

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

091005

高雄市立中正高級工業職業學校

指導老師姓名

蘇明福

林秋田

作者姓名

卓德明

陳良宥

趙鏞凱

藍琮凱

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：電子、電機及資訊科

組別：高職組

作品名稱：冰火二重奏

---雙效能冷氣

關鍵詞：全熱回收 高效能冷氣
節能、環保

編號：

冰火二重奏-雙效能冷氣

壹、摘要

近幾年來，科技進步生活品質提升，用電激增，冷氣設備為一般生活必須，但效能因“非全熱效應”使 EER 值普遍皆只 2.1~3.3 而已，且因廢熱無回收，導致空氣熱污染、溫室效應，且冷凝水排放問題亦造成生活干擾。

我們由冷凍空調理論中，就冷氣系統嘗試著：藉“以水全熱回收方式”運轉，增進冷氣機效能，提高效率，節省用電支出，並達到冷氣機及電熱水器之二重奏多樣效果，作此研究設計主題。

在稍許調整冷氣系統迴路，配合適切控制方法，經實證能讓 60 l 的水在 20 分鐘內即達到電熱（把水加熱）效果，比傳統冷氣機加上電熱器節省約 70% 電費，電能效率（EER）亦可高達 5.21，提升效率達 129%。

由於設計此系統考慮裝置容易性，且傳統冷氣皆可改裝，發現將可應用於日常生活中，增進生活便利及能源的節約。

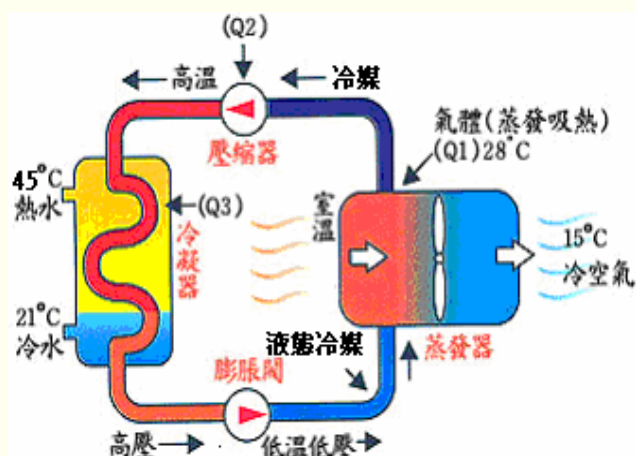
貳、研究動機

- 一、現有熱泵普遍使用於大型場所如（宿舍、溫水游泳池、大型晶圓廠……等。），但這些高效率系統都只限用於大型系統中。
- 二、在傳統分離式冷氣中，都只具冷氣功能，並將熱氣排至室外中，造成環境的熱污染。
- 三、因為現在的家庭大部分都使用分離式冷氣機，且都只使用冷氣，所以如果要用熱水必須再加裝電熱水器或瓦斯熱水器，如果把冷氣機和熱水器的功能合為一體將可降低能源的消耗，達到節省能源的目標。

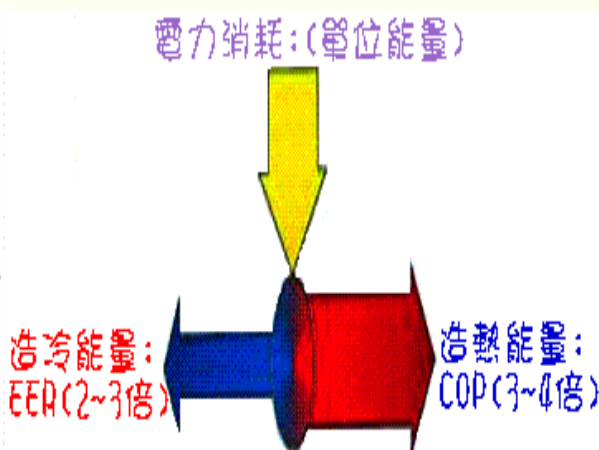
參、研究目的

- 一、找尋“冷氣系統運作”應注意那些變項及各方面的實驗紀錄？
- 二、實驗如何調整系統運轉兼回收熱能，達到最小成本、最大效率、雙重性能。
- 三、研討冰火二重奏是否能在相同的傳統冷氣效能之下，更加省電、環保。
- 四、思考回收的熱能要如何搭配電路控制及水量儲存使散熱效果到達最佳狀態。
- 五、如何將冰火二重奏的體積與功能達到合乎家庭的需求。
- 六、讓冰火二重奏能在四季裡，皆能供應熱水。

肆、相關理論及探討



冷氣系統循環示意圖



能量轉換情形

在上圖冷氣系統循環中可知循環盤管內之冷媒因壓縮機之做功而流動。經過膨脹閥後之冷媒瞬間由高壓液體狀態變成低壓低溫的液態冷媒，於蒸發器內蒸發為氣體，此時吸收大量的熱，將通過蒸發器之空氣降溫，也將空氣中的熱帶到冷媒中，而後至冷凝器散熱

冷媒繼續前進經過壓縮機加壓時會產生高壓的氣態冷媒。經由冷凝器，可將室溫冷水 (21°C) 加熱到 55°C 熱水 (Q3)。

此熱水之能量係由原來蒸發器取自空氣中之熱量 (Q1) 以及壓縮機 (Q2) 做功所耗之電能而來，其產生之熱量較單純之電能高上 3~5 倍。

同時，因為經過蒸發器之空氣熱量被帶走，隨之所得之冷空氣亦可做為降溫冷氣空調之用。

探求如何有效利用此廢熱能量，將電力消耗同時轉換為造冷與造熱能量雙效能利用，為節省能源之重要課題。

伍、研究設備器材

一. 實驗器材:

- (一) 管路電磁閥×4(規格: AC 220 V /0.2A), (尺寸: 50×50×4.8 mm) (如圖 1)。
- (二) 管路連接(Y 型、U 型) (如圖 2)



(圖 1) 管路電磁閥×4



(圖 2) 管路連接(Y 型×4、U 型×3)

- (三) 壓克力水槽一個 (26 cm×76 cm×15 cm)。

- (四) 模擬儲熱筒 (30 cm×35 cm×50 cm)
- (五) 銅繞製散熱盤管。(尺寸：70×17×9cm)。
- (六) 溫度控制器(AC200V/15A，-10℃ ~ +80℃，1a1b)。
- (七) 固態繼電器 (SSR) (15A/70–240VAC) (如圖 3)
- (八) 電熱管 (AC220/2000W) (如圖 4)



(圖 3) 固態繼電器 (SSR)



(圖 4) 電熱管

二.現成器材:

- (一) 電子式溫度計(110V，-50℃ ~ +50℃，準確度 1%) (如圖 5)。
- (二) 多用夾式電表(DCV,ACV…) (如圖 6)



(圖 5) 電子式溫度計



(圖 6) 多用夾式電表

- (三) 乾溼溫度計(乾球-20℃ ~ +60℃，相對濕度 10~95% RH) (如圖 7)
- (四) 水泵浦 (230V/90W 30L/min) (如圖 8)



(圖 7) 乾溼溫度計



(圖 8) 水泵浦

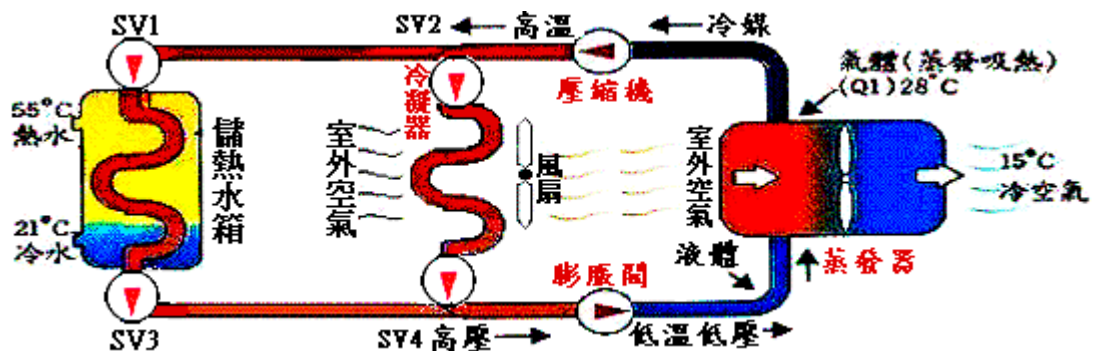
陸、研究過程與方法

我們把現有冷氣系統迴路調整，配合改變迴路電路控制方式，依照不同組合作實驗項目的紀錄與分析，藉與傳統冷氣做比較後尋找出最佳控制方式。

一、完成新系統：

(一)、冷氣系統迴路：

1. 從報廢的分離式冷氣機中，把壓縮機和膨脹閥分離，並將蒸發器和冷凝器管路拆離。
2. 依實驗要求將不同的銅繞散熱排管放置於模擬用壓克力水槽內，確定在離水面 $\frac{1}{3}$ 處。
3. 依照新改變的管路系統圖(如下圖 9)，以氧乙炔氣焊完成。

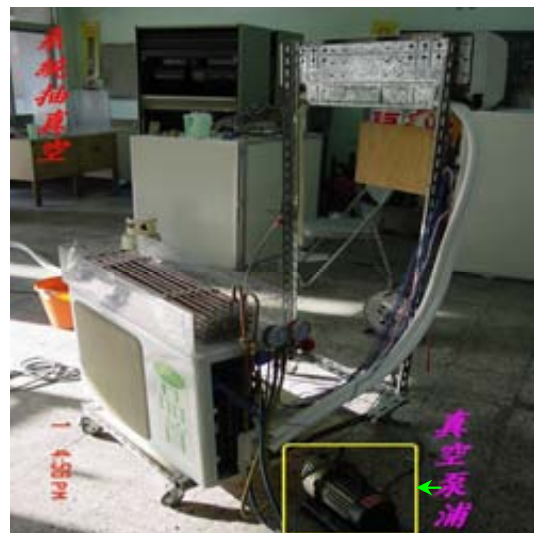


(圖 9) 管路系統圖

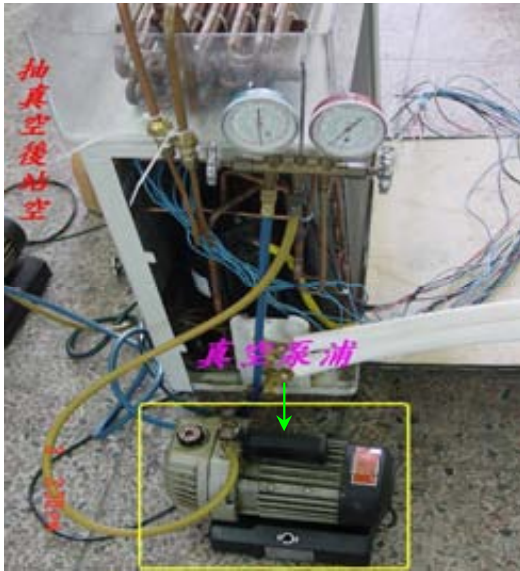
4. 就冷凍系統處理程序作探漏、抽真空(真空度 $5 \times 10^{-6} \text{ mmHg}$)、站空、灌冷媒(R-22)，依不同冷媒條件作實驗紀錄。(如下圖 10、11、12、13)



(圖 10) 探漏



(圖 11) 抽真空



(圖 12) 站空 (約 12 小時)

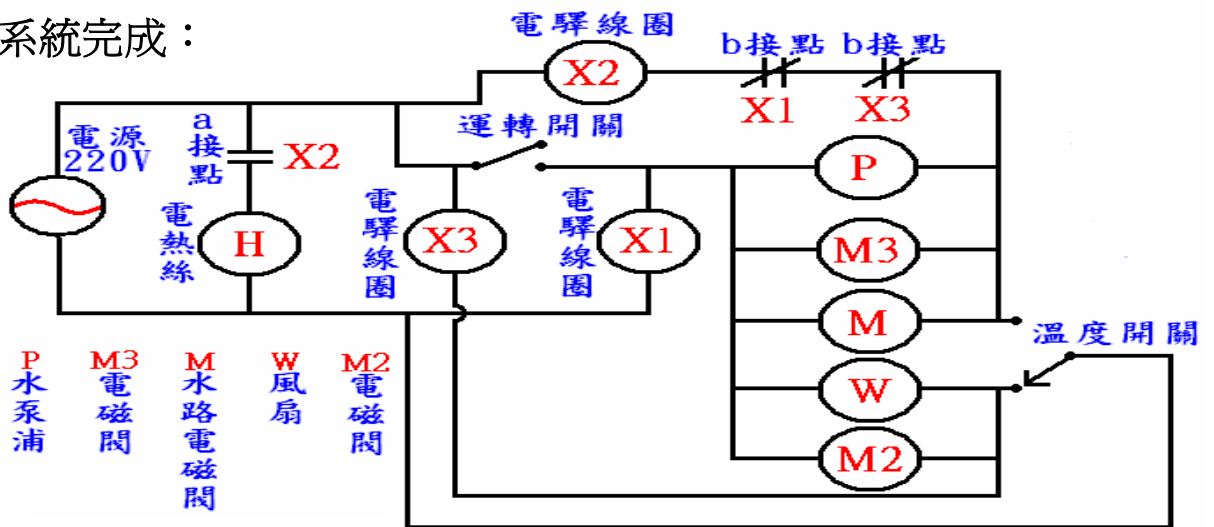


(圖 13) 灌冷媒

(二)、電路控制迴路：

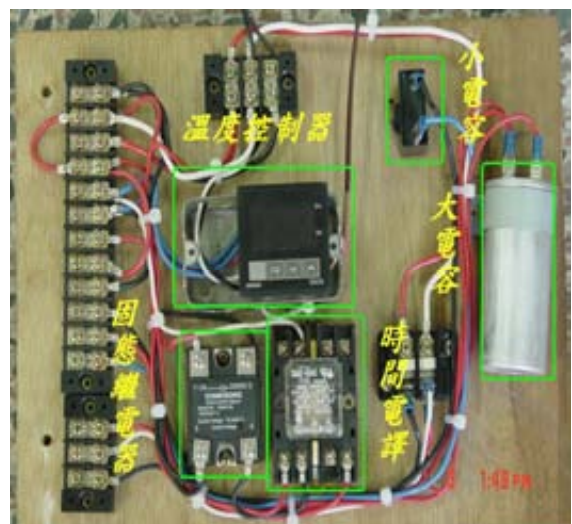
5. 依冷氣運轉廢熱回收加熱，停機電熱管加熱不同模式完成系統的電路控制圖：(如下圖 14、15)。

(三)、系統完成：

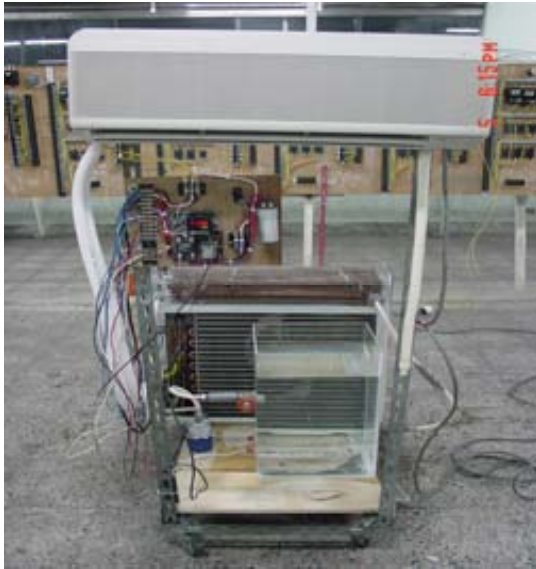


(圖 14) 電路控制圖

6. 配合儲熱筒、使用泵浦循環，構成所有的管路系統。與電路控制組合，完成整個冰火二重奏全熱回收系統。送電測試，依不同實驗方式作比較測量並記錄 (如圖 16、17)。



(圖 15) 系統電路控制圖



(圖 16) 管路、電路系統組合



(圖 17) 系統完成送電測試

二、實驗方法：

在新系統結構下依下列不同的控制方式、操作模式、管路規格、連接方式、放置位置調整實驗。研究出最佳加熱溫度、冷房溫度、冷媒壓力、消耗電流。

(一)、運轉控制方式。

1. 冷凝器與散熱盤管同時運轉。
2. 先冷凝器後散熱盤管運轉。
3. 先散熱盤管後冷凝器運轉。
4. 散熱盤管單獨運轉。

(二)、電路操作模式。

1. 控制 1、2 電磁閥，3、4 電磁閥全開。
2. 控制 1、4 電磁閥，2、3 電磁閥全開。
3. 控制 2、3 電磁閥，1、4 電磁閥全開。
4. 控制 2、4 電磁閥，1、3 電磁閥全開。

(三)、散熱盤管徑與長度。

1. 散熱盤管徑與長度 $\frac{1}{4}'' \times 1560cm$
2. 散熱盤管徑與長度 $\frac{3}{8}'' \times 1560cm$



三、實驗比較：

求出最佳系統結構後，分別就傳統冷氣機與冰火二重奏依

- 1.冷氣效能
- 2.電熱效能
- 3.電能特性

其中有關參數（包括：加熱溫度、冷房溫度、冷媒壓力、消耗電流）等作比較測量並且紀錄。

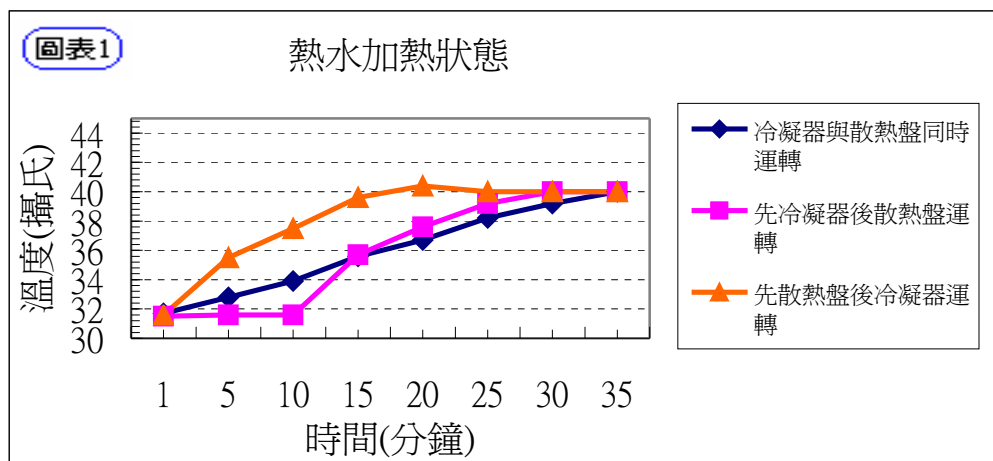


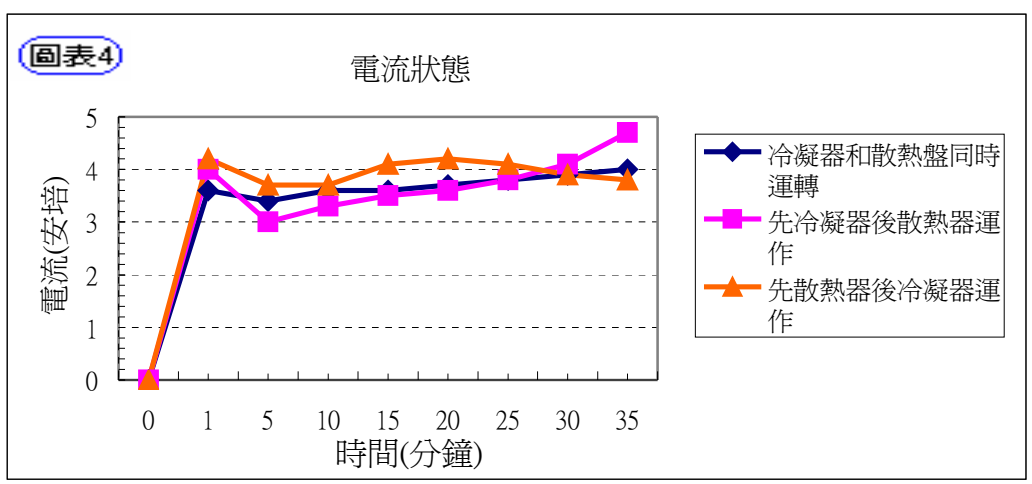
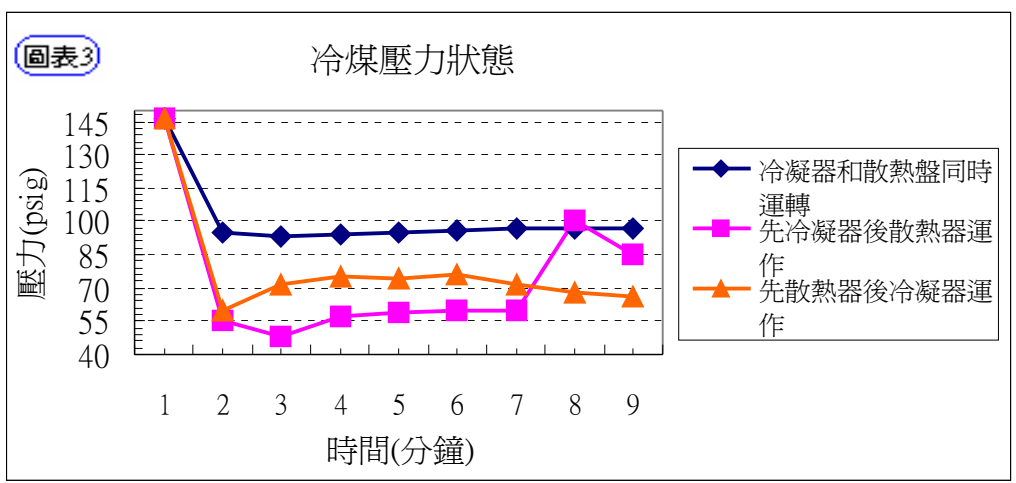
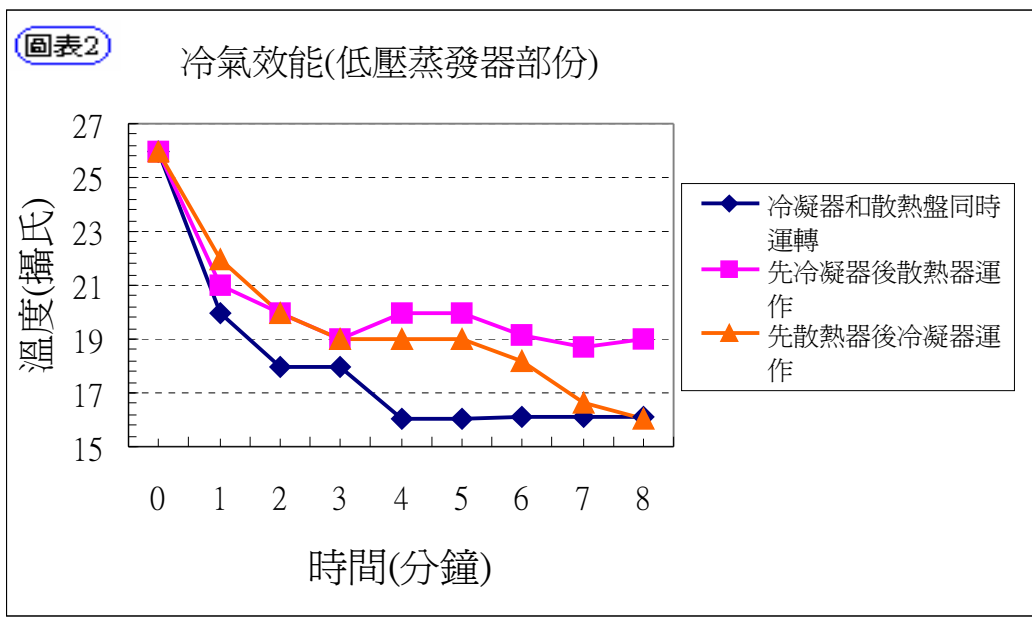
實驗過程……比較系統

柒、研究結果

(一)、運轉控制方式。

- 1.冷凝器與散熱盤同時運轉。(設定熱水溫度 40°C)
- 2.先冷凝器後散熱盤運轉。(設定熱水溫度 40°C)
- * 3.先散熱盤後冷凝器運轉。(設定熱水溫度 40°C) (以此方式為最佳)
- 4.散熱盤單獨運轉。(設定熱水溫度 40°C) (因效率差不予採計)





※由上面的圖表 (1)、(2)、(3)、(4) 顯示得知：

- (1) .先讓冷凝器和散熱盤管同時動作壓力會偏高，
- (2) .而先讓冷凝器運轉後切至散熱盤管動作時，雖壓力和電流皆上升，但冷

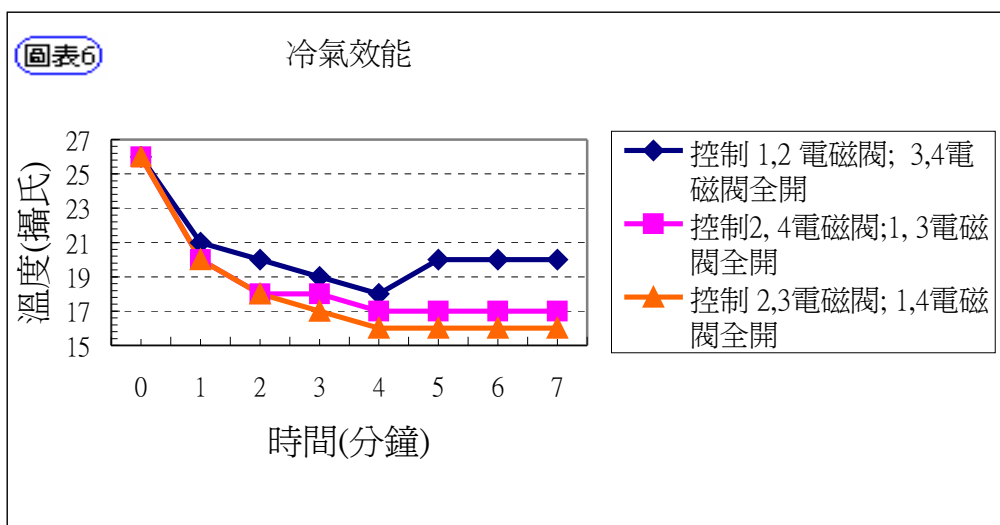
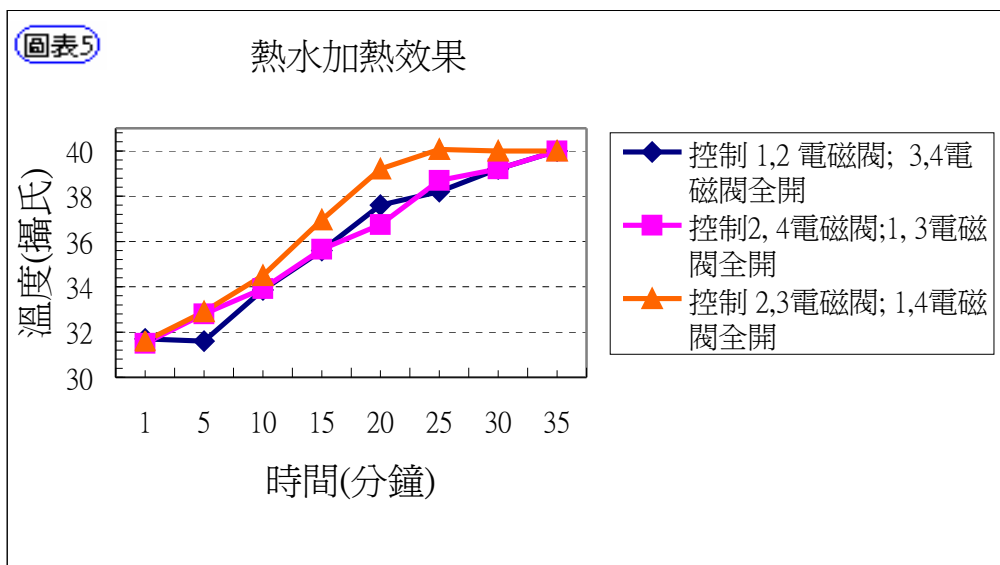
氣效能卻無法達到理想的溫度，

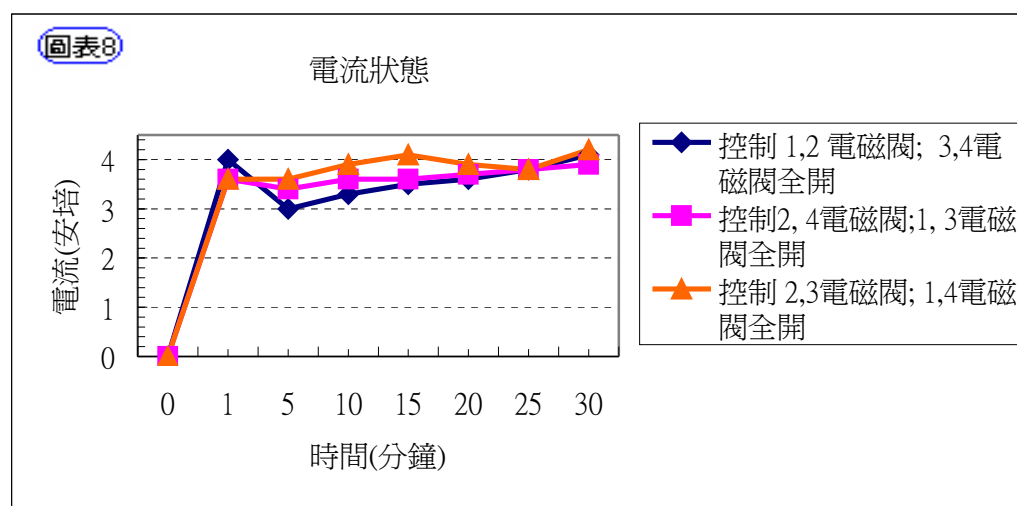
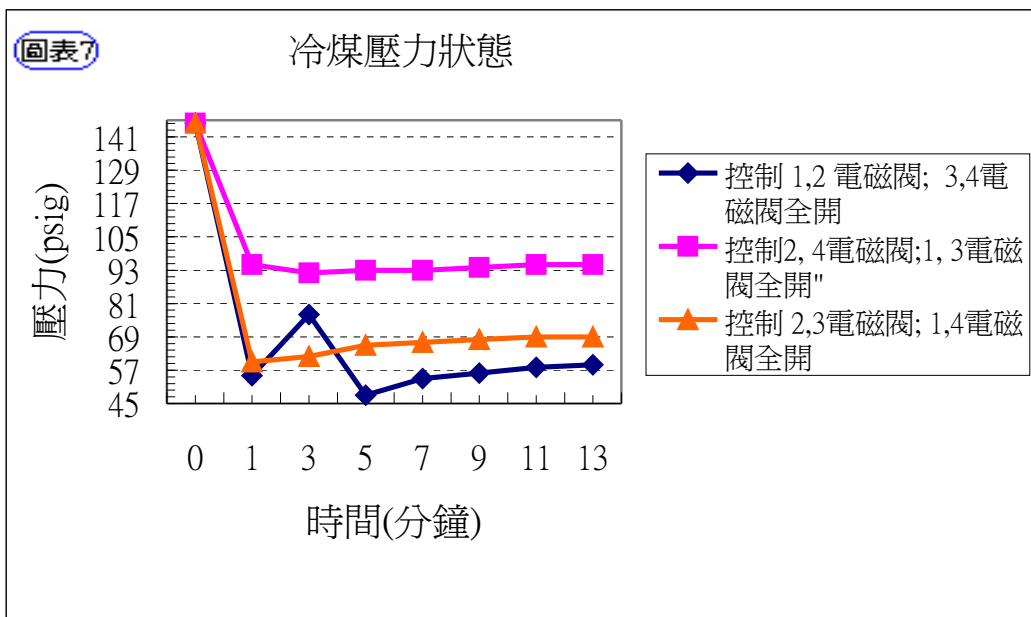
(3) .相較於先散熱盤管動作後切至冷凝器動作時，壓力、電流都處於穩定理想的狀態，而冷氣效能與熱水溫度都可在時間內達到想要的溫度。

(二)、電路操作模式：

針對先散熱盤管動作後切至冷凝器動作的電路操作模式就下列各項做實驗比較

- 1.控制 1、2 電磁閥，3、4 電磁閥全開。
- 2.控制 2、4 電磁閥，1、3 電磁閥全開。
- *3.控制 2、3 電磁閥，1、4 電磁閥全開。(以此電路為最好)
- 4.控制 1、4 電磁閥，2、3 電磁閥全開(因效率差不予紀錄)。





※ 由上面圖表 (5)、(6)、(7)、(8) 得知：

- (1) 控制 1、2 電磁閥的方法，造成壓力偏低，使冷氣效能無法達到理想溫度。
- (2) 但控制 2、4 電磁閥會造成壓力過高，而且冷氣效能偏高。
- (3) 而最理想的就是控制 2、3 電磁閥，不管是水溫、冷氣效能、壓力、電流都可以維持在理想的範圍，使系統達到最穩定的狀態。

(三)、散熱盤管徑與長度：

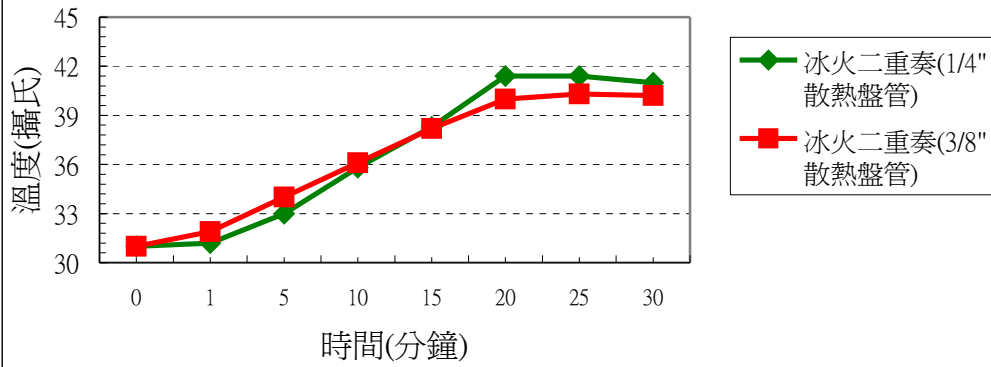
在確定先散熱盤管動作後切至冷凝器動作的運轉控制方式，配合控制 2、3 電磁閥電路操作模式，針對可適用管徑做實驗比較：

1. 散熱盤管徑與長度 $\frac{1}{4} \times 1560cm$ (如下圖)

* 2. 散熱盤管徑與長度 $\frac{3}{8} \times 1560cm$ (如下圖) (以此管徑達到最好狀態)

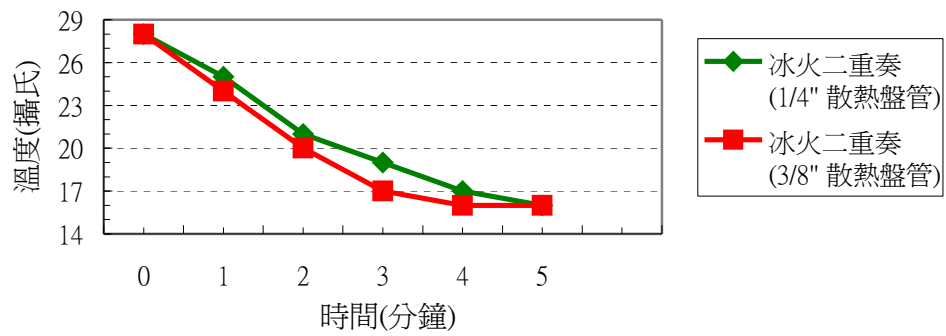
圖表9

(1/4" 3/8"盤管加熱效能)



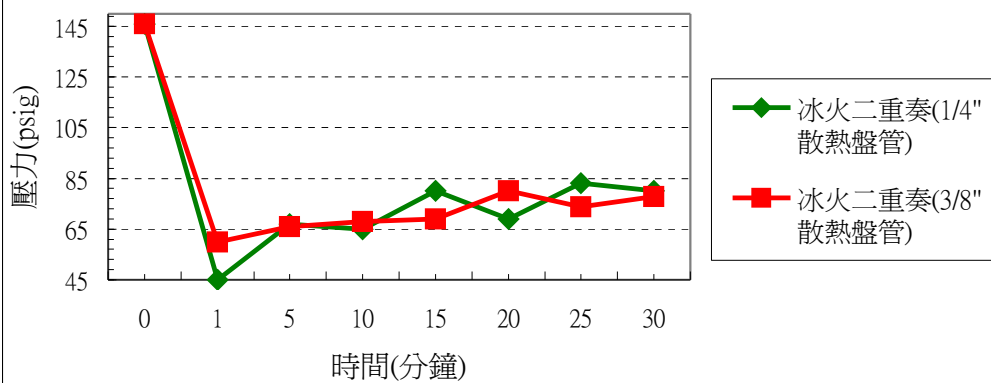
圖表10

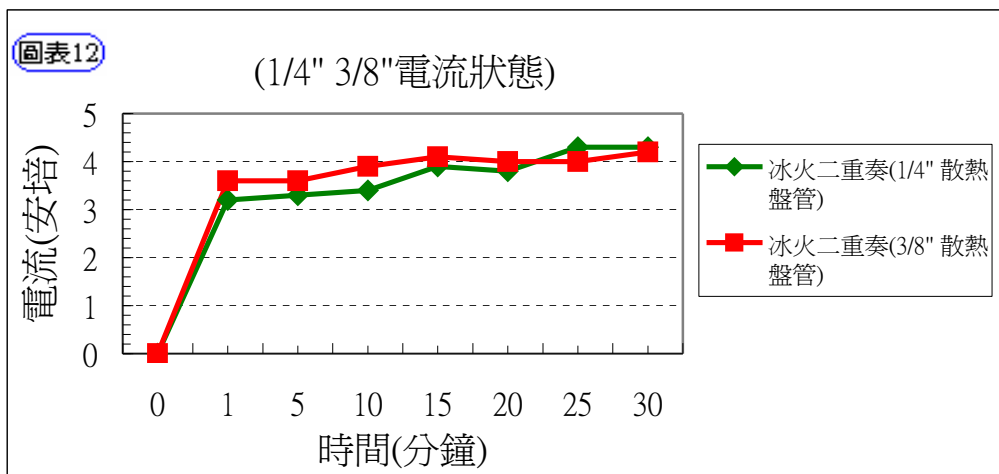
(1/4" 3/8"盤管的冷氣效能)



圖表11

(1/4" 3/8"冷媒壓力狀態)





※ 由上面的圖表 (9)、(10)、(11)、(12) 顯示得知：

- (1) .使用 $\frac{1}{4}$ " 管徑時電流稍高，而系統壓力處於不穩定的狀態，但熱水加溫與冷氣效能不變。
- (2) .而當使用 $\frac{3}{8}$ " 的管徑時電流與壓力都處於穩定適當的現象，熱水加熱與冷氣效能都已直線上升的狀態達到理想的溫度，從此得知使用 $\frac{3}{8}$ " 管徑效能可達到最好的狀態。

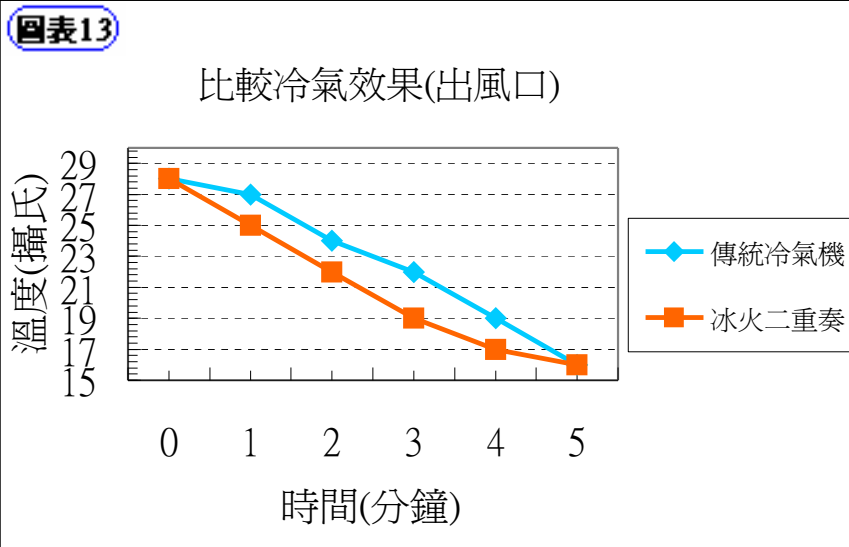
(四)、比較系統。

在相同環境空間 $3.5*8.5*2.5(m)$ 下，當室內溫度 $28^{\circ}C$ ，分別就傳統冷氣機與冰火二重奏依 1.冷氣效能 2.電熱效能 3.電能特性 其圖表分析如下：

(其中參數加熱溫度、冷房溫度、冷媒壓力、消耗電流等，測量比較並且紀錄)

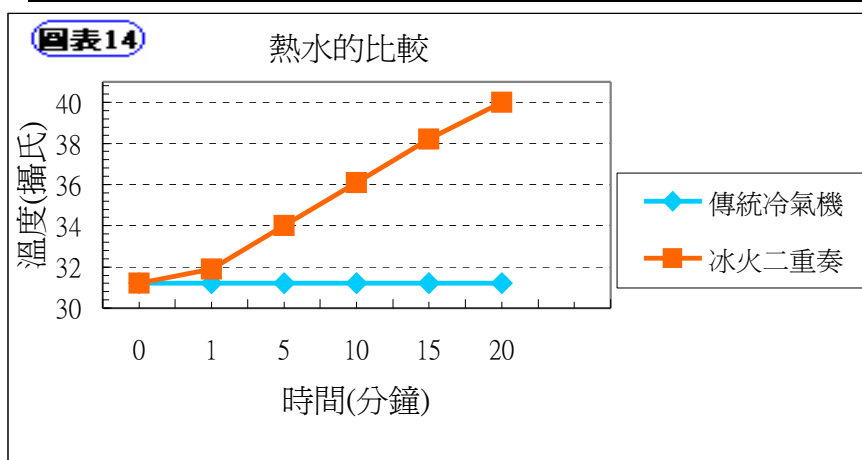
1.冷氣效能：(設定冷房溫度 $21^{\circ}C$) (表 1)

時間(分鐘)	室內溫度	傳統冷氣機		冰火二重奏	
		出、回風口溫度		出、回風口溫度	
		出風口	回風口	出風口	回風口
0	$28^{\circ}C$	$28^{\circ}C$	$28^{\circ}C$	$28^{\circ}C$	$28^{\circ}C$
1	$27^{\circ}C$	$27^{\circ}C$	$27^{\circ}C$	$25^{\circ}C$	$27^{\circ}C$
2	$24^{\circ}C$	$24^{\circ}C$	$24^{\circ}C$	$22^{\circ}C$	$24^{\circ}C$
3	$23^{\circ}C$	$22^{\circ}C$	$23^{\circ}C$	$19^{\circ}C$	$23^{\circ}C$
4	$22^{\circ}C$	$19^{\circ}C$	$22^{\circ}C$	$17^{\circ}C$	$22^{\circ}C$
5	$21^{\circ}C$	$16^{\circ}C$	$21^{\circ}C$	$16^{\circ}C$	$21^{\circ}C$



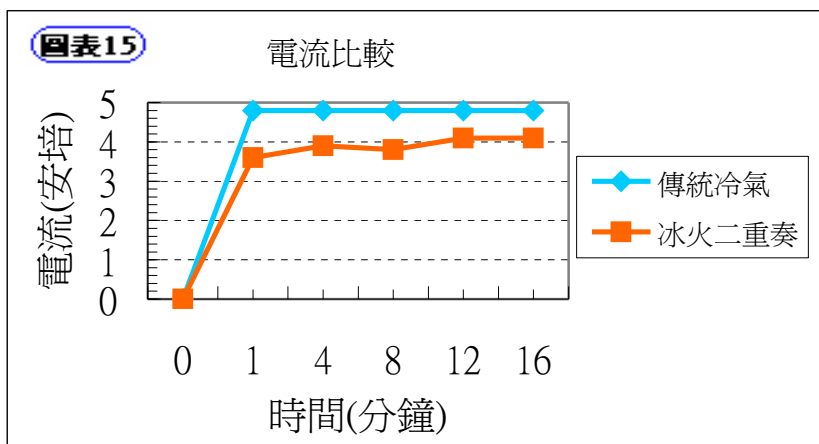
2.電熱效能(在水槽容量加入約 60 公升水量) (表 2)

時間 (分鐘)	室內 溫度	傳統冷氣機	冰火二重奏
		熱水溫度	熱水溫度
0	28°C	無 此 功 能	31.2°C
1	27°C		31.9°C
5	24°C		34°C
10	23°C		36.1°C
15	22°C		38.2°C
20	21°C		40°C



3.電能特性 (在加熱過程 31.2°C ~40°C 中)表 (3)

時間 (分鐘)	室內 溫度	傳統冷氣部分		冰火二重奏	
		輸入電壓 電流		輸入電壓 電流	
		電壓	電流	電壓	電流
0	28°C	220v	0A	220v	0A
1	27°C	220v	4.8A	220v	3.6A
4	24°C	220v	4.8A	220v	3.9A
8	23°C	220v	4.8A	220v	3.8A
12	22°C	220v	4.8A	220v	4.1A
16	21°C	220v	4.8A	220v	4.1A



【研究結果比較】：

(一) 冷氣效能部分：

由(表1)可知在相同環境，當時室內溫度 28°C，冷氣設定 21°C時，相同額定之一般分離冷氣機須經 5 分鐘才可達到要求，而冰火二重奏冷氣機只須 4 分鐘時間就可達到額定設定溫度。

(二) 電熱效能部分：

經實驗發現水槽容量加入約 60 公升水量時加熱經 18~25 分鐘冰火二重奏冷氣即可達到設定水溫 40°C，如(表2)紀錄。因一般分離冷氣機無此改良設計，不具功能。

依電熱原理中焦耳定律 (Jame`s Law)：

$$H = K.I^2 Rt(cal) = K.P.t.(cal) \dots\dots\dots (1)$$

...K = 0.24 ⇒ 熱功參數

與熱能效應中溫升公式 (Temp`s Law)：

$$H = m.s.\Delta T(cal) \dots\dots\dots (2)$$

..s = 1 ⇒ 水比熱

在實證中依所得數據可知：

熱能效應在 20 分鐘內可產生

$$H = m.s.T = (26 \times 77 \times 13c.c + 35 \times 30 \times 40c.c) \times 1 \times (40 - 31.2) = 598.7kcal \text{ 之熱量}$$

$$\Rightarrow \text{每小時 } H = 598.7 \times \frac{60}{20} = 1796kcal/hr$$

$$\text{如同 } P = \frac{H}{K.t} = \frac{1796kcal/hr}{0.24.3600sec} = 2.078kw \text{ 之電熱器設備效果。}$$

(三) 電氣特性部分：

1. 一般分離式冷氣機：（冷凍能力: 2500kcal/h）。

- (1) 啓動電流 (A) : 6.6A。
- (2) 運轉電流 (V) : 4.8A。
- (3) 消耗電力 (W) : 1056W。
- (4) 能源效率 (EER) : 2.27

2. 冰火二重奏冷氣：

由 (表 3) 可知在加熱過程中

平均電流：

$$I_{AV} \approx \frac{3.6 \times 1 + 3.9 \times 3 + 3.8 \times 4 + 4.1 \times 4 + 4.1 \times 4 + 4.1 \times 4}{20} \approx 3.99(A)$$

能源效率: 依冷凍空調定義

$$\text{能源效率(EER)} = \frac{\text{冷凍能力(kcal/hr)}}{\text{消耗電力(W)}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Rightarrow \text{混合後 EER} = \frac{2500 + 2078}{220 \times 3.99} = 5.21$$

上述為冰火二重奏冷氣與一般分離式冷氣比較的結果，得知在同樣條件下，可說能源效率可提高 $\frac{5.21 - 2.27}{2.27} \times 100\% \approx 129\%$ 。

柒、討論

一、冷氣效能部分：

由實驗結果可知，冰火二重奏比一般分離式冷氣機較快時間即可達到冷度效果。因為在散熱部分藉由水來散熱兼回收廢熱，提升了蒸發器的冷凍效果，但發現若溫度設定較低時效能會有緩慢升高 1~2°C 的溫差，乃因回收廢熱時積熱效應水溫升高，冷氣的散熱效果降低所導致。

二、電熱效能部分：

由實驗中發現此種改良方式大大提升能源的使用率，讓一種能源做兩項功能，而混合後效率提高到 129%。在冷氣系統中必須注意冷媒壓力狀態以及溫度變化之關係，經實作中了解冷凝器與加熱器並聯時，**尺寸應權衡調整**才能在較短時間內達到省電、省能之要求。

三、成本及維修費用：

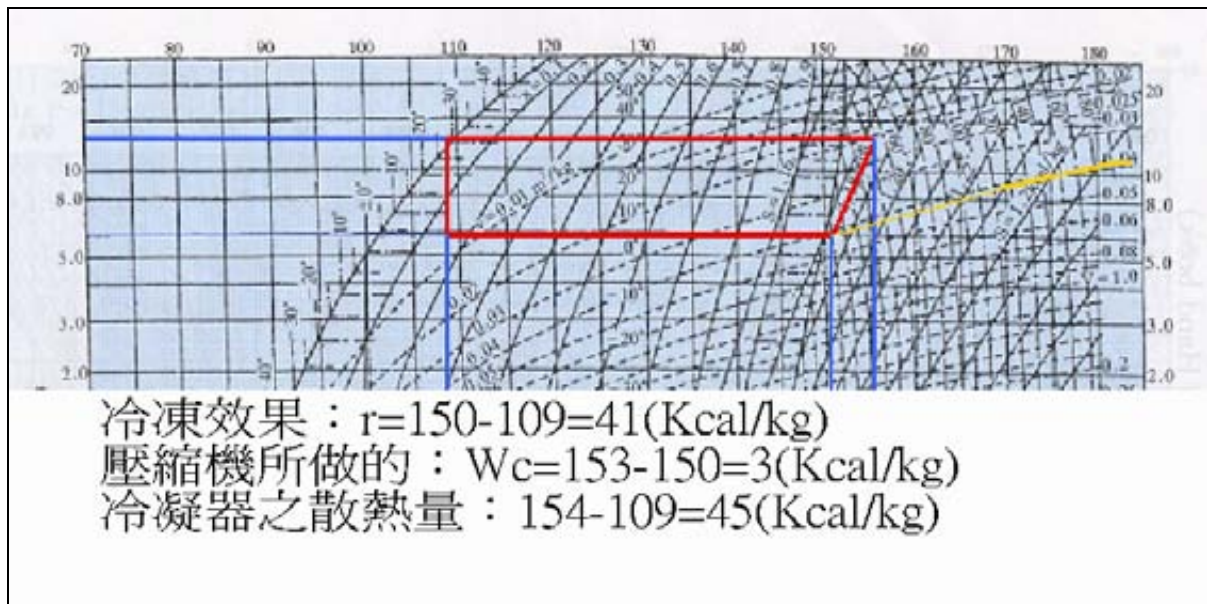
由實驗中發現相同額定冷凍能力: 2500kcal/h 下分離式冷氣消耗電力: 1056W，若改良成冰火二重奏冷氣消耗電力 877W 並附加有 2078W 之電熱器功能，在此條件下發現須 $\frac{877}{2078+1056} = 0.28 = 28\%$ 之電熱費用，不論採用瓦斯或電器加熱費用，皆可大大節省支出，此套系統在所採用，其成本費用可大為降低。且施工及維修均方便，若再作修正將來必可大大提升其實用性。

捌、結論

於實驗過程中，我們發現**冰火二重奏**冷氣能達到四大目標：

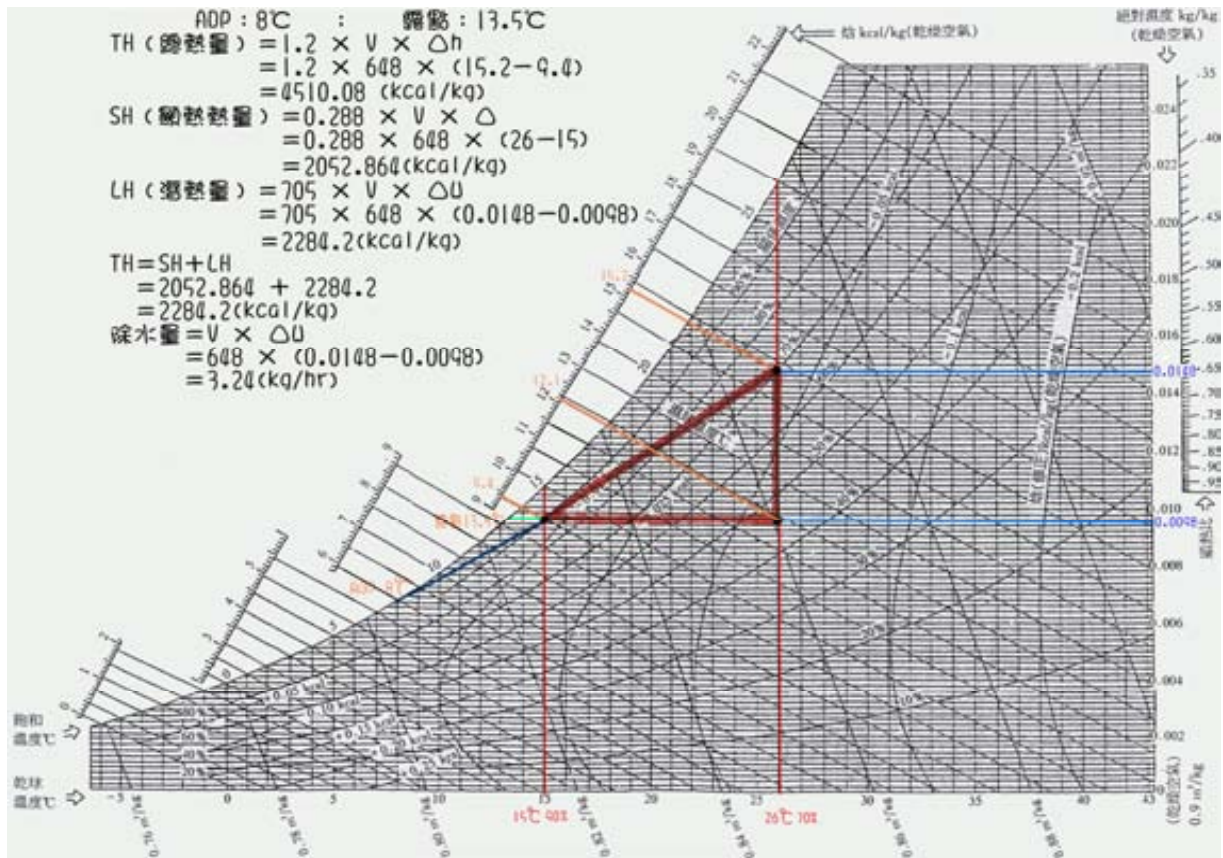
- (1) **高效能**（使改良過的 EER 達到 5.21）。
- (2) **多樣性**（同時具備有冷氣與熱水兩種混合的功能）。
- (3) **環保**（此系統把排至室外的廢熱回收利用）。
- (4) **省電**（因散熱良好，電流降低，所以省電）

一、莫利爾線圖(在於顯示冷氣系統的冷媒與省電狀態)



上圖是用莫利爾線圖來說明冷媒的效果，發現其各點之壓力與溫度變化均控制在適當範圍內，由此可看出效能比一般傳統冷氣好。

二、空氣線圖(在於顯示冷房的舒適性的變化)



於一般家庭中，使用**冰火二重奏**冷氣，除了溫度達到所需**冷氣效果**外，並省電費，又可減少使用電熱水器或瓦斯型熱水器不慎時所發生的危險。

上圖是冰火二重奏的空調特性與變化，在找尋出各點繪出，發現冰火二重奏的空氣調節狀態處於人體舒適最佳條件上，而由圖中各點的狀態發現出溫度舒適的變化與一般傳統分離式冷氣機來的更符合人體的舒適溫度。

我們從冷凍空調的理論原理，對於**冰火二重奏**的研究，來發揮“**學以致用**”的精神，也在製作過程中學到了許多東西。經過許多次的失敗和嘗試，取得教訓和經驗的累積，也發現到**冰火二重奏**的特性是“**互相照顧，求進步**”，因為冷凝器散熱越好，出風口溫度就越冷，最後“**皇天不負苦心人**”，完成了這台**冰火二重奏**。

身為冷凍空調科高職生的我們，也身為未來台灣經濟的生力軍，應該多多去探討問題和加以研究及發明。

九、參考文獻與相關資料

- 一、許祺清、陳聰明編著，**冷凍空調原理 I、II**。大中國圖書股份有限公司。台北縣中和市建一路 150 號四樓之二。中華民國九十二年一月修訂二版一刷。
- 二、**熱幫浦的真相**。<http://www.oc.com.tw/files/peltier.asp>。
- 三、郭鴻銘、蕭仁貴編著。**物理 I**。三民書局股份有限公司。台北市復興北路 386 號。初版一刷，中華民國八十九年八月出版，初版二刷，中華民國九十年八月出版。II
- 四、郭鴻銘、蕭仁貴編著。**物理 II**。三民書局股份有限公司。台北市復興北路 386 號。初版一刷，中華民國九十年二月出版，初版二刷，中華民國九十一年二月出版。

- 五、陳清標編著。基本電學 I。大中國圖書公司。台北市重慶南路一段 66 號二樓。2001 年 03 月出版。
- 六、陳國龍、蕭明哲、沈志秋編著。冷凍工程 I。全華科技圖書股份有限公司。104 台北市龍江路 76 巷 20 號 2 樓 (02) 2507-1300。中華民國九十二年七月初版。
- 七、洁耀聯合股份有限公司。 <http://www.yellowpage.com.tw/~chieh-yao/cp10.htm#1>。
- 八、熱污染。 http://www.cmjh.tp.edu.tw/resources/resource5/v1/ch5/pc1_5_6.htm。
- 九、富山電熱股份有限公司。 <http://www.heaterman.com.tw/>。
- 十、能源法令_節約能源_窗型冷氣機能源效率比值標準對照表。
<http://www.moeaec.gov.tw/03/05/ecw030514.asp>。
- 十一、家家太陽能熱水器。 <http://www.035503918.ebm.com.tw/index.htm>。
- 十二、長友城能源科技有限公司。 <http://www.fhptw.com/index.htm>。
- 十三、大進冷凍機械有限公司。 <http://www.fin-tube.com.tw>。

評語

091005 高職組電子、電機及資訊科 第一名

冰火二重奏

- 一、 使用冷氣機廢熱回收再利用，構思巧妙且符合經濟效益。
- 二、 整體功能兼具環保、省電及高效率之功效。
- 三、 突破傳統思維，兼具雙重效應，符合科學研究之精神。