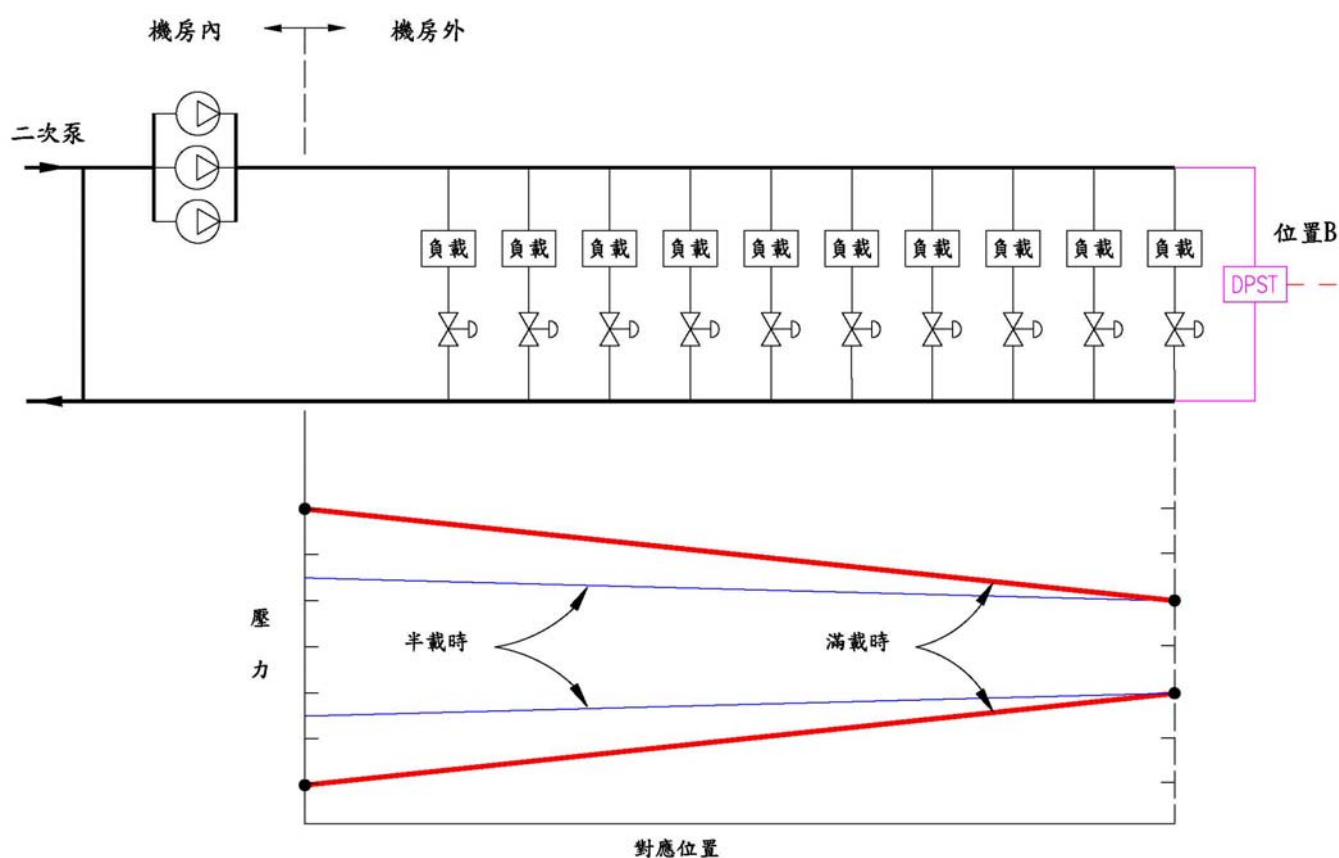
圖 (11) 壓差感測位置那裡最好？

位置 B：供水與回水管最下游－供/回水管路最末端

效果：1. 部份負載時，上游負載出入水兩端壓力差下降。

2. 節能效果最大。

3. 感測傳訊器在機房外，管理較不方便。



附錄(2)

冰水機原理與性能數據

周龍賓 機械技師

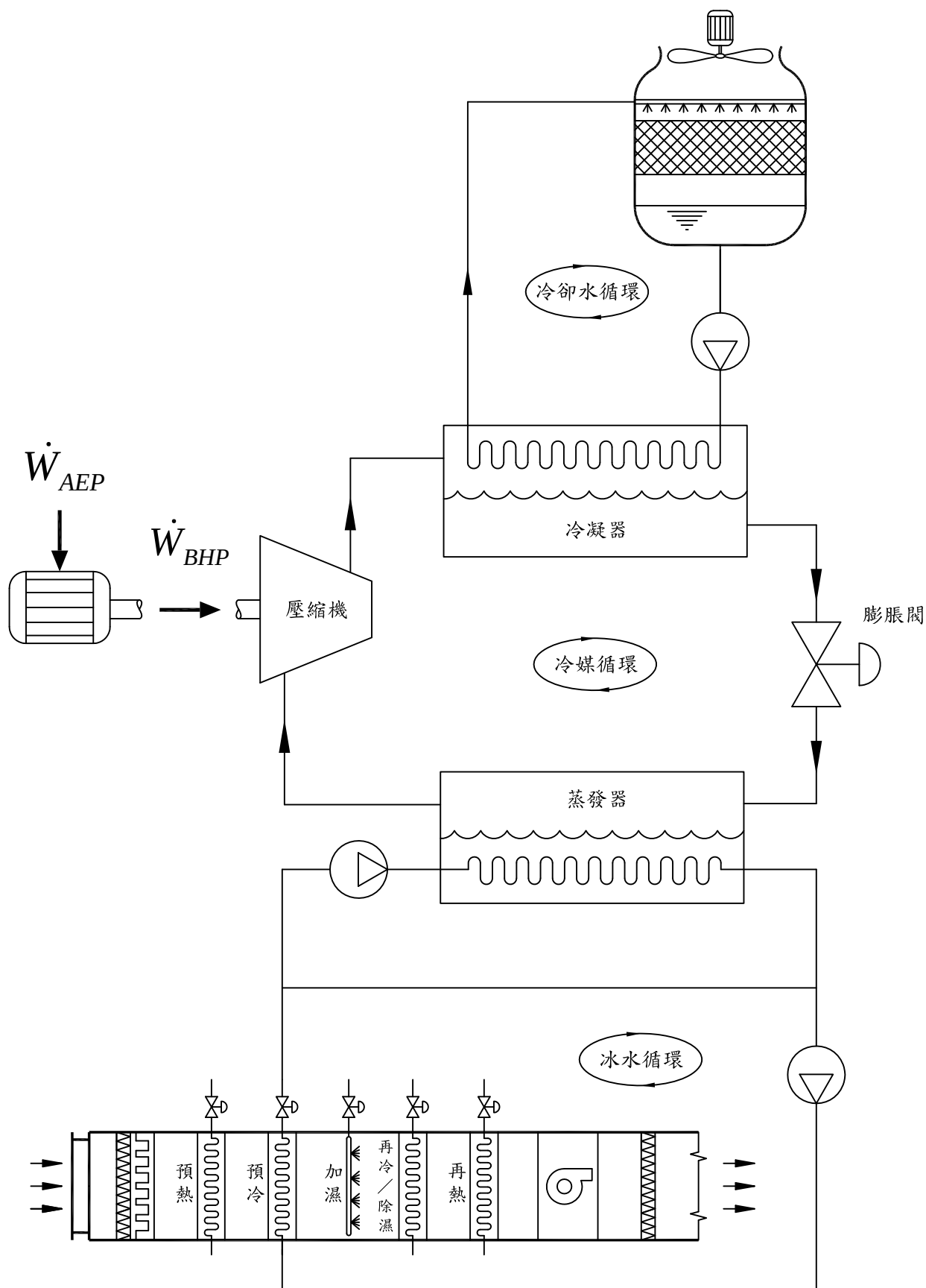
撰寫／報告

Taiwan  *Flux Technologies, Inc.*

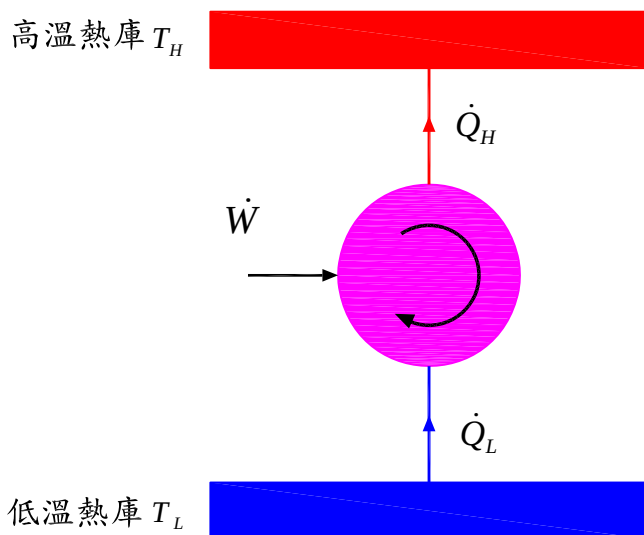
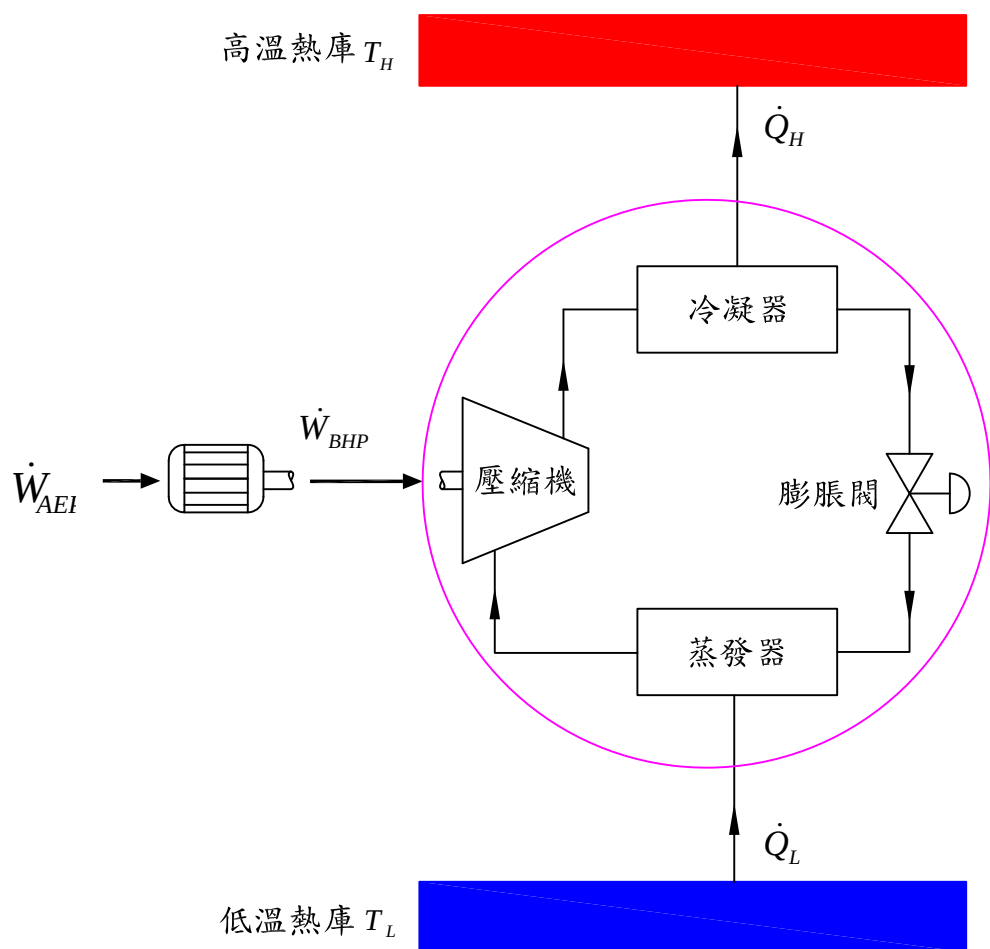
臺灣熱流科技股份有限公司

提供

圖(一) 冰水機冷媒/冰水/冷卻水流程示意圖



圖(二) 冷凍循環流程示意圖



表(1) A廠牌 1000RT冰水機資料 (型號：A1000-2~5)

1) 選機條件：冷卻水3000GPM，入水溫度32℃/冰水2400GPM，出水溫度穩定不變，惟依下表列出值。

2) 運轉條件：冰水定流量率2400GPM，出水溫度穩定不變，惟依下表列出值。

冷卻水定流量率3000GPM，入水溫度穩定不變，惟依下表列出值。

3)

負載與負載率 耗電率與kW/R 冰水溫度 冷卻水條件		1000RT	900RT	800RT	700RT	600RT	500RT	400RT	300RT	200RT
		100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%
32℃	5℃	665	598	526	463	406	352	302	/	/
		0.665	0.664	0.658	0.661	0.677	0.704	0.755	/	/
	7℃	623	557	490	431	378	328	285	/	/
		0.623	0.619	0.613	0.616	0.630	0.656	0.713	/	/
	10℃	549	484	429	379	333	290	250	/	/
		0.549	0.538	0.536	0.541	0.555	0.580	0.625	/	/
	14℃	457	399	353	312	275	239	205	172	/
		0.457	0.443	0.441	0.446	0.458	0.478	0.513	0.573	/
20℃	5℃	517	463	414	370	328	288	248	208	168
		0.517	0.514	0.518	0.529	0.547	0.576	0.620	0.693	0.840
	7℃	476	427	383	342	303	266	229	192	155
		0.476	0.474	0.479	0.489	0.505	0.532	0.573	0.640	0.775
	10℃	403	364	327	293	261	229	198	166	134
		0.403	0.404	0.409	0.419	0.435	0.458	0.495	0.553	0.670
	14℃	322	292	263	236	212	188	163	138	113
		0.322	0.324	0.329	0.337	0.353	0.376	0.408	0.460	0.565

表(2) 冰水機冷媒狀態 VS. 冷卻水／冰水溫度

介質名稱	標準型冰水機	高效型冰水機	超高效冰水機
冷卻水溫	30℃	30℃	30℃
冷媒溫度	33℃	32℃	31℃
冰水溫度	7℃	7℃	7℃
冷媒溫度	4℃	5℃	6℃
銅管表面狀況	內光滑 外光滑	內光滑 外螺紋	內螺紋 外螺紋

註：上表所列冷媒溫度為概念值，實際值因廠牌／型號而異，詳情洽廠商。表列概念值是在冰水機滿載而且冷凝器／蒸發器的冷卻水／冰水銅管內無水垢外無油膜的理想狀態所測溫度。

表(3) TABLE6.8.1J Minimum Efficiencies for Centrifugal Chillers >300 tons

Centrifugal Chillers >300 Tons COPstd = 6.10 ; IPLVstd = 6.40														
Leaving Chilled Water Temperature	Entering Condenser Water Temperature	LIFT ^a	Condenser Flow Rate											
			2 gpm/ton		2.5 gpm/ton		3 gpm/ton		4 gpm/ton		5 gpm/ton		6 gpm/ton	
(°F)	(°F)	(°F)	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c	COP	NPLV ^c
40	75	35	6.23	6.55	6.50	6.83	6.68	7.01	6.91	7.26	7.06	7.42	7.17	7.54
40	80	40	5.63	5.91	6.00	6.30	6.20	6.52	6.43	6.76	6.56	6.89	6.65	6.98
40	85	45	4.68	4.91	5.26	5.53	5.58	5.86	5.90	6.20	6.07	6.37	6.17	6.48
41	75	34	6.33	6.65	6.60	6.93	6.77	7.12	7.02	7.37	7.18	7.55	7.30	7.67
41	80	39	5.77	6.06	6.11	6.42	6.30	6.62	6.52	6.85	6.65	6.99	6.74	7.08
41	85	44	4.90	5.15	5.44	5.71	5.72	6.01	6.02	6.33	6.17	6.49	6.27	6.59
42	75	33	6.43	6.75	6.69	7.03	6.87	7.22	7.13	7.49	7.31	7.68	7.44	7.82
42	80	38	5.90	6.20	6.21	6.53	6.40	6.72	6.61	6.95	6.75	7.09	6.84	7.19
42	85	43	5.11	5.37	5.60	5.88	5.86	6.16	6.13	6.44	6.28	6.59	6.37	6.69
43	75	32	6.52	6.85	6.79	7.13	6.98	7.33	7.26	7.63	7.45	7.83	7.60	7.98
43	80	37	6.02	6.32	6.31	6.63	6.49	6.82	6.71	7.05	6.85	7.19	6.94	7.30
43	85	42	5.30	5.57	5.74	6.03	5.98	6.28	6.24	6.55	6.37	6.70	6.46	6.79
44	75	31	6.61	6.95	6.89	7.23	7.09	7.45	7.40	7.77	7.61	8.00	7.77	8.16
44	80	36	6.13	6.44	6.41	6.73	6.58	6.92	6.81	7.15	6.95	7.30	7.05	7.41
44	85	41	5.47	5.75	5.87	6.17	6.10	6.40	6.33	6.66	6.47	6.79	6.55	6.89
45	75	30	6.71	7.05	6.99	7.35	7.21	7.58	7.55	7.93	7.78	8.18	7.96	8.36
45	80	35	6.23	6.55	6.50	6.83	6.68	7.01	6.91	7.26	7.06	7.42	7.17	7.54
45	85	40	5.63	5.91	6.00	6.30	6.20	6.52	6.43	6.76	6.56	6.89	6.65	6.98
46	75	29	6.80	7.15	7.11	7.47	7.35	7.72	7.71	8.10	7.97	8.37	8.16	8.58
46	80	34	6.33	6.65	6.60	6.93	6.77	7.12	7.02	7.37	7.18	7.55	7.30	7.67
46	85	39	5.77	6.06	6.11	6.42	6.30	6.62	6.52	6.85	6.65	6.99	6.74	7.08
47	75	28	6.91	7.26	7.23	7.60	7.49	7.87	7.89	8.29	8.18	8.59	8.39	8.82
47	80	33	6.43	6.75	6.69	7.03	6.87	7.22	7.13	7.49	7.31	7.68	7.44	7.82
47	85	38	5.90	6.20	6.21	6.53	6.40	6.72	6.61	6.95	6.75	7.09	6.84	7.19
48	75	27	7.01	7.37	7.36	7.74	7.65	8.04	8.09	8.50	8.41	8.83	8.64	9.08
48	80	32	6.52	6.85	6.79	7.13	6.98	7.33	7.26	7.63	7.45	7.83	7.60	7.98
48	85	37	6.02	6.32	6.31	6.63	6.49	6.82	6.71	7.05	6.85	7.19	6.94	7.30
Condenser DT ^b			14.04		11.23		9.36		7.02		5.62		4.68	

^a LIFT = Entering Condenser Water Temperature — Leaving Chilled Water Temperature

^b Condenser DT = Leaving Condenser Water Temperature (°F) — Entering Condenser Water Temperature (°F)

^c All NPLV values shown are NPLV except at conditions of 3 gpm/ton Condenser Flow Rate with 44°F Leaving Chilled Water Temperature and 85°F Entering Condenser Water Temperature which is IPLV

$K_{adj} = 6.1507 - 0.30244(X) + 0.0062692(X)^2 - 0.000045595(X)^3$, where X = Condenser DT + LIFT

$COP_{adj} = K_{adj} * COP_{std}$

表 (3) 註解

Understanding IPLV/NPLV

By: John Fabian

The Integrated Part Load Value (IPLV) is a performance characteristic developed by the Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI). It is most commonly used to describe the performance of a chiller capable of capacity modulation. Unlike an EER (Energy Efficiency Ratio) or COP (coefficient of performance), which describes the efficiency at full load conditions, the IPLV is derived from the equipment efficiency while operating at various capacities. Since a chiller does not always run at 100% capacity, the EER or COP is not an ideal representation of the typical equipment performance. The IPLV is a very important value to consider since it can affect energy usage and operating costs throughout the lifetime of the equipment. Energy codes such as ASHRAE Standard 90.1 specifies minimum values for the equipment.

The IPLV is calculated using the efficiency of the equipment while operating at capacities of 100%, 75%, 50%, and 25%. For the purpose of chiller equipment, the operational conditions are shown in Table 3 of AHRI Standard 550/590-2003. A water cooled chiller, for example, is required to run at a 44°F evaporator LWT with a flow rate of 2.4 gpm/ton. The condenser EWT will vary depending on the part load capacity utilizing a 3.0 gpm/ton flow rate. If a chiller is designed to operate at different conditions than specified in Table 3, including lower water temperature or different flow rate, the efficiency is called a NPLV (non-standard part load value). Both of these ratings can be calculated using the following equation:

$$\text{IPLV (or NPLV)} = 0.01A + 0.42B + 0.45C + 0.12D$$

Where:

A = COP or EER @ 100% Load

B = COP or EER @ 75% Load

C = COP or EER @ 50% Load

D = COP or EER @ 25% Load

The derivation of this equation is extensive and includes various assumptions which create a lengthy discussion. For more information refer to Appendix D, AHRI 550/590-2003.

附錄(3)

雙溫度冰水負載規劃

周龍賓 機械技師

撰寫／報告

Taiwan  *Flux Technologies, Inc.*

臺灣熱流科技股份有限公司

提供

雙溫度冰水負載規劃

A

A

一. 空調冷房規格與露點溫度

B

B

應用場所 ，或產業	乾球溫度 DB，℃	相對濕度 RH，%	濕球溫度 WB，℃	露點溫度 DP，℃	冰水溫度 ℃
一般空調 (General HVAC)	24.0	60.0	18.5	15.6	≤ 11.6
		70.0	20.0	18.0	≤ 14.0
	25.0	60.0	19.4	16.5	≤ 12.5
		70.0	20.9	19.0	≤ 15.0
	26.0	60.0	20.2	17.5	≤ 13.5
		70.0	21.8	20.0	≤ 16.0
晶圓產業 無塵室 (Wafer C/R)	22.0	43.0	14.3	8.7	≤ 5.0
薄膜電晶體 液晶顯像器 產業無塵室 (TFT-LCD C/R)	23.0	50.0	16.2	11.9	≤ 7.9
		55.0	17.0	13.3	≤ 9.3
		60.0	17.7	14.7	≤ 10.7

C

C

D

D

E

E

二. 冰水溫度規劃

1. 7°C 冰水

- a. 潔淨室相對濕度是由 MAU(Make-Up Air Handling Unit — 外氣補給空調箱)控制。也就是說，MAU 的出風露點溫度(Dew Point Temperature, 簡稱 DP)必須隨時控制在 $DP=13.3^{\circ}\text{C}$ ，或 12.4°C ，或 11.9°C ，或 11.8°C ，或 11.0°C 。
- b. 夏天時，MAU 出風 DP 由其第 2 道冰水盤管控制。將空氣冷卻，使其中的水蒸汽凝結成水，降低空氣的絕對溼度，即可控制空氣的露點溫度穩定不變，等於設定值 $DP=13.3^{\circ}\text{C}$ ，或 12.4°C ，或 11.9°C ，或 11.8°C ，或 11.0°C 。
- c. 為了控制 $DP=10.3^{\circ}\text{C}$ ，必須使用冰水溫度 CHWT 低於 DP。兼顧初置成本(Initial Cost)與運轉節能，冰水溫度 CHWT 大都依下式決定

$$(DP-5^{\circ}\text{C}) \leq \text{CHWT} \leq (DP-3^{\circ}\text{C})$$

TFT-LCD 同業幾乎全部選用 $\text{CHWT}=7^{\circ}\text{C}$

- d. 後文中偶爾稱這 7°C 冰水為「低溫冰水」
- e. 若日後運轉工況容許調整，應儘可能把 CHWT 調高，可節省電費。因為同一台冰水機出水溫度愈低愈耗電。

2. 14°C 冰水

- a. 冰水溫度愈高，冰水機愈省電。

舉例來說：

有兩台工藝水平相仿的冰水機。其中一台產製 7°C 冰水，另一台產製 14°C 冰水，但兩台的製冷負載都是 1000 RT。 14°C 的冰水機一定比 7°C 的冰水機省電，而且省很多。大約可省電 25~40% 的電，惟依工況而定。而且，若這兩種冰水機有相同工藝質量與製冷能力，則 14°C 冰水機較低價。

- b. 冰水使用原則：

(i) 儘量避免使用 7°C 冰水。不得不用之處，才勉強使用。

(ii) 儘量協調，或變更設計，或變更規格，將低溫冰水負載改用溫度較高的冰水，例如 14°C。

(iii) 14°C 是 TFT-LCD 同業普遍使用的第二種溫度冰水溫度，是經過許多專家嚴格評估最經濟的冰水溫度。

c. 後文中偶爾稱此 14°C 冰水為「中溫冰水」。不稱之為「高溫冰水」是因為「高溫」與「冰水」似有矛盾。

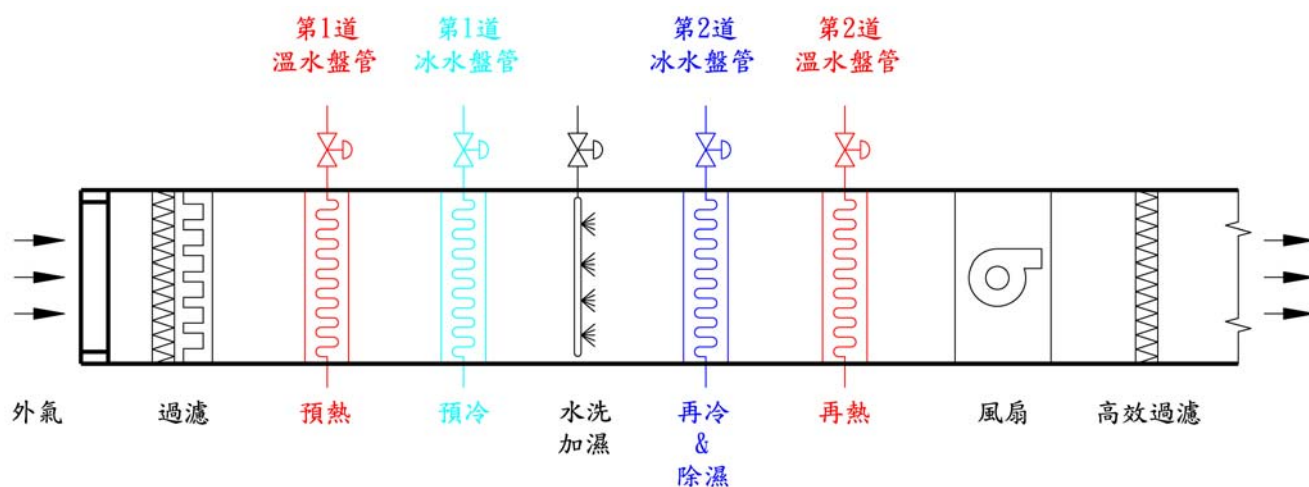
三. 冰水負載規劃

1. 冰水主要負載一覽表

負載 冰水	MAU第1道 冰水盤管	MAU第2道 冰水盤管	AHU中溫 冰水盤管	AHU低溫 冰水盤管	DCC	PCW	CDA 末段 冷卻	純水 冷卻	一般 空調
7°C 冰水		●		●					
14°C 冰水	●		●		●	●	●	●	●

2. 冰水負載規劃說明

MAU (Make-Up Air Handling Unit, 外氣補給空調箱)



附錄(4)

異溫雙水路併為單水路 連環圖說

周龍賓 機械技師

撰寫／報告

Taiwan  *Technologies, Inc.*

臺灣熱流科技股份有限公司

提供

1

2

3

4

5

6

臺灣熱流

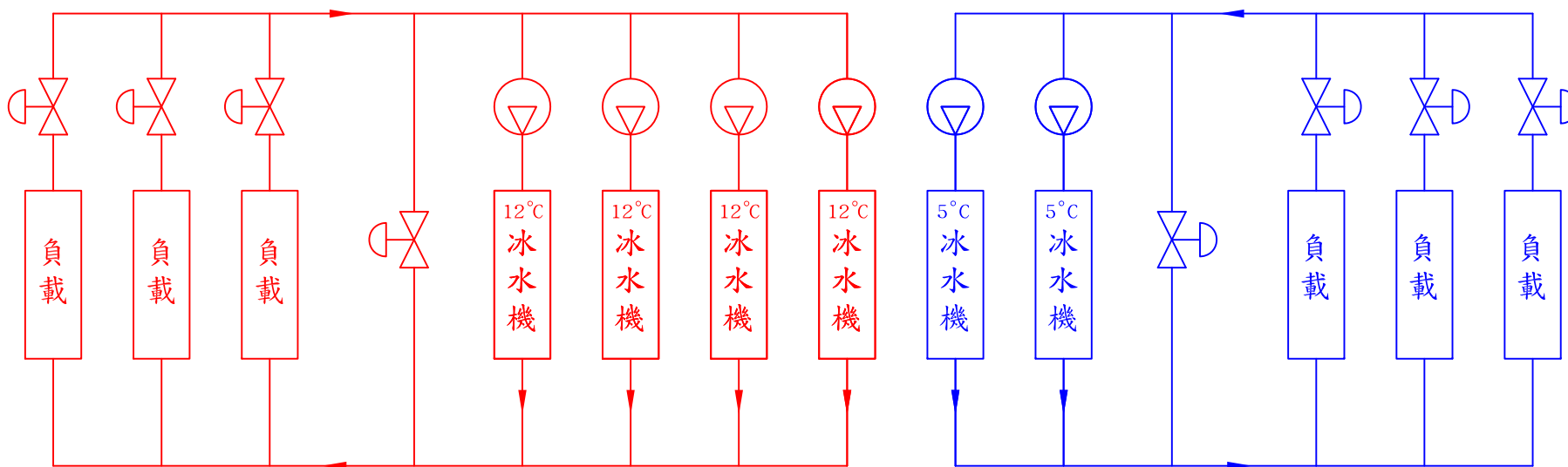
A

B

C

臺灣熱流

圖(1) 不同溫度的兩個獨立水路系統如何併成單一個水路？



臺灣熱流

A

B

C

臺灣熱流

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6

A

A

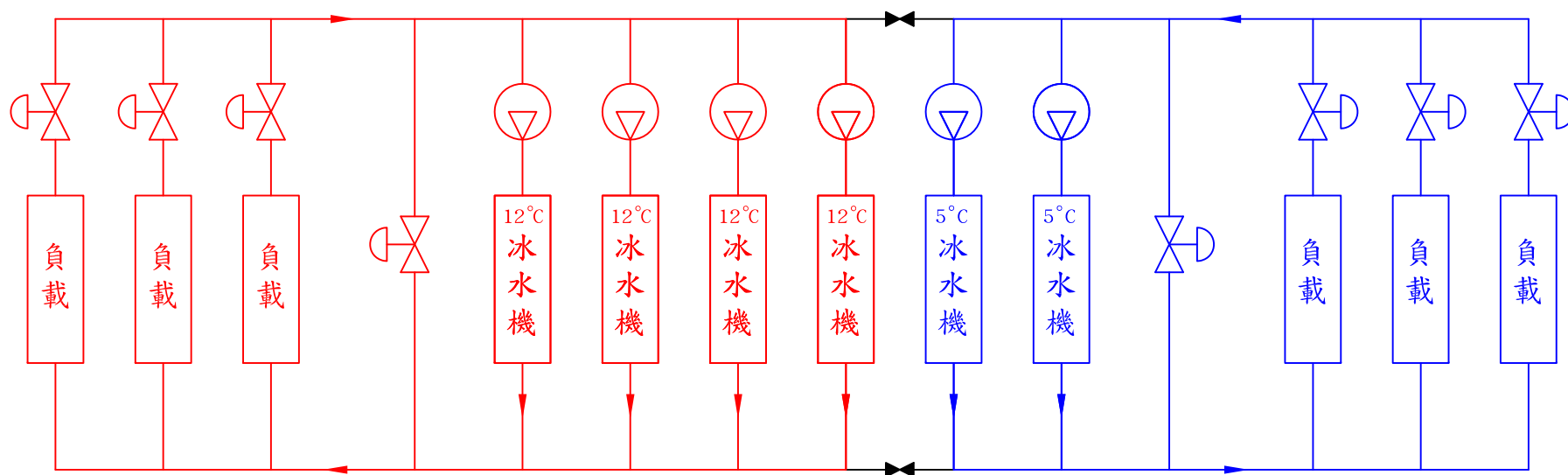
B

B

C

C

圖(2) 先用水管連起來；水管上的閥保持關閉。沒問題吧？



1

2

3

4

5

6

臺灣熱流

A

B

C

臺灣熱流

臺灣熱流

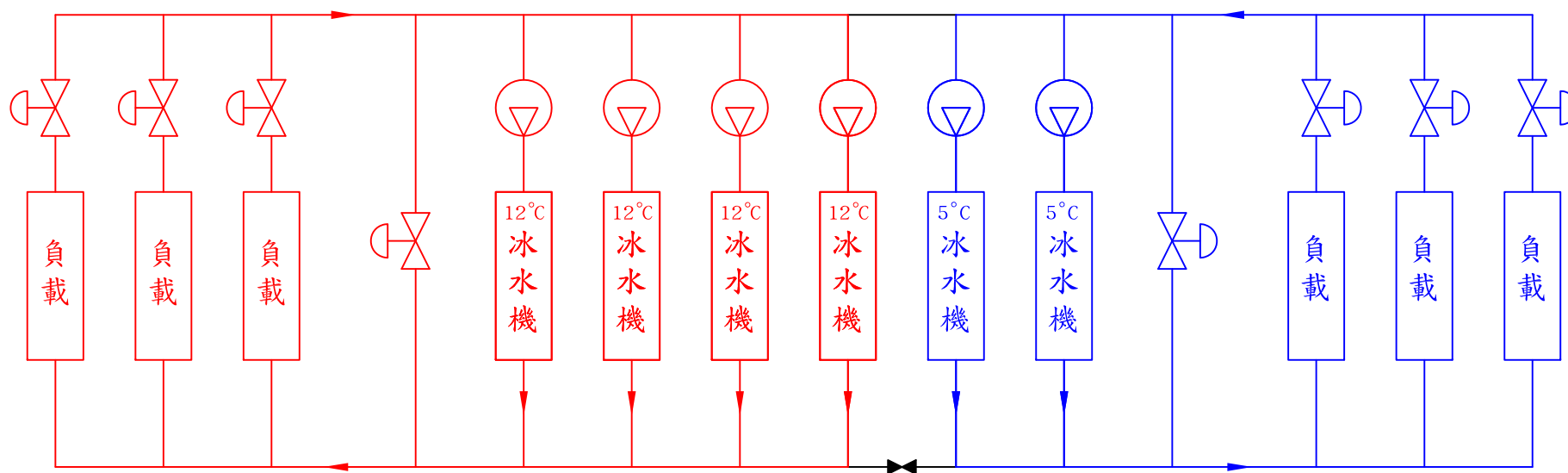
A

B

C

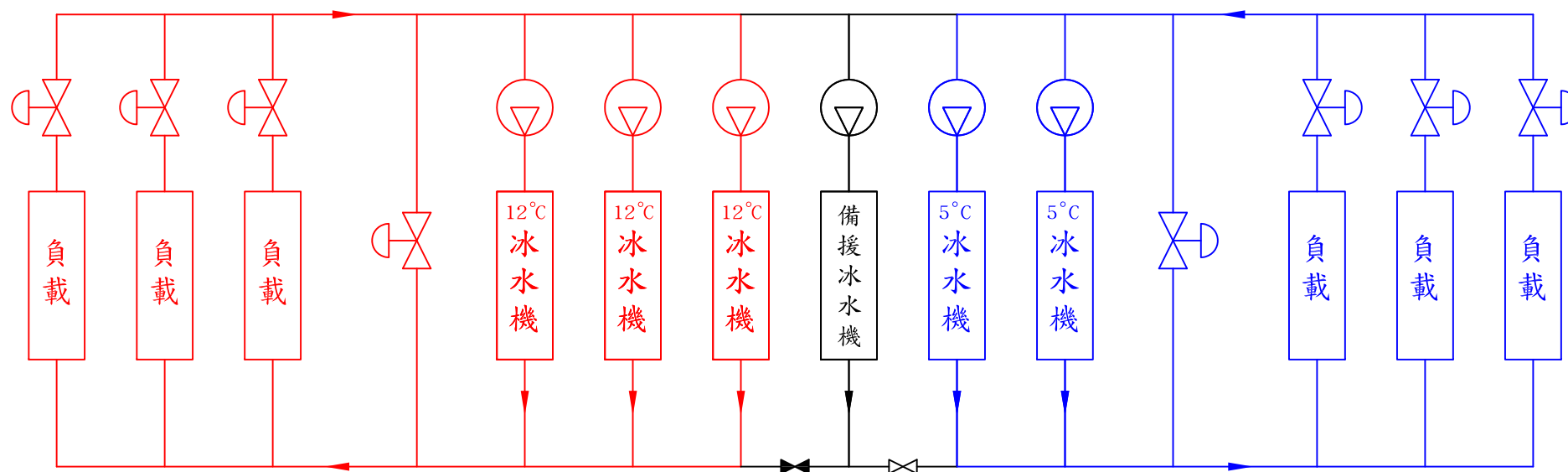
臺灣熱流

圖(3)上面那個閥不用裝了！下面那個閥保持關閉！可以嗎？



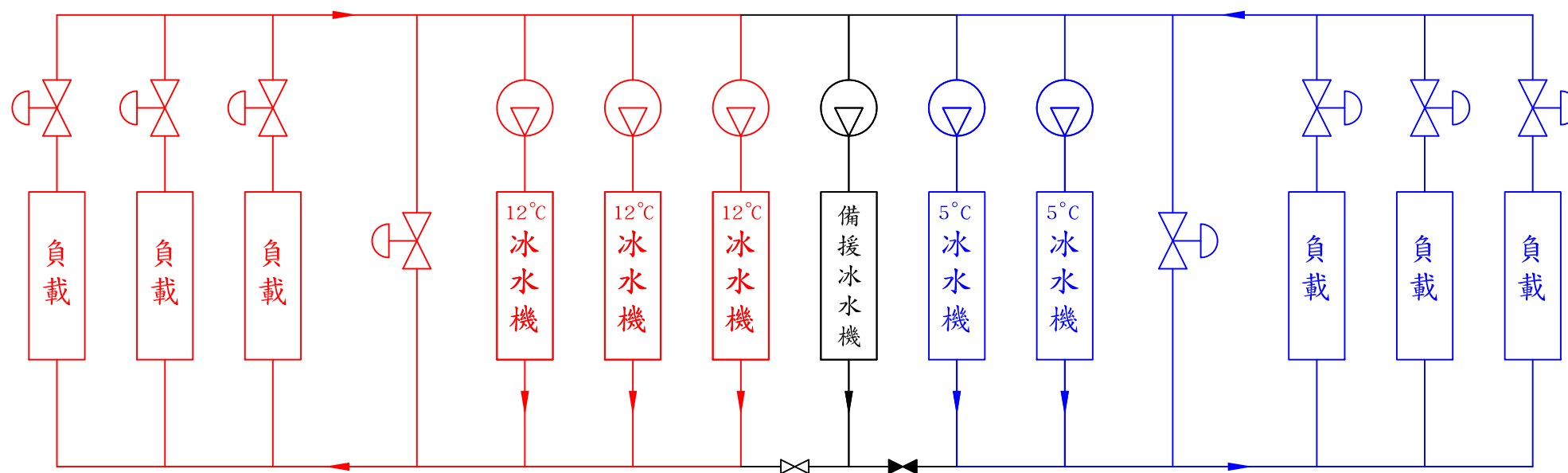
圖(4) 多裝一個閥就可以讓左右兩個系統分享同一台備援冰水機。
很好吧？

右閥開／左閥關，備援冰水機就可支援5°C冰水系統。

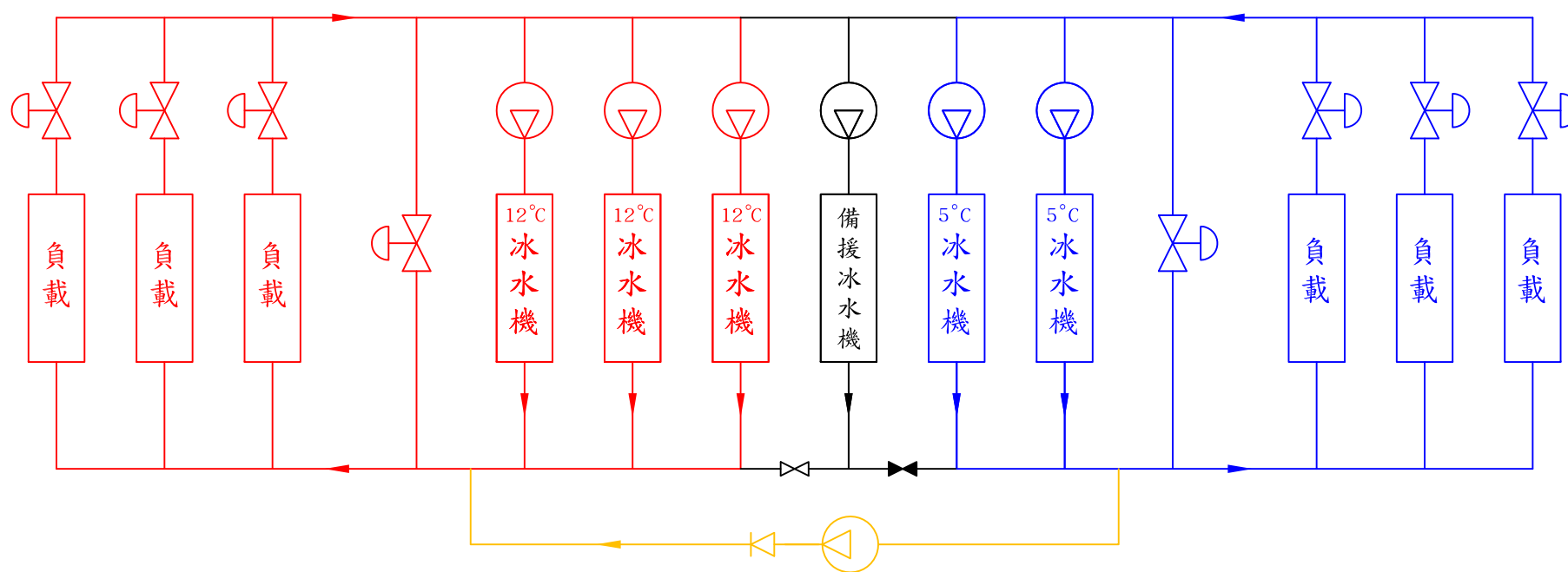


圖(5) 右閥關／左閥開，備援冰水機就可支援12°C冰水系統。

很好吧？



圖(6) 若寒冬還得開一台 5°C 冰水機卻因負載率太低而喘振，
多裝一段管／一組泵就可以把5°C 冰水送給12°C 系統用，
以提高那台5°C 冰水機的負載率。很好吧？



附錄(5)

熱交換器中，

1. 因為冰水溫度夠低，

所以冰水流量夠低。

2. 因為冰水流量夠低，

所以冰水溫差夠高。

已上說明冰水高溫差的成因

周龍賓 機械技師 撰寫／報告

附錄(6)

空調箱冰水控制閥 閉環路 PID 控制行為

周龍賓 機械技師

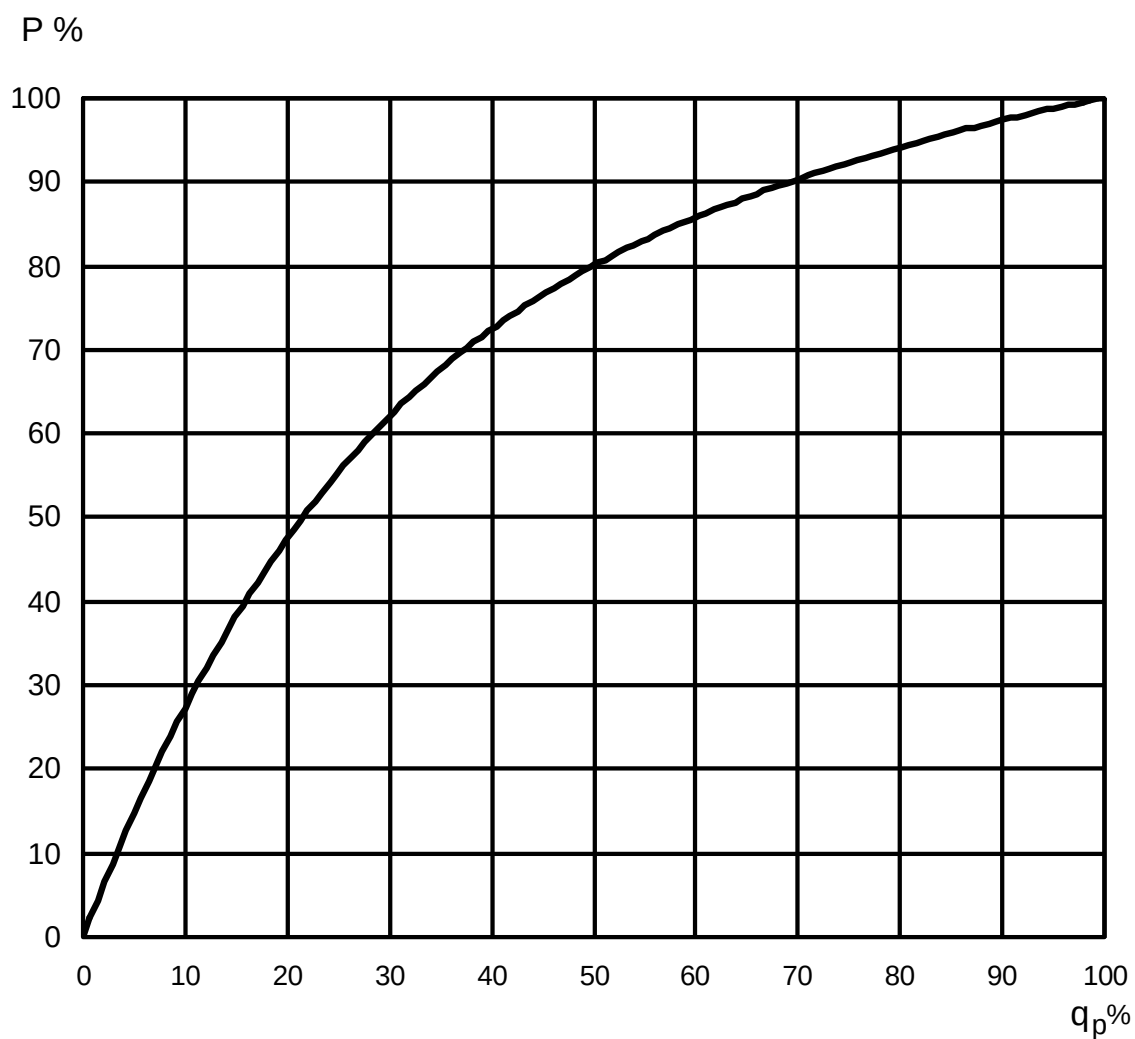
撰寫／報告



臺灣熱流科技股份有限公司

提供

圖(1) 空調箱或冷風機的性能曲線

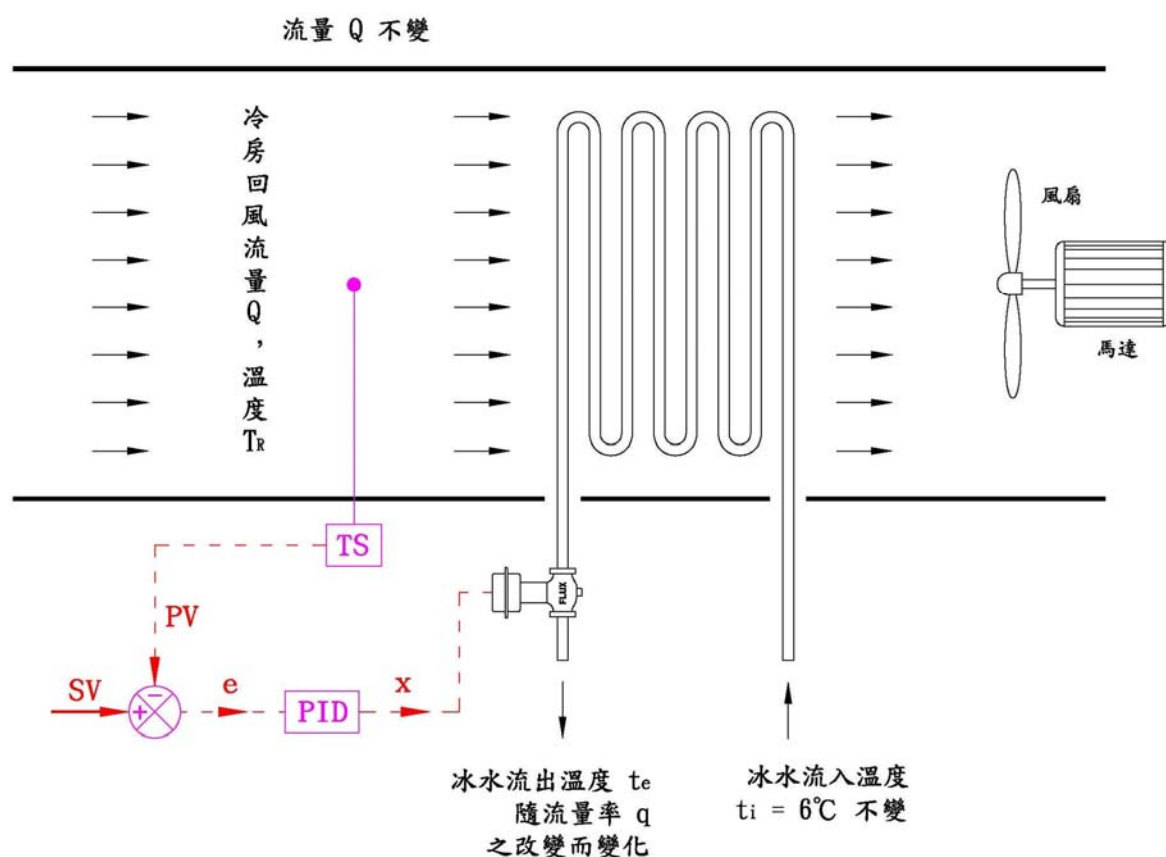


Cooling coil working under following condition :

Water : 6 °C inlet / 12 to 24 °C return

Air : 24 °C inlet / 16 to 24 °C outlet

圖(2) 空調箱回風定溫度控制示意圖



SV : Set Value (設定值)，意義為 *Reference Input* (基準輸入)

PV : Process Variable (製程變數)，意義為 *Feedback* (回饋)

e : Controlled Error (控制誤差)

$$e = SV - PV$$

PID : Proportional – Integral – Derivative Operator (or Amplifier)

比例 — 積分 — 微分 運算器 (或 放大器)

x : PID 的輸出

$$x = K_p e + K_i \int_0^t e dt + K_d \frac{de}{dt}$$

A

A

K_p : *Proportional Control Gain* (比例增益)

$$K_p = \frac{K}{P}, \text{ 其中 } K \text{ 為廠家內建之常數}$$

P 為 *Proportional Band* (比例帶)

B

B

K_I : *Integral Control Gain* (積分增益)

$$K_I = \frac{K}{I}, \text{ 其中 } I \text{ 為 } \textit{Integral Time Constant} \text{ (積分時間常數)}$$

C

C

K_D : *Derivative Control Gain* (微分增益)

$$K_D = DK, \text{ 其中 } D \text{ 為 } \textit{Derivative Time Constant} \text{ (微分時間常數)}$$

D

D

例：空調箱擬控制冷房溫度於 24.0°C ，故設定值 $SV=24.0^{\circ}\text{C}$ 。

若目前回風溫度 24.1°C ，且已穩定持續 1 小時

$$\text{則 } e = PV - SV = 0.1$$

$$x = K_p e + K_I \int_0^t e dt$$

$$\text{若 } K_p = 20, K_I = 10$$

$$\text{則 } x = 20 \times 0.1 + 10 \times (0.1 \times 0.001 + 0.1 \times 0.001 + \dots) = 3602$$

E

E

$$\text{註：} \int_0^t e dt = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n e_i \Delta t, \text{ 其中 } \Delta t = \frac{t}{n}$$

F

F

若數位演算器對類比訊號 PV 之取樣率 (*Sampling Rate*) 為 1000Hz ，意思為每秒取樣 1000 次。意即每隔 0.001 秒的時段 Δt 取樣一次，並立即積分演算 ($e \times \Delta t$)，積分值立即累加一筆。

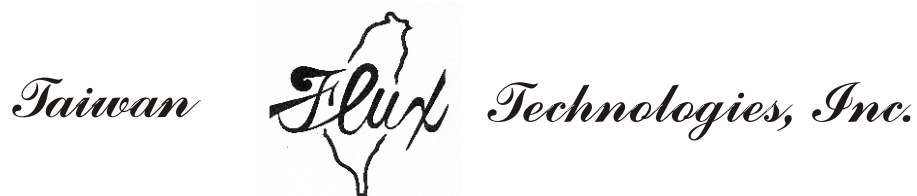
周龍賓 簡歷

基本資料

姓 名	周 龍 賓	出生日期	民國 44 年 12 月 17 日	戶籍地	高 雄 市
服 務 單 位	臺灣熱流科技股份有限公司 地 址：台北市內湖路二段 179 巷 51 號				
通 訊 資 料	電 話：(02)2792 6898 傳 真：(02)2792 6060 手 機：0932 741 238				
	http://www.fluxtek.com.tw E-mail: fluxtek@ms21.hinet.net				
學 歷	研 究 所	國立臺灣工業技術學院(現名 臺灣科技大學)機械研究所 碩士			
	大 學 部	國立臺灣工業技術學院(現名 臺灣科技大學)機械系 工學士			
	工 業 專 科	國立高雄工業專科學校(現名 高雄科技大學)機械科(五年) 畢業			
考 試 資 格	工 業 技 師	民國 65 年全國性工業技師高等考試(機械技師) 及格			
	公 務 人 員	民國 65 年全國性公務人員普通考試 及格			
	公 務 人 員	民國 65 年全國性公務人員高等考試 及格			

經歷

服 務 單 位	起 迄 時 間	職 稱	工 作 內 容
臺灣熱流科技股份有限公司	84 年 7 月～今日	經理	水工、空調、控制系統技術研發推廣
英商莫特麥克唐納工程顧問股份有限公司	97 年 12 月～今日	技術顧問 執業技師	產業節能技術輔導 機械工程設計支援
中衛技術發展中心	91 年 1 月～今日	講師	任教空調系統設計暨 省能運轉實務課程
中華民國機械停車設備學會技術暨鑑定委員會	88 年 10 月～今日	主任委員	機械停車設備技術 諮詢與安全鑑定
工業技術研究院 能源與資源研究所	87 年 3 月～今日	講師	任教空調系統設計暨 省能運轉實務課程
中國技術服務社 能源技術服務中心	83 年 6 月～今日	顧問、講師	產業節能技術輔導 能源管理教育訓練
利邦股份有限公司	79 年 6 月～84 年 6 月	經理	水工、空調、控制系統技術研發推廣
合欣工程公司	74 年 6 月～今日	主任技師	工程設計、施工指導
私立亞東工專	74 年 6 月～76 年 7 月	講師	任教機械科熱力學 流體力學、工程力學
私立明志工專	72 年 6 月～74 年 9 月	講師	任教機械科熱力學 流體力學、工程力學
高雄港務局	67 年 8 月～68 年 9 月	技士	船舶機械設計建造與 維修保養
聯勤 205 兵工廠	65 年 9 月～67 年 7 月	機械士	槍械製程設計、規劃、建置



臺灣熱流科技股份有限公司

台北市內湖區內湖路2段179巷51號

電話：+ 886 2 2792 6898 電郵：fluxtek@ms21.hinet.net

傳真：+ 886 2 2792 6060 網址：www.fluxtek.com.tw



崑山熱流設備系統有限公司

昆山市花園路國際藝術村228號106室

電話：+ 86 512 5782 7898 電郵：fluxsystem@vip.sina.com

傳真：+ 86 512 5782 7889 網址：www.fluxtek.cn