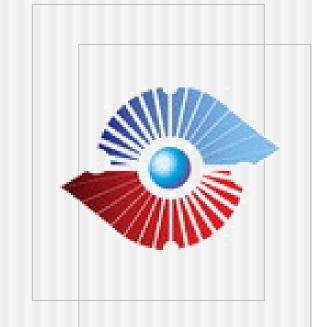
# 空調蒸發冷卻節能應用技術

主講人

柯 明 村



國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系

#### 自我介紹

- □ 國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系
- □ 合格國際量測驗證師 CMVP (IPMVP Level 3& Level 4, AEE and EVO)
- □ 中國制冷學會-制冷高級工程師
- □ 國家標準技術委員會委員
- □ 公共工程採購評選委員會專家學者
- □ 教育部環保小組委員
- □ 財團法人台灣綠色生產力基金會節能技術發展中心—顧問
- □ 台灣能源技術服務產業發展協會—顧問
- □ 中華民國能源技術服務商業同業公會—顧問

#### 能源服務相關經驗

- □ 政府與財團法人機構節能相關研究計畫主持人
  - ✓ 建立節能績效量測與驗證之程序及文件
- □ 產學合作 節能設備/系統開發、第三公正檢測、測試調整平衡(TAB)等專案 合作計畫

明

- □ 中技社、財團法人台灣綠色生產力基金會 能源查核
- □ 財團法人台灣產業服務基金會 高科技廠節能輔導



P. 2/68

#### 蒸發冷卻技術簡介與應用

- > 蒸發式冷卻技術
- > 蒸發式冷卻設備開發
  - ✓蒸發式冷卻直膨機組
  - ✓蒸發式冰水主機
  - ✓蒸發式冷卻冷藏展示櫃
- > 蒸發式冷卻與變頻機組耗能模擬比較



- □「蒸發式冷卻(evaporative-cool)」是一可應用於各種氣候且非常節能、環保,低成本的冷卻技術,在農業、商業、舒適住宅、工業應用中的發電廠以及其他各種高溫環境都可以使用蒸發式冷卻系統。
- □於乾燥區域,蒸發式冷卻用於直接降溫空氣,而 後供應空氣調節使用。
  - ✓ 技術成熟,在國外已有相當多案例。



P. 4/68

- □ 而本課程中說明之「蒸發式冷卻」,乃是指應用於國內高濕天候,<mark>可增加氣冷式空調設備散</mark>熱能力,進而提升機組能源效率之應用技術。
- 經本研究顯示,採用蒸發式冷卻技術可有效降低氣冷式空調機組之能源消耗,並可降低電力系統之尖峰負載。
- □ 此種技術在國內外皆有學者進行研發與應用, 在現今各國積極減少能源消耗,進而降低溫室 氣體排放之競爭壓力下,「蒸發式冷卻」技術 極具推廣應用之價值。



P. 5/68

- □ 一般冷凍空調系統於冷凝器之散熱形式,可分為下列三種:
  - (1) 空氣冷卻 (Air-cooling)
  - (2) 水冷卻 (Water-cooling)
  - (3) 蒸發冷卻(Evaporative-cooling)
    - ✓直接接觸式蒸發冷卻(Direct Evaporative Cooling)
    - ✓改良式蒸發冷卻(Indirect Evaporative Cooling)



P. 6/68

## 三種主流直膨冷氣機技術之比較

		蒸發冷卻式		變頻直膨式		氣冷直膨式
	✓	冷凝器散熱效果最佳	o 🗸	變頻式之能源效率	✓	冷媒量控制良好、
		能源效率比最高。		值於低載(低頻)		施工容易、成本低
	✓	夏季尖峰時段運轉情		時顯著提高。		廉。
		況下,比變頻式系統	✓	變頻控制可提供使		
		更省能。		用者較舒適環境。		
優	✓	不論負載高低皆保有	✓	新型直流變頻馬達		
		高能源效率,應用場		, 減少馬達通電後		
		合廣。		無法避免的交流聲		
	✓	本土技術成熟。		,安靜。		
點	✓	冷凝器尺寸小、節省				
		空間與成本。				
	✓	冷凝器排風溫度低,				
		熱污染低,有效防制				
		環境熱島效應。				

明



P. 7/68

## 三種主流直膨冷氣機技術之比較

	蒸發冷卻式	變頻直膨式	氣冷直膨式
鉠	✓ 冷凝器因長久灑水腐 長久灑與 是人 是 是 是 是 是 成 的 的 的 的 的 的 的 的 的 的 的 的 的 的	才會省電,因此無助 才會不滿載運轉情 ,因此無情 ,因此無情 ,因此無情 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。	<ul><li>✓</li><li>中機配易數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li>無數</li><li< th=""></li<></ul>
點		內尚無法製作。 ✓ 構造與管路技術要求 高,設備與維護成本 高,維修昂貴。	效率降低與增加運 轉成本。

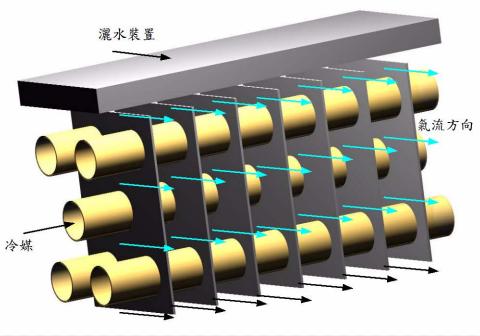
明



P. 8/68

□ 直接接觸式蒸發冷凝器

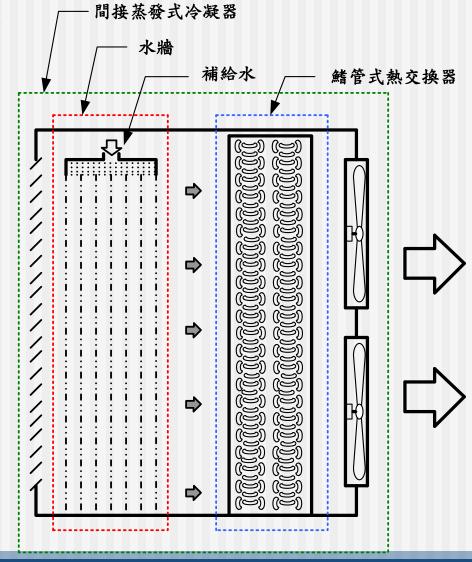






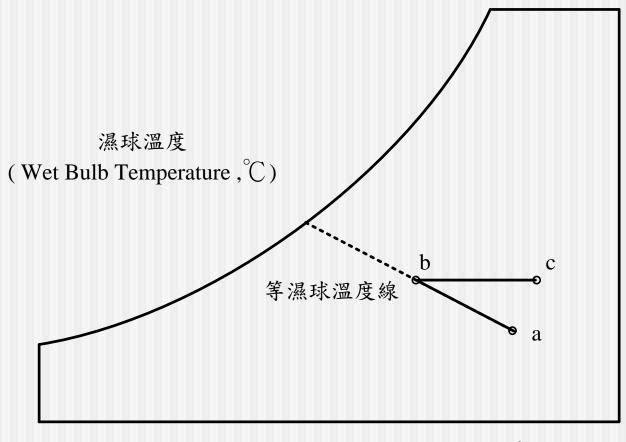
明

□ 改良式蒸發冷凝器 (間接接觸)





P. 10/68



乾球溫度(Dry Bulb Temperature,℃)

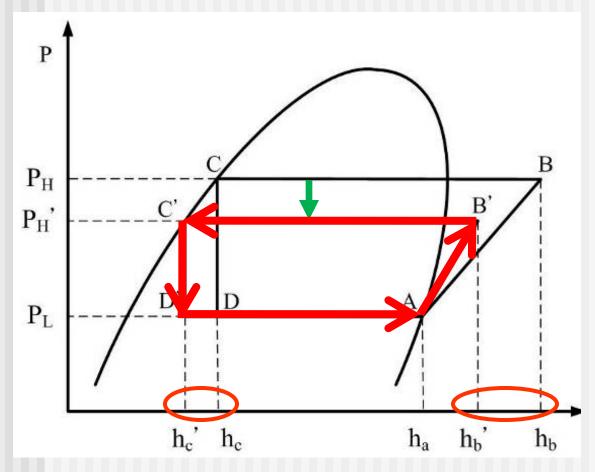
圖 2 改良式蒸發冷凝器冷卻媒介之熱力循環過程圖



P. 11/68

濕度比(Humidity Ratio, kgv/kga)

#### 蒸發式冷卻節能原理



•未灑水

$$(A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D)$$

•灑水

$$(A \rightarrow B' \rightarrow C' \rightarrow D')$$

- •灑水之性能因為冷凝溫度下降
- 製冷能力增加(增加 h<sub>c</sub> - h<sub>c</sub>')
- •壓縮功減少(減少h<sub>b</sub> h<sub>b</sub>')



#### 蒸發式冷卻節能原理

□直接蒸發冷卻與改良式蒸發冷卻技術之比較

	直接蒸發冷卻技術	改良式蒸發冷卻技術
冷卻方法	直接將水霧噴灑至冷凝熱交換器盤管上進行降溫	將水霧噴灑至蒸發冷卻模組 內,將空氣降溫後再進入冷 凝熱交換器之盤管
散熱效果	較佳	較差
盤管維護	容易產生結垢與腐蝕現象	不會產生結垢與腐蝕現象
構造	於冷凝器上安裝噴頭與抽水 馬達等組件	外掛之改良式蒸發冷卻模組



P. 13/68

#### 各種蒸發式冷卻技術於冷凍空調設備之開發

□ 個人針對各種蒸發式冷卻技術之開發歸納如下表:

演進	蒸發冷卻方式	設備概況
A	裸管直接噴灑型	<ul><li>✓冰水主機</li><li>✓冷凍冷藏設備</li></ul>
В	包覆吸水材質型	✓直膨式分離式冷氣 ✓冷凍冷藏設備
С	改良式蒸發冷卻	✓直膨分離式冷氣 ✓冷凍冷藏設備
D	正壓鰭管直接淋灑型	<ul><li>✓冰水主機</li><li>✓直膨分離式冷氣</li></ul>
Е	負壓鰭管直接噴灑型	✓冰水主機



#### 蒸發式冷卻開發技術指標

□ 同尺寸之氣冷式冷卻冰水機組與蒸發式冷卻機組 之性能比較

- □蒸發式冷卻機組隨外氣改變之系統效能
- □蒸發式冷卻機組停水時之因應技術

□蒸發式冷卻機組之最佳運轉策略



#### 蒸發式冷卻設備測試方法與數值模擬

- □ 針對一連串之開發案進行完整之性能檢測
  - ✓ 建立實驗測試方法與平台
- 利用實驗檢測結果,從空氣側與冷媒側以熱力與熱傳分析,發展設備性能模擬分析程式。
- □研究原型機運轉缺失,從而提出最佳化元件匹配之改善 建議。



P. 16/68

#### 研發方法

- □實驗檢測
  - ✓ 蒸發式冷卻空調機
    - 冷媒系統(R22、R134a、R410A)
    - 溫濕度改變
- □性能模擬
  - ✓ 熱傳、流力分析模式建立
  - ✓ VBA程式建構
  - ✔ 倒傳遞類神經網路模式建構



P. 17/68

## 蒸發式冷卻冰水機組開發

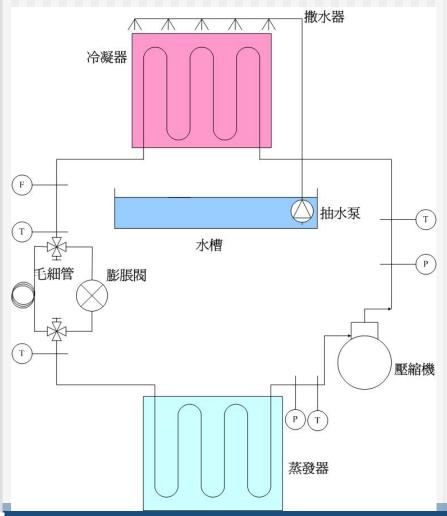


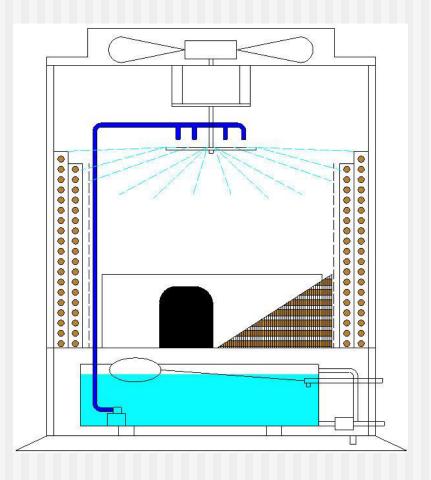


#### 實驗測試

明

#### □測試機台檢測示意圖





正壓型蒸發式冷卻設備



P. 19/68

#### 各不同噸數主機的實測數據與模擬數據之比對表

主機噸數	蒸發器製冷 能力(kW)	功率(kW)	СОР	EER (kcal/hr/W)
10RT	26.16	6.87	3.81	3.28
10RT(模擬)	30.55	7.54	4.04	3.48
10RT(概估)	30.55	8.04	3.80	3.27
20RT	62.66	14.57	4.30	3.70
20RT(模擬)	63.93	14.22	4.50	3.87
20RT(概估)	63.93	15.02	4.26	3.66
40RT	129.36	31.53	4.10	3.53
40RT(模擬)	138.17	32.36	4.27	3.67
40RT(概估)	138.17	33.46	4.13	3.55
60RT	188.98	45.7	4.14	3.56
60RT(模擬)	193.56	45.30	4.27	3.67
60RT(概估)	193.56	46.70	4.14	3.56

明

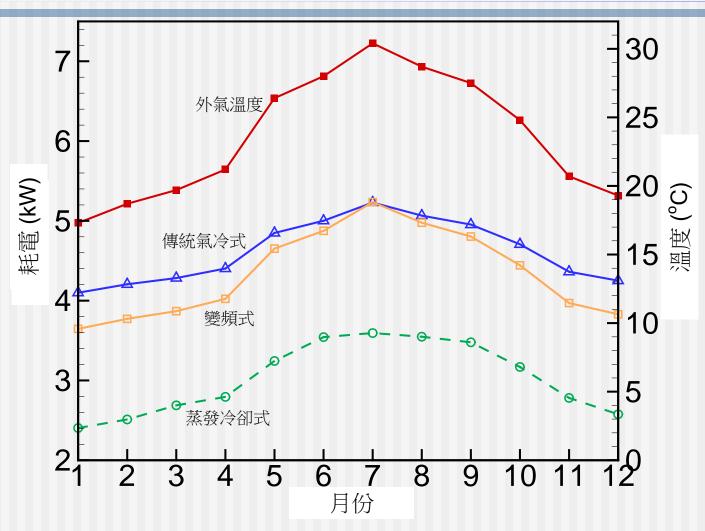


P. 20/68

#### 蒸發式冷卻與變頻機組耗能模擬比較

- □以2007年台北地區每個月平均的溫度與濕度為條件。
- □利用所開發的蒸發式冷卻冷氣機設計程式,以 及某大廠牌變頻冷氣機的技術資料來計算冷氣 能力約為5噸左右機種的耗電,其結果如下圖所 示。





蒸發式冷卻、變頻與傳統氣冷式冷氣機之全年耗電比較圖

朋



P. 22/68

- □由比較可以看出,當天氣越熱時,變頻冷氣機 耗電是一直增加的!
- □尤其是當天氣炎熱,冷氣機全載運轉時,其耗 電和傳統氣冷式冷氣機相當(甚至更多)!
- □然而,蒸發冷卻式冷氣機卻可以長期保有省電的優勢,真正為消費者節省大量的電費。



#### 結 語

- □ 綜觀以上各種蒸發式冷卻技術,其提升冷凍空調設備性能之能力不容小覬,對設備耗電量之節省有相當大之貢獻。
- □ 然蒸發式冷卻技術面臨不少問題,為推廣蒸發式冷卻設備之潛在障礙與所亟需面對者:
  - ✓ 散熱鰭片與銅管結垢、脆化、腐蝕、甚至穿孔冷媒洩 漏等

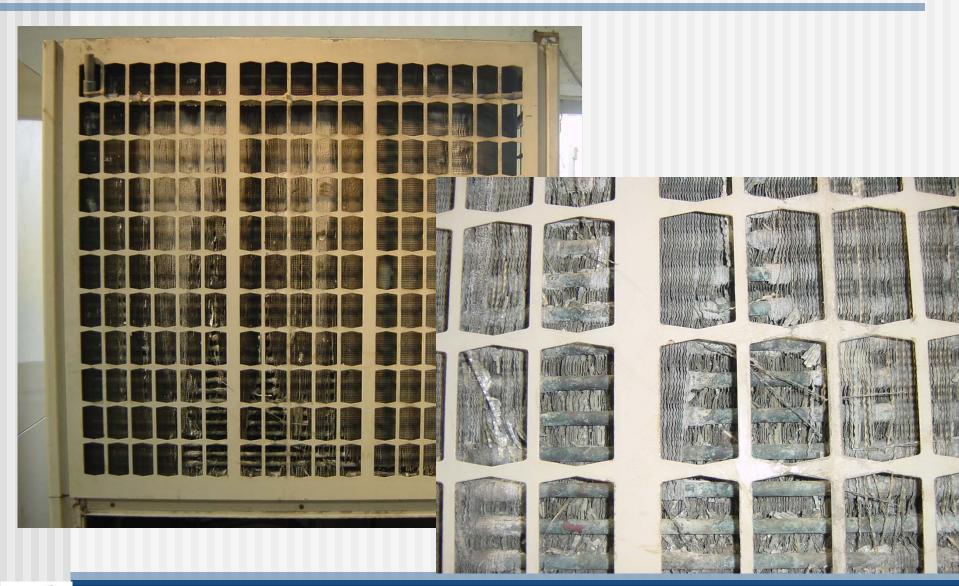
朋

- ✔ 部分設備亦有缺水時性能大幅滑落甚至無法運轉
- ✔ 冷媒系統設計不當等重大問題
- ✓ 壓縮機損毀之狀況亦時有所聞



P. 24/68

#### 結 語





P. 25/68

## 改良式蒸發冷卻技術開發 與應用案例



#### 直接接觸與改良式蒸發冷卻特點

- 多數直接接觸蒸發式冷卻技術之應用面臨考驗,而部分設備亦有重大問題,導致壓縮機損毀:
  - ✓ 冷凝器鰭片與銅管結垢、脆化抑或腐蝕
  - ✔ 缺水時性能大幅滑落甚至無法運轉
  - ✓ 冷媒系統設計不當
- 本研發基於以往對蒸發式冷卻之研究成果,開發應用 於冷凍空調設備之改良式蒸發冷卻模組,其優點:
  - 藉由降低冷凝器散熱空氣之乾球溫度,可達到更好散熱效果

明

✓ 可自由拆卸與組裝以利維護保養



P. 27/68

#### 摘要

- ■本研發預計以超市採用之氣冷式冷凍冷藏與空調設備 種類為改善目標,開發對應之具可任意安裝拆卸特性 之「改良式蒸發冷卻模組」。
- 針對其冷媒系統運轉之影響與性能提升能力做深入之研究。
- □ 建立鰭管式冷凝熱交換器(包括氣冷乾盤管與蒸發式 冷卻濕盤管)之理論分析模式,並整合冷媒膨脹裝置、 壓縮機與蒸發器之性能模式,成為整體冷媒系統運轉 之理論分析模型。



P. 28/68

#### 摘要

- □ 設計模組原型,針對超市應用之冷凍冷藏設備應用本模組予以改裝,以實驗開發其應用技術。
- □ 實驗與理論分析將共同進行,研究其運轉可適用性、 穩定性與可靠性。
- □ 探討氣冷機組與蒸發式機組之節能效益、相同製冷能力下應用「改良式蒸發冷卻模組」之最佳設計與尺寸、蒸發式冷卻機組於缺水狀態之運轉反應、與缺水後突然灑水對整體設備之影響等主題。

明



P. 29/68

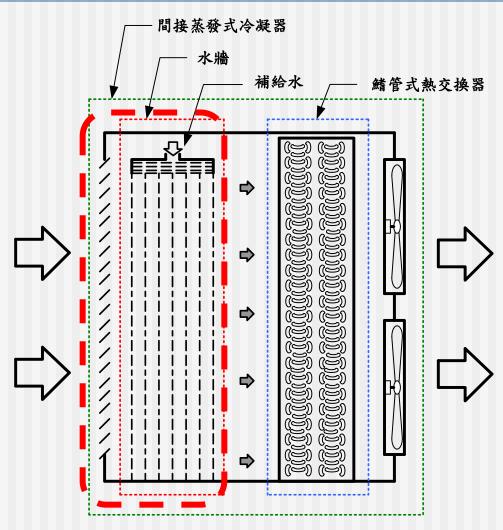
#### 摘要

- ■本研發已開發適用於相關冷凍空調設備之可任意安裝 拆卸特性之「改良式蒸發冷卻模組」。
- □申請相關應用專利、並使其應用能更趨於成熟,從而 使本模組得以大量應用於氣冷式冷凍空調設備,不但 可維持長時間穩定運轉,並能真正發揮省能效率,以 節省大量之冷凍空調設備耗電。



P. 30/68

#### 一、研發目的



已開發之改良式蒸發冷卻模組(虛線框)之模組

朋



P. 31/68

#### 一、研發目的

- ■本研發之改良式蒸發冷凝器可與商用氣冷式空調設備 或冷凍冷藏機組作結合,預期能獲得較佳的省能效率, 以降低傳統氣冷式冷凍空調設備之消耗電力。
- 針對套用本改良式蒸發冷卻模組之機組冷媒系統,做以下深入之研究及探討:

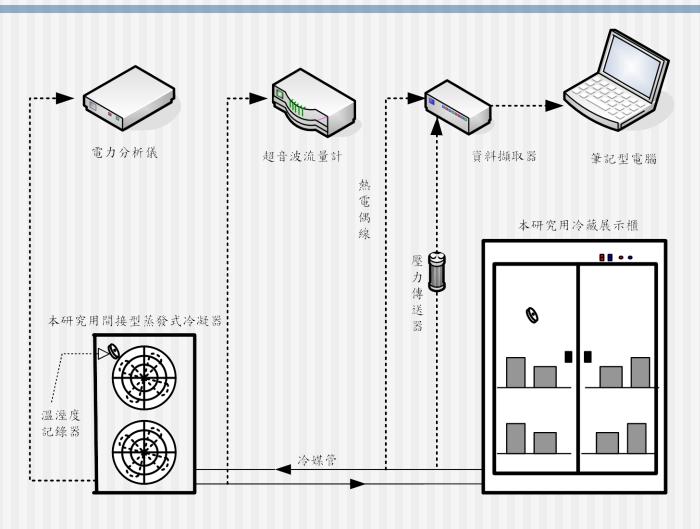
明

- ✓ 運轉可適用性、穩定性與可靠性
- ✓ 氣冷機組與蒸發冷卻式機組之節能效益
- ✓ 相同製冷能力下蒸發式冷凝器之最佳設計與尺寸
- ✓ 蒸發式冷卻機組於缺水狀態之運轉反應
- ✓ 缺水後突然灑水對整體設備之影響



P. 32/68

## 二、研發方法



量測儀器之裝設位置示意圖



P. 33/68

#### 三、進行步驟

- □規劃設計改良式蒸發冷卻模組之規格
- □建立改良式蒸發冷卻冷凝器之理論分析模式
  - ✓ 冷凝器散熱容量
  - ✓ 冷媒系統壓力與溫度
  - ✓ 噴霧裝置噴水量、時距與週期之影響
- □建立改良式蒸發冷卻模組之實驗測試設備
- □ 歸納節能效益與經濟效益
- ■建立本改良式蒸發冷卻模組應用於氣冷式冷凍冷藏與空調設備之設計準則

朋



P. 34/68

#### 四、市場競爭力

- □氣冷式空調與冷凍冷藏設備與使用場合:
  - ✓ 窗型/分離式冷氣-住家、辨公大樓、電信機房
  - ✓ 氣冷式冰水主機-民生、產業空調
  - ✔冷藏展示櫃-便利商店、超市、大型賣場
  - ✔冷凍展示櫃-便利商店、超市、大型賣場
  - ✔冷藏/冷凍庫-超市、大型賣場、冷凍倉儲



#### 四、市場競爭力

- □ 台灣之冷氣機普及率約佔台電用戶的65.45%,空調用電量約佔台電夏季尖峰負載的三分之一左右,在任何建築物,空調用電幾乎總是佔總耗電量的最大比例。
- □以台灣小型氣冷式空調機而言,使用者以家用及便利超商居多,依據經濟部能源局商業司2010統計,全台便利商店數量,7-11、全家、萊爾富、ok等便利商店數量分別為6178間、3268間、1962間、850間。
- □全台便利超商總計約為12258間,其空調、冷凍藏設備多採用氣冷式小型製冷系統居多,若套用改良式蒸發冷卻冷卻模組提升其能源效率,不僅可落實節能減碳的理想,甚至可降低超商業者龐大的營運成本。

明



P. 36/68

### 四、市場競爭力

- □目前國內外市場上鮮有相關之設備。
- □本「改良式蒸發冷卻模組」模組設計特點亦絕無僅有。
  - ✓ 若搭配冷凍、冷藏或空調設備可提高其能源效率,獲得優異之節 能效果,勢必具市場壟斷性。
- 模組化設計,價格便宜,並具可任意加裝、或汰換維護之特點。
- □ 提高整體能源使用效率,回收年限甚短。
- □ 因應台灣地區或高溫乾燥區域(如中國大陸內陸地區)
  - ,可大量減少傳統氣冷式冷凍、冷藏或空調設備之耗能

明

, 節省大量用電, 對節能減排具相當大之潛力與貢獻。



P. 37/68

# 應用案例



#### 1. 某飯店改良式蒸發冷卻模組之長期測試方法

- □ 某飯店改良式蒸發冷卻模組分為噴霧式與木心式,針對兩種改良式蒸發冷卻冷卻模組進行長期測試。
  - 架設監控軟體於該飯店控制室,監控已裝設改良蒸發冷卻模組之冷卻室外機機台(OU-12),監控的參數為冷凝溫度、外氣溫度、運轉室內機之合計能力等參數,並架設溫濕度記錄器於改良式蒸發冷卻冷卻模組進出口處、室外外氣處,以量測進出口溫濕度及外氣溫濕度。
  - ✓ 架設電力記錄器於室外機配電箱,以量測已裝設改良式蒸發冷卻模組之 冷卻室外機機台(OU-12)耗電功率。
  - ✓ 數據記錄間隔皆採每分鐘一筆,測得後將相關參數代入基準線方程式及 分析,以計算出安裝模組前的耗電量,以便比較安裝模組前和安裝模組 後之耗電量。

朋



P. 39/68

- 某飯店改良式蒸發冷卻冷卻模組量測儀器實際架設情形如圖所示。
  - ✓ 左圖為架設溫濕度記錄器於改良式蒸發冷卻冷卻模組進口處。
  - ✓ 右圖為架設電力記錄器於某飯店室外機配電箱。



圖1模組進口處

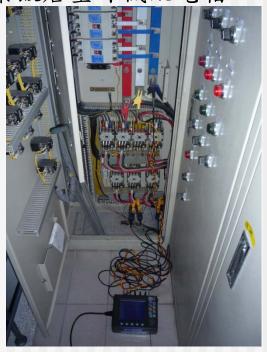


圖2室外機配電箱



P. 40/68

- □ 某飯店噴霧式模組測試分單排、雙排及三排灑水。
  - ✓ 因在三排灑水時原水泵馬力較小,使模組較後方處灑水較不明顯,為增強灑水效果,另外有更換馬力較大之水泵進行雙排及三排灑水測試比較,原水泵馬力為1/2 hp,更換後水泵馬力為2 hp。
  - ✓ 下圖為噴霧式模組灑水狀況。



圖3噴霧式模組灑水狀況

明



P. 41/68

- □ 某飯店木心式模組測試無管排數之分,使用水泵馬力為1/2hp。
  - ✓ 下圖為木心式模組灑水狀況,左圖為木心式模組上方之接水盤,右圖為接水盤下方之木心材質。



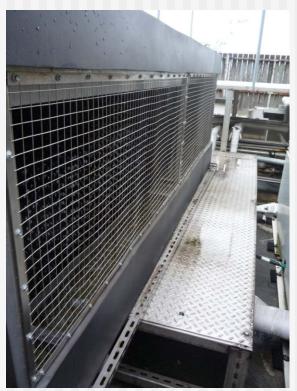


圖4木心式模組灑水狀況



P. 42/68

## 2. 某便利商店改良式蒸發冷卻冷卻模組之長期測試 方法

- 某便利商店改良式蒸發冷卻冷卻模組分為噴霧式與木心式,針對兩種改良式蒸發冷卻冷卻模組進行長期測試。
  - ✓ 架設溫濕度記錄器於某便利商店改良式蒸發冷卻冷卻模組之進出口處、室外機出口處、室外外氣處及室內冷藏櫃內,以量測以上各位置之溫濕度。
  - ✓ 另外架電力記錄器於配電箱內,以量測安裝改良式蒸發冷卻冷卻模組後 之耗電量。

朋

✓ 數據記錄間隔同樣採每分鐘一筆。



P. 43/68

- □ 某便利商店噴霧式模組為雙排噴霧,因噴霧式模組空間較小,一排噴嘴設計兩顆,單排與雙排只差兩顆噴嘴,故測試只做雙排噴霧。
  - ✓ 圖5為架設溫濕度記錄器於間接蒸發模組各量測點位置。
  - ✓ 圖6為噴霧式模組噴霧狀況。



圖5模組各量測點架設位置



圖6噴霧式模組噴霧狀況



P. 44/68

- □某便利商店木心式模組測試同樣無管排數之分。
  - ✓ 圖7為木心式模組灑水狀況,圖中為木心式模組上方之接水盤, 接水盤下方為木心材質。



圖7木心式模組灑水狀況



- □將前述工作項目所量測到的某飯店改良式蒸發冷卻模組 與某便利商店改良式蒸發冷卻模組之數據參數進行歸納 整理。
- □ 在整理數據參數後,以進行性能分析。
  - ✓ 擷取外氣溫濕度與模組進出口溫度,畫出改良式蒸發冷卻模組進出口溫度變化圖,以探討各模組降溫效果。
  - ✓ 比較安裝模組後與安裝模組前之耗電功率,並計算出各模組之節 能效益。

朋



P. 46/68

- □ 將某飯店各模組降溫效果統整為表格,如下表所示。
  - ✓ 噴霧式模組(2hp)在三排灑水時降溫效果最好。
  - ✓ 噴霧式模組(1/2hp)與噴霧式模組(2hp)在雙排灑水時降溫效果相差不大。
  - ✓ 噴霧式模組(1/2hp)在三排灑水時,模組後方之水管灑水效果較差 造成降溫效果最差。
  - ✓ 木心式模組降溫效果介於噴霧式模組單排灑水與雙排灑水之間。

表1某飯店改良式蒸發冷卻模組之降溫效果

	1/2 hp	2 hp
單排灑水	1.05 ℃	
雙排灑水	2 ℃	2.06 ℃
三排灑水	0.45 ℃	2.57 ℃
木心式	1.27 ℃	

朋



P. 47/68

□ 將基準線相關參數T<sub>c</sub>、T<sub>OA</sub>及PLR代入先前建立之基準線 方程式中,以迴歸出基準線耗電功率,並將實際量測之 耗電功率與基準線耗電功率進行比較。

$$P_{t} = 7255.46 - 44.4059 \times T_{c} - 33789.9 \times T_{c}^{2} - 268.845 \times T_{OA}$$
$$-19.2767 \times T_{OA}^{2} + 5179.9 \times PLR - 38.2738 \times PLR^{2}$$
$$+129.379 \times T_{chw} \times T_{OA} + 1218.75 \times T_{c} \times PLR + 58.3473 \times T_{OA} \times PLR$$

□ 進行安裝模組前與安裝模組後之耗電功率分析,並畫出 耗電功率變化圖,以下圖中Post-installation為安裝模組後 之耗電功率, Pre-installation為基準線耗電功率, T<sub>OA</sub>為外 氣溫度, PLR為部分負載率。

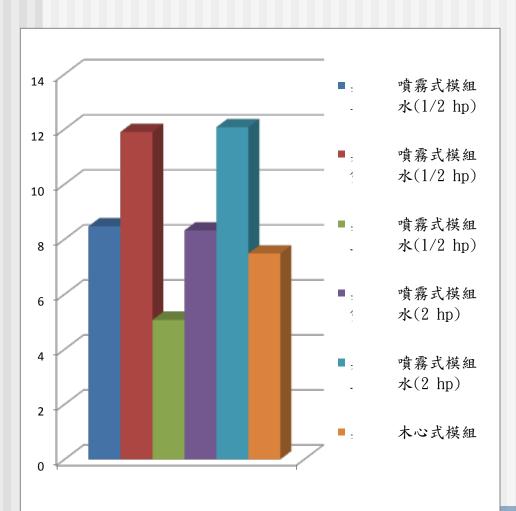


P. 48/68

### 節能效益與經濟效益

明

□ 某飯店各改良式蒸發冷卻模組非夏季節能效益



各改良式蒸發冷卻模組	節能效益(%)
噴霧式模組單排灑水(1/2 hp)	8.47
噴霧式模組雙排灑水(1/2 hp)	11.9
噴霧式模組三排灑水(1/2 hp)	5.07
噴霧式模組雙排灑水(2 hp)	8.32
噴霧式模組三排灑水(2 hp)	12.07
木心式模組	7.48



P. 49/68

- □ 目前有針對某便利商店開放式冷藏櫃之室外機及空調室外機進 行新改良式蒸發冷卻模組設計並製造。
  - ✓ 兩台室外機廠牌分別為日立及大金。
  - ✓ 下圖為日立室外機之現場照片。



圖23日立室外機進風面

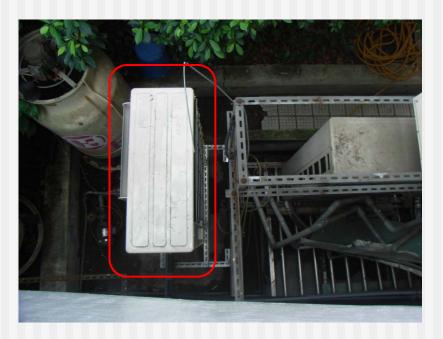


圖24日立室外機上視圖



P. 50/68

- □目前日立室外機之改良式蒸發冷卻模組外型已打 造完成,並安裝於日立室外機。
  - ✓ 下圖為現場改良式蒸發冷卻模組情形。





圖25日立室外機之改良式蒸發冷卻模組



- ✓ 下圖為大金室外機之現場照片。
- ✓ 圖27中欲安裝新間接蒸發模組之大金室外機位於下方。



圖26 大金室外機進風面



圖27大金室外機上視圖



P. 52/68

- □ 日立改良式蒸發冷卻模組測試需量測基準線所需之參數以及一些參考參數等,量測參數包括外氣溫濕度、室外機入出口溫濕度、模組入出口溫濕度、室外機耗電功率。
- 其中室外機入口就是模組出口,將所需架設之量測儀器架設完成後,便開始運轉模組,以進行改良式蒸發冷卻模組測試。

明





安裝量測儀器於模組及室外機



運轉安裝於日立室外機改良式蒸發 冷卻模組時內部狀況



P. 53/68

□ 將某便利商店基準線參數數據T<sub>OA</sub>、T<sub>eva</sub>及Q<sub>e</sub>代入先前建立之基準線方程式,以計算出冷藏櫃室外機安裝模組前的耗電功率,並進行安裝模組前與安裝模組後之耗電功率比較。

$$\begin{split} P_{t} &= -2.21575 + 1.35332 \times Q_{e} + 0.020531 \times T_{OA} + 0.161158 \times T_{eva} \\ &- 0.13964 \times Q_{e}^{2} - 0.00016 \times T_{OA}^{2} + 0.007198 \times T_{eva}^{2} \\ &+ 0.003407 \times Q_{e} \times T_{OA} - 0.0034 \times T_{OA} \times T_{eva} - 0.02846 \times Q_{e} \times T_{eva} \end{split}$$

□ 以下圖中Post-installation為安裝改良式蒸發冷卻模組後之 耗電功率,Pre-installation為基準線耗電功率,T<sub>OA</sub>為外氣 溫度。



P. 54/68

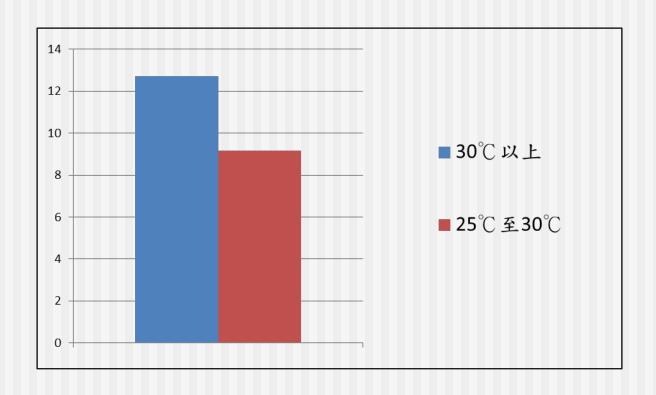
- □ 將以上某便利商店各模組降溫效果與及能效益統整為表格,如下表所示。
  - ✓ 噴霧式模組較木心式模組多降溫0.6℃。
  - ✓ 噴霧式模組較木心式模組節能效益高1.25%。
  - ✓ 結果可知噴霧式模組節能效果較木心式模組好。

表3某便利商店間接蒸發模組之平均降溫及節能效益

	平均降溫	節能效益
噴霧式模組	2.57 °C	10.05%
木心式模組	1.97 ℃	8.8%



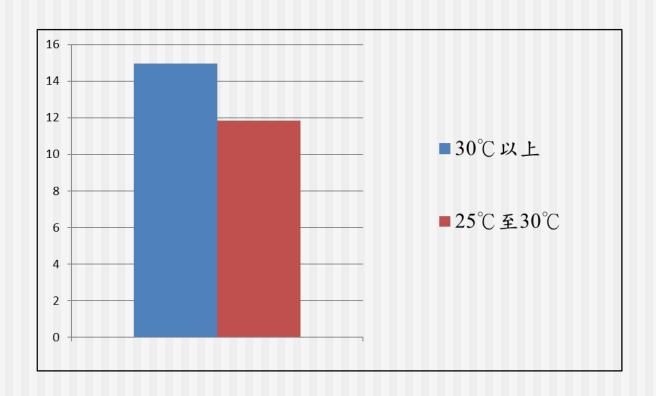
- □ 開放式冷藏櫃室外機夏季與非夏季節能效益
  - ✓ 進行完節能效益計算可知開放式冷藏櫃室外機夏季(30°C以上)可節能**12.7%**,非夏季(25°C~30°C)可節能**9.16%**,下圖為兩者節能效益比較圖,單位為百分比。





P. 56/68

- □ 空調室外機夏季與非夏季節能效益
  - ✓ 進行完節能效益計算可知空調室外機夏季 $(30^{\circ}\mathbb{C})$ 以上)可節能(14.95%),非夏季 $(25^{\circ}\mathbb{C}\sim30^{\circ}\mathbb{C})$ 可節能(11.83%),下圖為兩者節能效益比較圖,單位為百分比。



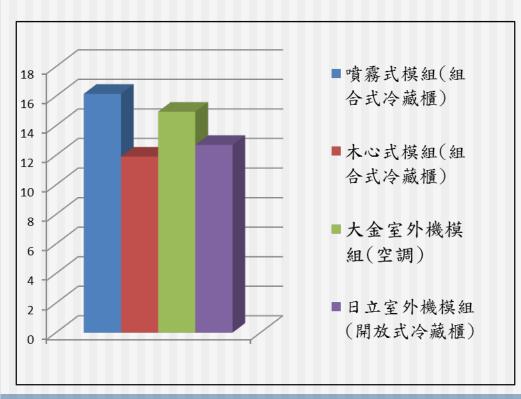
朋



P. 57/68

- □ 將以上各模組之夏季節能效益整理為圖表,如下所示。
- □ 由結果可知於夏季時段該改良式蒸發冷卻模組節能效益最高為安裝於組合式 冷藏櫃室外機之噴霧式模組,節能效益最低為安裝於組合式冷藏櫃室外機之 木心式模組。

明

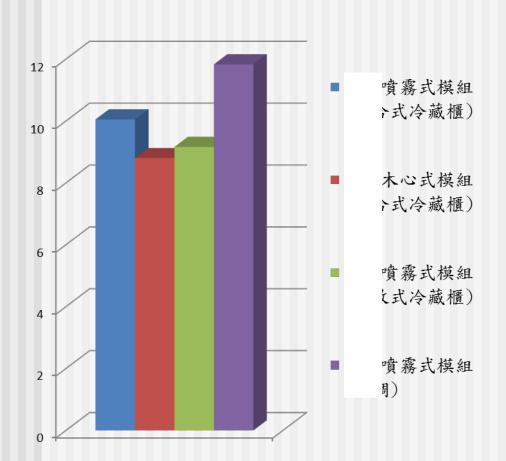


改良式蒸發冷卻模組	節能效益(%)
噴霧式模組(組合式冷 藏櫃)	16.16
木心式模組(組合式冷 藏櫃)	11.91
大金室外機模組(空調)	14.95
日立室外機模組(開放 式冷藏櫃)	12.7



P. 58/68

□ 某便利商店各改良式蒸發冷卻模組非夏季節能效益



各改良式蒸發冷卻模組	節能效益(%)
噴霧式模組(組合式冷 藏櫃)	10.05
木心式模組(組合式冷藏櫃)	8.8
噴霧式模組(開放式冷 藏櫃)	9.16
噴霧式模組(空調)	11.83



明 P. 59/68

#### 各模組回收年限計算

- 針對上述各模組節能效益進行回收年限計算,量測時段為夏季及非夏季,電費分別以夏月及非夏月之價格計算,另外有加入耗水費用進行計算。
- 其中某飯店模組成本以10萬元進行計算,某便利商店各模組(安裝於組合式冷藏櫃室外機、安裝於開放式冷藏櫃室外機、安裝於空調室外機)因製造成本相差不大,故皆以5萬6千元進行計算。
- □ 下表為台電營業用電費資料與台灣自來水公司用水費用資料(單位:元),電費價格以701度以上之金額進行計算,水費價格以51度以上之金額進行計算。

	夏月(6月1日	非夏月(夏月
	至9月30日)	以外時間)
330度以下	3.76	3.02
331度~500度	4.05	3.27
500度~700度	4.51	3.55
701度以上	5.1	3.97

#### ←營業用電費資料

↓自來水用水費用資

明

料

段別	第一段	第二段	第三段	第四段
每月抄表	1~10度	11~30度	31~50度	51度以上
每度單價	7.35	9.45	11.55	12.075

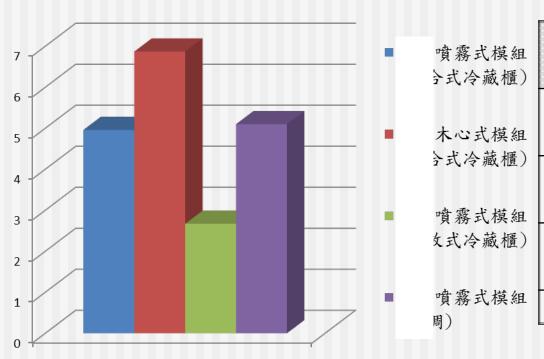


P. 60/68

□ 將各改良式蒸發冷卻模組夏季及非夏季節能效益以上述費用進行回收年限計 算。

明

□ 某便利商店各模組夏季回收年限結果如下:



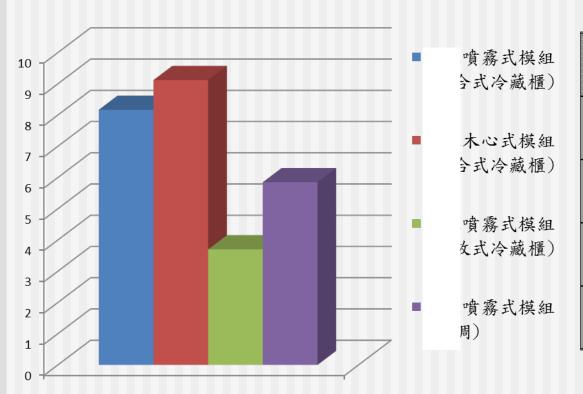
各改良式蒸發冷卻模組	回收年限 (年)
噴霧式模組(組合式冷 藏櫃)	4.96
木心式模組(組合式冷 藏櫃)	6.87
噴霧式模組(開放式冷 藏櫃)	2.67
噴霧式模組(空調)	5.1



P. 61/68

明

□ 某便利商店各模組非夏季回收年限結果如下:



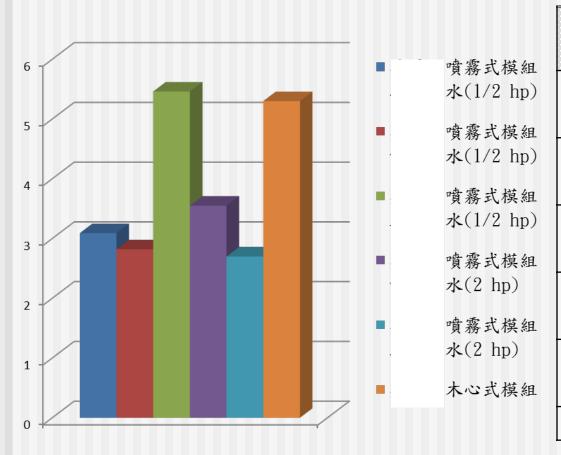
各改良式蒸發冷 卻模組	回收年限(年)
噴霧式模組(組合式冷藏櫃)	8.17
木心式模組(組合式冷藏櫃)	9.12
噴霧式模組(開放式冷藏櫃)	3.7
噴霧式模組(空調)	5.85



P. 62/68

腑

#### □ 某飯店各模組非夏季回收年限結果如下:



各改良式蒸發冷卻模組	回收年限(年)
噴霧式模組單排灑水 (1/2 hp)	3.09
噴霧式模組雙排灑水 (1/2 hp)	2.82
噴霧式模組三排灑水 (1/2 hp)	5.46
噴霧式模組雙排灑水(2 hp)	3.55
噴霧式模組三排灑水(2 hp)	2.7
木心式模組	5.3



P. 63/68

### 節能效益與經濟效益

□ 將以上節能效益與回收年限結果統整為下表所示:

- 71 - 1 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1				
	非夏季		夏季	
改良式蒸發冷卻模組	節能效益(%)	回收年限(年)	節能效益(%)	回收年限(年)
某飯店噴霧式模組單排灑水(1/2 hp)	8.74	3.09		
某飯店噴霧式模組雙排灑水(1/2 hp)	11.9	2.82		
某飯店噴霧式模組三排灑水(1/2 hp)	5.07	5.46		
某飯店噴霧式模組雙排灑水(2 hp)	8.32	3.55	-	
某飯店噴霧式模組三排灑水(2 hp)	12.07	2.7		
某飯店木心式模組	7.48	5.3		
某便利商店噴霧式模組(組合式冷藏櫃)	10.05	8.17	16.16	4.96
某便利商店木心式模組(組合式冷藏櫃)	8.8	9.12	11.91	6.87
噴霧式模組(開放式冷藏櫃)	9.16	3.7	12.7	2.67
噴霧式模組(空調)	11.83	5.85	14.95	5.1



P. 64/68

#### 目標市場及業務量評估

- □ 依據綠基會提供台灣便利商店之統計資料,以評估改良式蒸發冷卻模組之業務量,因便利商店室外機型式相差不多,故除了目前實驗場所之外,也提供其它便利商店門市數量。
  - ✓ 下表為台灣便利商店門市數量統計。

表4台灣便利商店門市數量統計

	門市總數量
7-11	4803
全家	2810
萊爾富	1295
OK	870
總計台灣便 利商店數量	9778



P. 65/68

#### 目標市場及業務量評估

- □ 依據台灣便利商店門市數量調查統計,可知台灣便利商店總數量約為9778家,假設一家便利商店可安裝四台改良式蒸發冷卻冷卻模組,故台灣可安裝模組數量為39112台。
- □冷藏櫃主機噸數為5噸,其售價約為12萬元,假定日後改良式蒸發冷卻模冷卻模組成本為主機售價之15%,故模組成本為18000元,市場產值約39112台乘以18000元=70401萬元
  表5不同室外機數量之評估量

冷凍冷藏櫃室外機 及空調機室外機數 量	可安裝改良式蒸發 冷卻模組之數量	市場產值(萬元)
2	19556	35200
3	29334	52801
4	39112	70401

明



P. 66/68

### 結 語

- □ 傳統蒸發式冷卻技術面臨甚多實務使用之缺失, 本研發已陸續克服相關問題,並同時能維持高效 率設備運轉狀況。
- □時值國際化石能源短缺、氣候變遷、環保等問題 惡化之際,對蒸發式冷卻技術深入而持續之研究 開發已刻不容緩。
- □各設備製造廠家應務實地掌握此最佳之契機,提 升自我技術能力與競爭力,以搶得國際市場之先 機,並對地球之永續發展善盡一份心力。



P. 67/68



