

台灣氣象數據與冰水機組IPLV 試驗條件之分析

柯明村



國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系

內容

- 討論主題一 AHRI551/591 試驗差異分析
CNS12575
- 討論主題二 台灣氣象資料分析
- 討論主題三 ASHRAE Bin方法
- 討論主題四 IPLV試驗條件分析
- 討論主題五 空調水系統效率分析

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 2/37

內容

- 討論主題一 AHRI551/591 試驗差異分析
CNS12575
- 討論主題二 台灣氣象資料分析
- 討論主題三 ASHRAE Bin方法
- 討論主題四 IPLV試驗條件分析
- 討論主題五 空調水系統效率分析

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 3/37

AHRI標準551/591-2023 (SI)與CNS12575-2007差異分析

		AHRI 551/591-2023 (SI)	CNS12575-2007
水冷式冷凝器			
部份 負載 定額 條件	100%負載進水溫度, °C	30.00	30.0 ± 0.5
	75%負載進水溫度, °C	24.50	24.0 ± 0.5
	50%負載進水溫度, °C	19.00	19.0 ± 0.5
	25%負載進水溫度, °C	19.00	19.0 ± 0.5
	流量(L/s kW)	滿載額定條件流量	12.5 L/min/RT ± 5%

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 4/37

台灣氣象資料分析

□ 分割後原始氣象數據。以2022年台北為例：

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 9/37

台灣氣象資料分析

□ 以ASHRAE 濕空氣性質公式進行逐時計算後之氣象數據。以2021年新竹為例：

年	月	日	星期	時刻	乾球溫度°C	相對濕度%	濕球溫度°C	全天空日射量MJ/m ²	總含濕量g/kg	總含濕量g/kg	空氣焓值kJ/kg	露球溫度°C
2021	1	1	星期五	1	10.7	67.0	1022.90	0.00	5.29	24.09	7.6	
2021	1	1	星期五	2	10.7	66.0	1022.70	0.00	5.21	23.89	7.7	
2021	1	1	星期五	3	10.9	65.0	1022.40	0.00	5.20	24.08	7.8	
2021	1	1	星期五	4	11.0	64.0	1022.40	0.00	5.15	24.06	7.8	
2021	1	1	星期五	5	11.2	64.0	1022.50	0.00	5.22	24.44	7.9	
2021	1	1	星期五	6	11.4	64.0	1022.40	0.00	5.29	24.82	8.1	
2021	1	1	星期五	7	11.5	64.0	1022.60	0.01	5.33	25.01	8.2	
2021	1	1	星期五	8	11.8	65.0	1022.70	0.17	5.52	25.80	8.6	
2021	1	1	星期五	9	12.6	62.0	1023.00	0.53	5.95	26.68	9.0	
2021	1	1	星期五	10	13.5	58.0	1022.60	1.04	5.51	27.49	9.3	
2021	1	1	星期五	11	14.3	57.0	1021.80	1.38	5.71	28.81	9.9	
2021	1	1	星期五	12	15.6	55.0	1020.60	1.62	6.06	30.67	10.7	
2021	1	1	星期五	13	15.3	56.0	1019.40	2.05	6.00	30.56	10.6	
2021	1	1	星期五	14	15.4	56.0	1018.70	1.58	6.04	30.77	10.7	
2021	1	1	星期五	15	15.4	58.0	1018.30	1.12	6.26	31.33	10.9	
2021	1	1	星期五	16	15.2	60.0	1018.60	0.75	6.39	31.46	11.0	
2021	1	1	星期五	17	14.1	63.0	1018.90	0.27	6.37	30.60	10.6	
2021	1	1	星期五	18	13.7	66.0	1019.40	0.01	6.38	29.90	10.3	
2021	1	1	星期五	19	13.8	67.0	1019.80	0.00	6.52	30.35	10.5	
2021	1	1	星期五	20	14.0	67.0	1020.30	0.00	6.60	30.76	10.7	
2021	1	1	星期五	21	14.0	67.0	1020.60	0.00	6.60	30.75	10.7	
2021	1	1	星期五	22	13.9	70.0	1020.50	0.00	6.85	31.30	10.9	

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 10/37

內容

- 討論主題一 AHRI551/591 試驗差異分析
CNS12575
- 討論主題二 台灣氣象資料分析
- 討論主題三 ASHRAE Bin方法
- 討論主題四 IPLV試驗條件分析
- 討論主題五 空調水系統效率分析

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 11/37

ASHRAE 能源估算方法—Bin方法

- 從交通部中央氣象署購入之氣象站數據為**全年逐時**之數據。
✓ 僅可獲得各外氣數據之逐時資訊、和趨勢比較。
- 以ASHRAE Bin方法再繼續進行數據分析。作法為：
 - 分割外氣乾球溫度區間
 - 找出外氣最高與最低乾球溫度 以5F(2.8°C)為1個Bin切割乾球溫度區間
 - 找出該中間值乾球溫度出現之「時數」
 - 依該區間之乾球溫度中間值計算「同時發生之濕球溫度值 MC WB」
 - 依MC WB，計算冷卻水塔出水溫度
 - 依據AHRI標準 551/591 · CWT=MCWB+8F (4.4°C)

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 12/37

台灣氣象資料—Bin分析

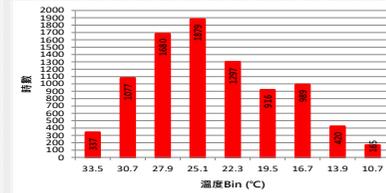
□ 以上述ASHRAE Bin方法，對該17個氣象站、2017~2022共六年之氣象資料進行統計。

- ✓ 可獲得全年從最低到最高之各乾球溫度區間的重要資訊：發生時數、對應之濕球溫度、....
- ✓ 可進一步分析空調負荷、氣冷/水冷空調設備外氣冷卻數據、IPLV/NPLV分析、全年空調設備用電分析...
- ✓ 可供能源分析軟體(例如：DOE-2、eQuest、EnergyPlus...)輸入更準確之近期台灣之天候資料。

台灣氣象資料—Bin分析

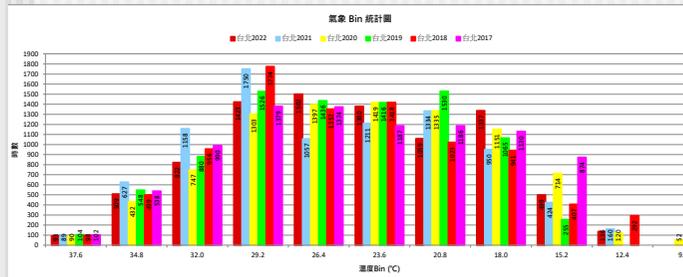
□ 以2022年台中為例：

Outside DB, °C	Average DB, °C	MC WB (sy), °C	CWT, °C	Total-Hours, h	CWH, °C·h
32.1~34.9	33.5	26.1	30.5	337	10282.6
29.3~32.1	30.7	25.0	29.4	1077	31701.1
26.5~29.3	27.9	24.1	28.5	1680	47864.9
23.7~26.5	25.1	22.5	26.9	1879	50455.3
20.9~23.7	22.3	19.6	24.0	1297	31126.3
18.1~20.9	19.5	16.8	21.2	916	19463.7
15.3~18.1	16.7	15.0	19.4	989	19163.7
12.5~15.3	13.9	12.4	16.8	420	7064.0
08.8~12.5	10.7	8.7	13.1	165	2168.1
Total	23.9	21.4	25.8	8760	219289.8



台灣氣象資料—Bin分析

□ 以2017~2022年台北為例：



內容

討論主題一 AHRI551/591 試驗差異分析
CNS12575

討論主題二 台灣氣象資料分析

討論主題三 ASHRAE Bin方法

討論主題四 **IPLV試驗條件分析**

討論主題五 空調水系統效率分析

IPLV分析步驟

- AHRI標準551/591中推演IPLV各負載率權重值之分析方法為：



AHRI標準551/591 IPLV分析討論

- 在ANSI/AHRI Standard 551/591中提到，IPLV推演過程中的天氣數據權重是依照美國29個城市的天氣所得。且建築類型差異，其推演條件並不盡符合台灣之現況條件。
- 本人於2014年受同業公會委託研究，分別以2013年台北、台中、高雄及花蓮，四個典型氣候區之中央氣象局氣象資料，設定一典型辦公大樓樣本，進行進行eQUEST能源分析模擬。
- 並根據台灣北中南東部地區之辦公大樓分布比例，模擬推演得到台灣地區之IPLV所應設定之權重數據。
- 並依據政府統計數據之資料庫中，關於台灣北中南東部地區，辦公大樓分布之比例，代入IPLV之推演過程中，推演該部分負載效率參數值計算所需之負載結果。

AHRI標準551/591 IPLV分析討論

- 該研究統計之最後結果為：

$$IPLV = \frac{1}{\frac{0.009}{A} + \frac{0.480}{B} + \frac{0.413}{C} + \frac{0.099}{D}}$$

A = kW/tonR @ 100% Load and 31°C ECWT or 36°C EDB

B = kW/tonR @ 77% Load and 29°C ECWT or 28°C EDB

C = kW/tonR @ 51% Load and 23°C ECWT or 21°C EDB

D = kW/tonR @ 31% Load and 17°C ECWT or 15°C EDB

AHRI標準551/591 IPLV氣象條件討論

- 由ANSI/AHRI Standard 551/591附錄D推演說明可得知，AHRI對IPLV測試條件與權重值之推演討論如下：
 - 該推演結果與長期氣候之條件息息相關。
 - 其推演過程顯示該長期天候條件與台灣氣候條件大不相同。如上圖所示，該推演時使用之外氣乾球溫度分布從-17.7°C直至37.7°C (0°F~100°F)。
 - 推演過程中對各負載之定額測試條件未明確說明如何確定而得。其表列之定額測試條件與推演所得不盡相同。

AHRI標準551/591 IPLV氣象條件討論

- 由以上說明可得知，AHRI標準對IPLV定額測試條件與權重值之推演時所採用之氣候條件和台灣氣候條件差異甚大。
- 根據本研究對台灣17個地區、和2017年~2022年共6年之間的氣象資料統計結果，發現在該17個地區、6年之間，最低外氣乾球溫度為2.9°C (2022年馬祖)、和最高外氣乾球溫度為39.0°C (2020年台北)，其為不同區域之氣候條件，與AHRI推演時使用之數據在低溫差異頗大，如下表所示。

	AHRI 551/591	台灣氣候乾球溫度條件 (2017~2022)	
		臺北(高溫)	馬祖(低溫)
高溫	37.7°C	39.0°C	34.2°C
低溫	-17.7°C	7.8°C	2.9°C

AHRI標準551/591 IPLV氣象條件討論

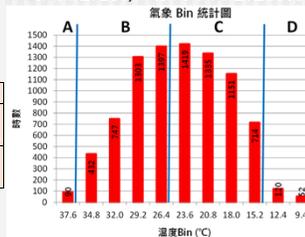
- 以首都台北2022年(高溫)之氣象條件為例，採上述圖中AHRI 551/591對100%~25%空調負載之劃分定義，套入全年氣象數據中進行分析，如以下之結果說明。
- 首先，2017年~2022年共6年之台北氣象數據Bin分析圖可看出，在台北僅在2020年出現一次低溫7.8°C之紀錄，其餘年份外氣乾球溫度皆約在11~39°C之間。

AHRI標準551/591 IPLV氣象條件討論

- 因此以外氣較為偏低溫與高溫之台北2020年份進行Bin分析和各負載區間之溫度劃分，可得以下圖表之分析結果。

- ✓ 可看出在50%負載區間之外氣乾球溫度與濕球溫度分別為18.3°C與16.4°C，此溫度下開啟空調之狀況應少見，而對應該濕球溫度之冷卻水進入冰水主機之溫度為20.8°C(依AHRI 551/591推演之定義)，亦為不合理之情境。

Bin	Design	Peak	Low	Min
外氣乾球溫度 DB(°C)	39.0	29.4	20.1	11.5
冰水主機冷卻水進水溫度 ECWT(°C)	29.9	28.6	22.4	13.6



AHRI標準551/591 IPLV氣象條件討論

- 依以上分析顯示，對比AHRI 551/591定義之IPLV定額測試條件可看出，在「25%負載區間(Min Bin)」之外氣乾球溫度與濕球溫度分別為11.5°C與9°C，在25%負載條件已有甚大之差異，對冰水主機而言將有不同之操作結果，且在此溫度下開啟空調之狀況應少見。
- 而在「50%負載區間」之外氣乾球溫度與濕球溫度分別為20.1°C與18.0°C，對應該濕球溫度之冷卻水進入冰水主機溫度為22.4°C(依AHRI 551/591推演之定義)，亦為不合理之情境。
- 另外在設計條件「100%負載區間(Design Bin)」，和「75%負載區間(Peak Bin)」之外氣乾球溫度分為39°C和29.4°C，和AHRI氣冷定額條件則是有更大之差異，且在75%負載區間之冷卻水溫度條件也存在很大之差異，顯示對於氣冷式和水冷式水主機而言，其氣候條件之差異已不容忽視。

AHRI標準551/591 IPLV氣象條件討論

- 綜合上述分析結果之討論，若依照AHRI 551/591對100%~25%空調負載之劃分定義，在台灣氣候條件下將使低溫的兩個Bin (Low Bin和Min Bin)難以劃分、且在高溫的兩個Bin (Design Bin和Peak Bin)中有甚大之天候條件差異，導致定額條件有太大落差。
- 也就是在整個空調負載100%至25%劃分區間中，應用於台灣之定額測試條件與權重將不真確。且依照台灣空調的使用型態，對住商/民生用空調而言，在低溫時會較少開啟中央空調之使用習慣亦不盡相符。
- 因此，若欲導入美國AHRI標準 551/591-2023(SI)之IPLV定額，甚至制定為CNS定額測試標準、和最低能源效率要求，則須予深思！
- 必須針對國內本土天候條件、建築物使用型態、和中央空調冰水主機設計和使用情境，進行深入之研究，方能制定出適用於國內天候條件，且合乎實際使用情境之冰水主機IPLV定額和管制標準。

內容

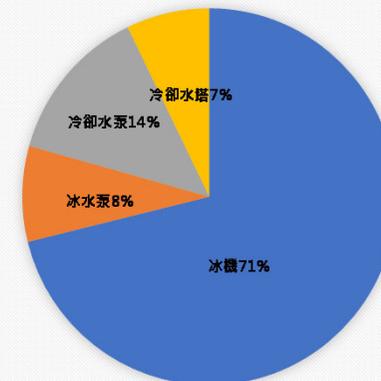
- 討論主題一 AHRI551/591 試驗差異分析
CNS12575
- 討論主題二 台灣氣象資料分析
- 討論主題三 ASHRAE Bin方法
- 討論主題四 IPLV試驗條件分析
- 討論主題五 空調水系統效率分析

案例一：某醫院改善前空調系統概述

- (1)供應醫療大樓與健康大樓之空調冰水主機共計有五台。三台位於醫療大樓機房，二台位於健康大樓機房。
 - 大樓中央空調為24小時供應。操作管理人員主要依據空調負荷需求，手動啟停空調設備。
- (2)空調冰水管路系統：
 - 醫療大樓：
為一/二次側系統，500RT離心機與420RT螺旋機各別搭配1台30HP冰水泵
 - 健康大樓：
一次側系統，350RT離心機搭配30HP冰水泵與240RT螺旋機各搭配25HP冰水泵
- (3)空調冷卻水系統：
 - 醫療大樓：
500RT與420RT冰水主機的冷卻水泵為60HP，定頻運轉。
 - 健康大樓：
350RT離心機搭配40HP定頻控制冷卻水泵與240RT冰水主機搭配定頻控制冷卻水泵25HP。

案例一：某醫院改善前空調系統用電

改善前設備年耗電比例



案例一：某醫院改善措施

- 1) 冰水主機汰換為二台350RT變頻磁浮離心機
- 2) 運用冰水主機自動群控與程式邏輯
- 3) 冷卻水塔風扇導入變頻控制與安裝控制感測元件
- 4) 冰水泵浦汰換
- 5) 泵馬達安裝變頻器
- 6) 設置冰水主機房能源管理系統

表4 預期效益

改善地點		醫院
能源單價 (元/kWh)		2.7
設備能源耗用		空調
改善前用電量 (kWh/年)		3,568,467
改善前油當量 (kLoe/年)		341.1
改善前金額 (元/年)		9,634,861
改善後用電量 (kWh/年)		2,108,273
改善後油當量 (kLoe/年)		201.6
改善後金額 (元/年)		5,692,337
節約用電量 (kWh/年)		1,460,194
節約油當量 (kLoe/年)		139.5
節約金額 (元/年)		3,942,524
節能率 (金額基準)		40.9%
節能率 (耗能基準)		40.9%
CO ₂ 減量 (噸/年)		743.2

註: 1 kWh = 0.0956 * 10³ kLoe; 1 kWh = 0.509 kg CO₂ (110年電力排放係數能源局公告)

案例一：某醫院改善後空調系統概述

表1 冰水主機設備規格表

設備名稱	廠牌	型號	設備容量		耗電量 kW	萬元		備註	設備位置
			數量	單位		製造年份	售價		
R-1 (新增)	Trane	離心式	420	RT	307	88	1		醫療大樓
R-2	Carrier	離心式	500	RT	350	93	1		醫療大樓
R-3	Carrier	離心式	350	RT	240	92	1		醫療大樓
R-4	Carrier	離心式	240	RT	190	92	1		醫療大樓
R-5	Carrier	離心式	160	RT	120	97	1		醫療大樓

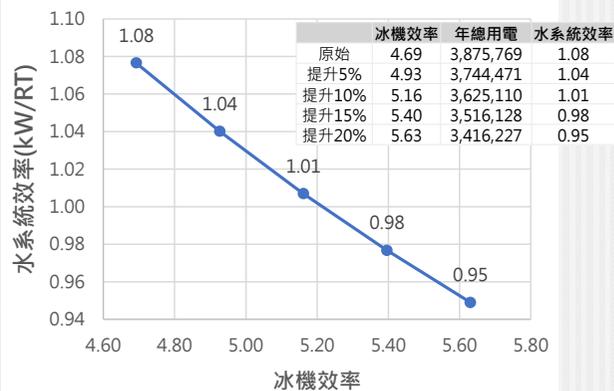
表3 醫療大樓泵浦設備規格表

編號	馬達廠牌	台數	規格			製造年份
			流量 (GPM)	揚程 (M)	耗電量 (HP)	
CHP-1	TECO	1	1,200	11	30	93
CHP-2	TECO	1	1,200	11	30	93
CHP-3	TECO	1	1,200	11	30	93
CHP-5	大同	1	15.5	10	82	
CWP-1	TECO	1	1,500	27	60	93
CWP-2	TECO	1	1,500	27	60	93
CWP-3	TECO	1	1,500	27	60	93
CWP-4	大同	1	480	27.5	20	82
CWP-5	大同	1	480	27.5	20	104
ZP-1	TECO	1	470	15	10	97
ZP-2	TECO	1	470	15	10	101
ZP-3	TECO	1	550	20	15	97
ZP-4	TECO	1	550	20	15	101
ZP-5	TECO	1	470	15	10	97
ZP-6	TECO	1	470	15	10	101

表2 健康大樓泵浦設備規格表

編號	設備	台數	規格			製造年份
			流量 (GPM)	揚程 (M)	耗電量 (HP)	
CHP-1	冰水泵	1	700	26	25	91
CHP-2	冰水泵	1	900	26	30	91
CHP-3	冰水泵	1	900	26	30	91
CWP-4	冷卻水泵	1	800	25	25	91
CWP-5	冷卻水泵	1	1,000	25	40	91
CWP-6	冷卻水泵	1	1,000	25	40	91

案例一：不同冰機效率下之水系統效率



案例二：某工廠改善前空調系統概述

- (1) 優先示範項目
 - A. 水泵動力設備
冰水系統使用之冰水泵100HP三台及冷卻水泵100HP三台，使用超過20年。現況量測馬達運轉效率，分別為85%及86%(原廠銘牌效率93%)。
- (2) 非優先示範項目
 - A. 中央空調水側系統效率改善
既有空調系統採用一次側冰水供應系統設計，空調冰水主機為800RT離心式五台，其附屬設備有冰水泵100HP×三台、冰水泵125HP×二台、冷卻水泵100HP×五台、冷卻水塔為1325RT×四台、風扇馬達為40HP×四台，平均系統運轉效率為1.05kW/RT；一般運轉狀態為啟用三到四台冰水主機，冰水泵啟用三到四台相互連通支援，冷卻水泵已裝設變頻器，降頻固定於50HZ運轉，常態啟用四台冷卻水泵，冷卻水塔也裝設變頻器降頻至56HZ運轉，常態啟用四台冷卻水塔；目前5號冰水機已於今年汰換為新型高效率離心機，考量整體需求至少需要三部冰水機同時運轉，冰水系統尚有改善空間。

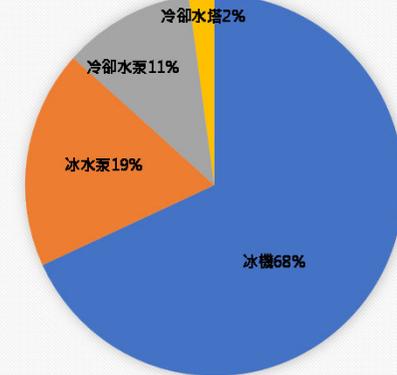
案例二：某工廠改善前空調系統概述

表1 改善前設備規格表

設備名稱	型號	型式	設備功率		設備容量		現有數量
			電壓(V)	功率(kW)	容量	單位	
冰水主機-YORK	CH-2	離心式	3300	519	800	RT	1
冰水主機-YORK	CH-4	離心式	3300	519	800	RT	1
冰水主機-TRANE	CH-1	離心式	3300	520	800	RT	1
冰水主機-TRANE	CH-3	離心式	3300	520	800	RT	1
冰水主機-MCQUAY	CH-5	離心式	3300	510	800	RT	1
冰水泵浦	CHP-1-3	離心式	380	75	100	HP	3
冰水泵浦	CHP-4-5	離心式	380	93	125	HP	2
冷卻水泵	CWP-1-5	離心式	380	75	100	HP	5
冷卻水塔風車	CT-1-4	離心式	380	30	40	HP	4

案例二：某工廠改善前空調系統用電

改善前設備年耗電比例



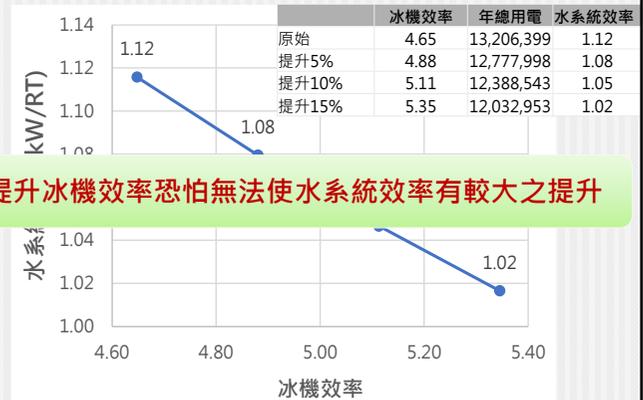
案例二：某工廠改善措施

- 1) 將冰水系統使用之冰水泵100HP三台及冷卻水泵100HP三台，汰換為高效率IE3冰水泵125HP三台及IE3冷卻水泵100HP三台。
- 2) 改善措施之結果：汰換高效率冰水主機800RT×1台，針對冰水泵125HP×5台及冷卻水泵100HP×5台加裝變頻控制進行負載調控，並結合智慧化連鎖最佳化控制(含主機台數控制)，預期改善後均系統運轉效率為0.81kW/RT。

表4 預期效益

項目	冰水系統效率	約定最低運轉噸數	耗電度數	油當量	CO ₂ 排放量	用電金額
	(kW/RT)	(RT/年)	(kWh/年)	(kloe)	(噸)	(元/年)
改善前	1.12	13,489,459	15,108,194	1,444	7,690	34,748,845
改善後	0.803	13,489,459	10,832,036	1,035	5,514	24,913,682
節能量	-	-	4,276,158	409	2,176	9,835,163

案例二：不同冰機效率下之水系統效率



僅提升冰機效率恐怕無法使水系統效率有較大之提升



Q & A
柯明村
mtke@ntut.edu.tw

 國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系 柯明村 P. 37/37