

儲冰(冷)式分離型冷氣機之開發

子計畫四：儲冰(冷)式分離型冷氣機之整合設計與製造研究(III)

計畫編號：NSC87-2212-E-002-084

執行期間：86年8月1日 87年7月31日

計畫主持人：陳希立 國立台灣大學機械工程學系

中文摘要

本計劃利用試驗機組驗證了一套包含壓縮機、氣冷式冷凝器、感溫式膨脹閥與直膨式儲冰盤管之套裝儲冰式冷水機融冰控制方法。依據理論模擬與實驗所得到之數據顯示，該模式具有相當程度之準確性。此外，更依據此理論分析模式，進行冰盤管式之套裝儲冰式冷水機組的元件理論模擬設計，在調整不同參數之情況下，我們可以獲致一些相關設計之準則，提供實際設計時的參考。

關鍵詞：融冰控制方法、儲冰空調系統

Abstract

This paper presents a theoretical model and a control strategy of melting process for optimizing the components of a packaged ice-storage air-conditioning system, which consists of a compressor, an air-cooled condenser, a thermostatic expansion valve and a direct-expansion coil plate evaporator. The simulation results for system performance was compared with experimental data and it is shown that the model is valid. Finally, a series of simulation are conducted to investigate the design criteria of the system components.

Keywords: Control Strategy of Melting Process, Ice-Storage Air-Conditioning System

緣由與目的

儲冰式中央空調系統轉移夏季尖峰負載的能力雖早已受到肯定，但是

目前儲冰式中央空調系統並未能推廣普及，乃肇因於現有儲冰式中央空調系統的系統操作效率低，回收年限過長，在經濟效益上不合乎成本考量。探究其系統效能不佳之原因，儲冰式冷水機本身之元件設計不當為重要因素之一。另一方面，由於儲冰式中央空調系統需佔用大量建築空間，但台灣地區地小人稠寸土寸金，使得相關政府機構在推廣儲冰空調上，遭遇不少阻力。因此有必要將儲冰式中央空調系統小型套裝化，以增加中小型用電戶採用之誘因，協助相關單位健全負載管理。

由於鮮少有文獻針對冰盤管式之套裝儲冰式冷水機來進行分析，本研究將針對這個主題，先發展冰盤管式之套裝儲冰式冷水機之融冰過程理論分析模式，並經由實驗機組之驗證後，再進行儲冰式冷水機之融冰控制方法研究。

研究方法

本文所採用之儲冰槽構造，為由數片平行配置之平板狀儲冰盤管所構成，對儲冰槽而言，進水於儲冰槽上方，而出水於儲冰槽下方。其中儲冰槽所使用之平板狀儲冰盤管，為將冷媒銅管焊接於銅板上，以銅板良好的熱傳導特性將冰層均勻地分佈在儲冰盤管上，使蒸發器得維持較佳之熱傳性能。另外，由於儲冰槽為一複雜之

三維現象，為避免求解複雜之三維流場，吾人在文中建立兩種不同之簡化分析模式，分別為準一維分析模式 (quasi-one-dimensional analysis model) 與塊狀模式 (lumped-capacity analysis model)，茲分述如下：

準一維分析模式:

為簡化分析成一維模式我們做了以下之假設：

1. 假設流動只發生在 x 方向 (平行於冰層之方向)，即 $v=0$ ， $u=u(x)$
2. 忽略垂直於水流動方向之熱傳導，即 $T=T(x)$
3. 將冰水介面之對流熱傳及融冰後所空出之體積而引入之流體導致之溫差視為流體之內部熱源 ϕ ，而不視為邊界條件。
4. 假設因融冰後空出之體積而引入之流體，來自上一格點，即 $T_{induced}=T_{i-1}$ 。
5. 假設冰層溫度永遠保持於 0。
6. 忽略水側壓降之影響 (假設壓降對熱傳效果影響不大)

塊狀分析模式:

在量測儲冰槽槽內各位置水溫時可以發現，槽內水溫與出水水溫極為接近，顯示槽內混合狀況良好。故可將整個儲冰槽內的水溫視為單一。

融冰控制方法

在本研究中以冰盤管式之套裝儲冰式冷水機組之實驗，成功的發展了以下之融冰控制方法：

一般空調回水的水溫約為 12°C ，因此我們可以假設儲冰槽的入水溫是 12°C ，在這個條件下，數值上可藉總熱傳係數 h_u 與餘冰之表面積 A_{ice} 的假設，而算出不同循環水流量下餘冰量

隨時間變化 (如圖 1)，及不同循環水流量下，出水水溫隨時間之變化 (如圖 2)。由圖 1 及 2 中可知：固定回水溫度之情況下，若循環水流量增大，可使融冰速率快，但相對的出水溫度也較高。

為了在釋冷時對系統做控制，因此將圖 1 與圖 2 轉換為不同之固定回水溫度下，儲冰槽之餘冰量與出水溫度 (如圖 3) 以及儲冰槽之餘冰量與空調能力 (如圖 4) 之關係。由圖 4 中可以發現出水的溫度與餘冰量的關係較密切，而與循環水流量的關係較不明顯，在曲線的右方，其出水溫度對應於餘冰量有急劇上升的趨勢，這是因為在釋冷之初期，槽內水溫仍接近零度，冷卻能力來自於儲冰槽的熱容項，而非其融冰的效果特別好。但在圖 3,4 中，空調能力便與循環水流量有很大的關係了，如同一般人所想像地，循環水流量越大，其空調能力也越大，若能以探測器量得槽內餘冰量，再配合上負荷側之負載條件，對照圖 4 便可得知其應有的循環水量了。同上述，在圖的右邊有空調能力特佳之處，其原因亦是釋冷初期，槽內仍有段時間可維持低水溫，冷卻能力來自於儲冰槽的熱容項，非是融冰所造成。

前段所述之控制策略乃基於 12°C 之回水溫，倘若回水溫度不為 12°C ，應利用前述方法可再繪製出回水溫度分別在如 10°C 、 8°C 、 6°C 時其出水溫度對應餘冰量的關係圖與釋冷能力對應餘冰量的關係圖。本文中所提的方法即是利用類似浮球控制開關的設施量測儲冰槽水位高，換算得儲冰槽中之餘冰量，配合量測空調系統之回水溫

度，對應逐時之空調負荷，便可藉圖 4 之系列圖表以查得其所需之循環水流量。

結果與討論

本計劃以平板狀儲冰盤管之儲冰槽為研究對象，進行理論分析、實驗驗證及控制方法研究，在計劃中吾人所獲致之成果與結論茲分述如下：

1. 以準一維分析模式與塊狀模式，模擬本質上為三維流場之儲冰槽熱傳現象。經由實驗機組之驗證，可得知：準一維模式在儲冰槽循環流量較高之場合具有較高之偏差，原因在於準一維模式所考慮之對流熱傳係數與流速無關。但由實驗上發現，儲冰槽之對流熱傳係數會因流速增大而增大；另一方面，基於由實驗求出儲冰槽總熱傳係數之塊狀模式，於模擬時具有相當不錯之準確性。
2. 我們可藉由找出不同之固定回水溫度下，儲冰槽之餘冰量與出水溫度以及空調能力之關係，並將其繪製成圖表，或以電腦軟體建立一操作狀態資料庫，以即時監測所得儲冰槽之餘冰量與空調系統之回水溫度，回饋至控制系統，用以即時調整恰好符合空調所須之循環水流量。

參考文獻

- [1] Nelson, D.J., Vick, B., and Yu, Xianhui, "Model of an ice-on-pipe brine thermal storage component," *ASHRAE Transaction*, Vol.102, Part 1, pp.45-54, 1996a.
- [2] Nelson, D.J., Vick, B., and Yu, Xianhui, "Validation of the algorithm for ice-on-pipe brine thermal storage systems," *ASHRAE Transaction*, Vol.102, Part 1, pp.55-62, 1996b.
- [3] Neto, J.H.M. and Krarti, M., "Deterministic model for an internal melt ice-on-coil thermal storage tank," *ASHRAE Transaction*, Vol.103, Part 1, pp.113-124, 1997a.
- [4] Neto, J.H.M. and Krarti, M., "Experimental validation of a numerical model for an internal melt ice-on-coil thermal storage tank," *ASHRAE Transaction*, Vol.103, Part 1, pp.125-128, 1997b.
- [5] Shah, R.K. and London, A.L., *Laminar flow: forced convection in ducts*, Academic Press, New York, 1978.
- [6] Stewart, W.E., Gute, G.D., Chandrasekharan, J., and Saunders, C.K., "Modeling of the melting process of ice stores in rectangular thermal energy storage tanks with multiple ice openings," *ASHRAE Transaction*, Vol.101, Part 1, pp.66-78, 1995a.
- [7] Stewart, W.E., Gute, G.D., Chandrasekharan, J., and Saunders, C.K., "Ice-melting and melt water discharge temperature characteristics of packed ice beds for rectangular storage tanks," *ASHRAE Transaction*, Vol.101, Part 1, pp.79-89, 1995b.
- [8] Vick, B., Nelson, D.J., and Yu Xianhui, "Model of an ice-on-pipe brine thermal storage component," *ASHRAE Transaction*, Vol.102, Part 1, pp.45-54, 1996.

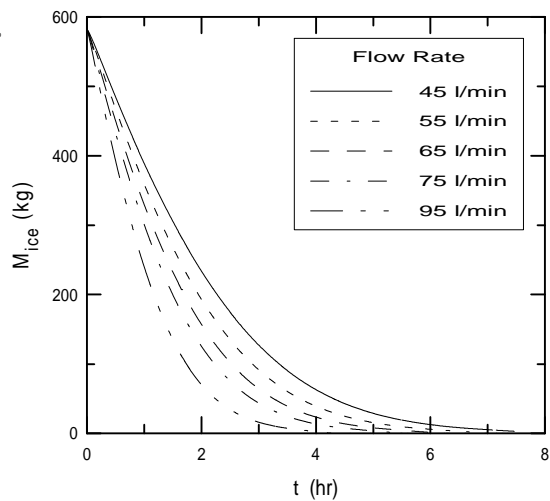


圖 1 不同循環水流量下、餘冰量隨時間變化圖
(以固定回水水溫 12 為例)

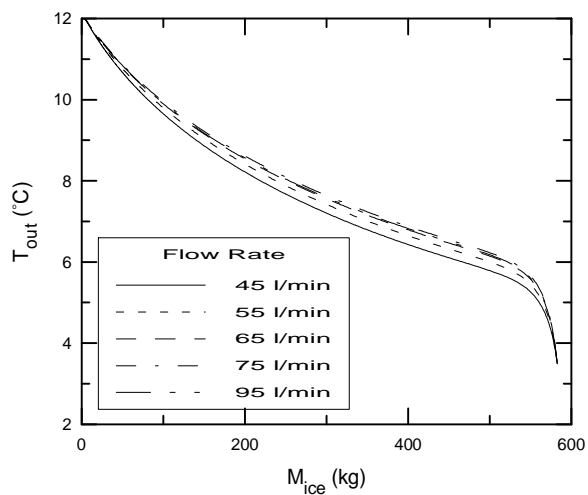


圖 3 不同循環水流量下、餘冰量與出水水溫關係圖
(以固定回水水溫 12 為例)

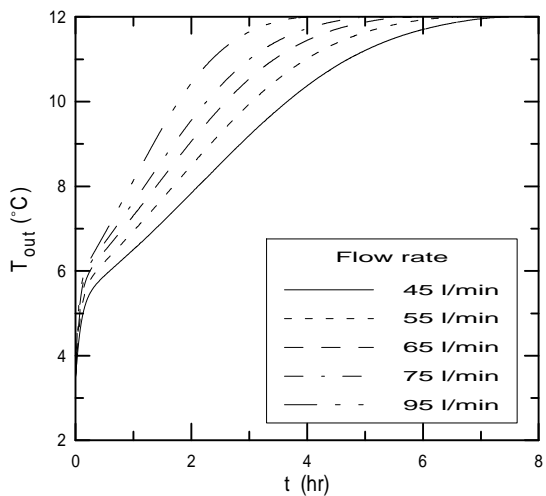


圖 2 不同循環水流量下、儲冰槽出水水溫隨時間變化圖
(以固定回水水溫 12 為例)

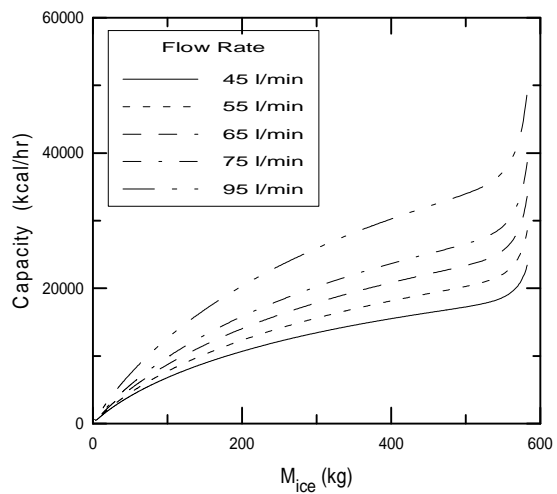


圖 4 不同循環水流量下、餘冰量與空調能力關係圖
(固定回水水溫 12)