

固定式直立蜂巢體全熱交換器之研發

李志良

德霖技術學院機械工程系

摘要

本研究在研發固定式直立蜂巢體全熱交換器，固定的蜂巢板將兩側流體分成供應新鮮空氣區與廢氣排出區，此兩側流體透過除濕劑(氯化鋰)水溶液的循環，將溫度〈顯熱〉及濕度〈潛熱〉的熱能在不同分隔區間迴轉作熱能的交換。戶外高溫高濕氣體將全熱(潛熱與顯熱)傳至蜂巢板，經水溶液的循環將全熱傳給室內回氣由廢氣排出，而進入室內之新鮮空氣則得到降溫降濕熱交換及節約能源的效果。傳統之全熱交換器多為旋轉式之滾輪，其製造成本較高，而本研究研發之固定式直立蜂巢體全熱交換器，具有熱交換效果且能降低設備成本。

關鍵字：固定式、蜂巢體、全熱交換器

The Development for Fixed Type Total Heat Exchanger with Vertical Honey-comb

Chi-Liang Lee

Department of Mechanical Engineering, De-Lin Institute of Technology

Abstract

The fixed type total heat exchanger with vertical honey-comb is developed in this study. The separator divided the honey-comb plate into the exhaust and the supply zones. In other words, supply and exhaust air flow alternately through the honey-comb plate in opposite direction. Almost all the total heat passing through the supply zone is absorbed into the rotor element. The honey-comb plate accumulate the total heat (sensible heat and latent heat) by circular LiCl solution and transfer the total heat to the air of the exhaust zone on the other side. Thus, the exhaust air is taken to the return air and the supply air is into the outdoor air while the temperature and humidity is fully transferred to the exhaust air. It can be said, therefore, that the function of this heat exchanger is to supply the fresh air after bringing it close to the room air condition when there is a difference in temperature and/or humidity, and thus save energy. The traditional total heat exchanger was rotary type that was expensive for the rotor. In this study, the fixed type total heat exchanger with vertical honey-comb will be developed. At final purpose, in the hope of getting the result is higher efficiency and lower costs for total heat exchanger.

Keywords : fixed type, honey-comb plate, total heat exchanger

壹、前言

在高度開發社會的居住環境裡，不僅要求溫濕度的舒適，也開始注重空氣品質及噪音程度。現代的建築為了美觀及隔絕噪音，大部分採用密閉空間設計並大量採用會產生有毒氣體的裝潢材料，這些有毒物質在密閉建築內之空氣中，會讓人的呼吸器官感到不舒服，或發生頭疼、注意力不集中，甚至感染上呼吸道疾病、支氣管炎等明顯疾病。因此在密閉建築內之空調系統中，為求人員之舒適及通風順暢，皆須考慮引入外界新鮮空氣，同時排除部份室內空氣。由於外氣為高溫高濕狀態，因此冷氣負荷大部分為外氣負荷所佔有。

全熱交換器就是在已裝設冷暖空調設備的辦公大樓、醫院、體育館、禮堂、工廠、百貨公司等建築物內，利用排出之空氣與進入之新鮮空氣行潛熱與顯熱交換而回收能源，進而達到節約能源並保持通風良好之設備。在夏天可以將進氣預冷及除濕，在冬天可以將進氣預熱與加濕。其能源回收能力可以達到70%以上，因此降低了空調系統中冷氣噸數及耗電量。使用全熱交換器於空調系統中之優點如下：

- a. 在新鮮空氣引入量不變之下，減少新鮮空氣耗用冷氣能源達 70% 以上。
- b. 可完成外氣之預冷及除濕或預熱及加濕，代替預冷或預熱空調箱，適合海島型氣候及高溫多濕場所使用。
- c. 由於外氣負荷大量減低，可提高冷氣盤管露點溫度，因此冷氣機之蒸發壓力提高，則同一部冷氣機之冷氣工作能量提高。
- d. 外氣負荷受到控制，因此空氣調節之自動控制容易。
- e. 在即有之空調設備及即有之新鮮空氣量中，裝用全熱交換器時，可增加新鮮空氣量三到四倍，而改善使用場所之通風狀況。
- f. 在擴建廠房而擬增設空調設備時，若裝用全熱交換器，可將節省之冷氣噸數移用。
- g. 在同一場所依傳統來設計空調系統與設計採用全熱交換器之空調系統，其設置費用相當，但裝用全熱交換器系統不僅節省耗電，平常保養維護費用也較少。

目前傳統之全熱交換器為旋轉式滾輪，但是其造價太高，設計一個旋轉式全熱交換器時需要考量的參數很多，例如滾輪的外形尺寸及其旋轉的速度，熱交換交叉流體的質量與熱容流率及正向截面積大小，還有滾輪基體在各方向的熱傳導性的影響等，都直接影響到旋轉式全熱交換器的熱效率。有關旋轉式全熱交換器的相關研究可以參考Kays and London [1]所著的"Compact Heat Exchangers"一書，還有許多不同的研究學者針對旋轉式熱交換器之研究發表了不少的著述 [2-5]，而其中以Lamberston [3]，及Bahnke and Howard [5]提出較完整的數值解，以有限差分法來解旋轉式熱交換器於有限轉速及有限縱向熱傳導的穩態操作情形。又Hoimbert [6,7]則再利用Gauss-Seidel的疊代方法來解旋轉式熱交換器於滾輪基體覆著除濕劑與沒有覆著除濕劑的熱與質傳問題，並將其結果應用於固體除濕冷卻空調系統之中。而Van Leersum and Ambrose [8]以及Lai, Shih and Chuah [9]更將其熱與質傳問題做出實驗數據與有限差分的數值解做比較，來相互驗證研究結果的正確性。至於其他的相關研究亦有Li [10]的研究來解熱交換器中流體與滾輪基體的溫度分佈情形，以及Skeipko [11]利用分離變數法來解能量方程式以求得滾輪基體在考慮縱向熱傳導的影響。另Attia and D'Silva's [12]更將滾輪基體圓周向的熱傳導加入數學模式中，但是仍僅止於二維的研究，故Hong [13]提出了一完整的三維分析研究，包括了滾輪基體縱向、圓周向及徑向三個方向的熱傳導性，同時亦將三維的溫度分佈場繪出，而滾輪的幾何形狀對熱效率的影響亦在研究之中。另為瞭解旋轉式熱交換器於運轉操作中，兩交叉流體的質量與熱容流率與所通過的截面積比對熱效率的影響，Lee [14]以數值模擬方式做出旋轉式熱交換器之研究，林文鋒[15]為蜂巢式除濕輪的除濕機之相關研究。

貳、研究內容

固定式直立蜂巢體全熱交換器之研發

現有全熱交換輪是利用滾輪為熱能承載體，將溫度〈顯熱〉及濕度〈潛熱〉的熱能在不同分隔區間迴轉作熱能的交換。本研究則是要研發新型之固定式直立蜂巢體全熱交換器，利用除濕劑(LiCl)水溶液的循環為熱能承載體，以下為圖 1 流程示意圖。

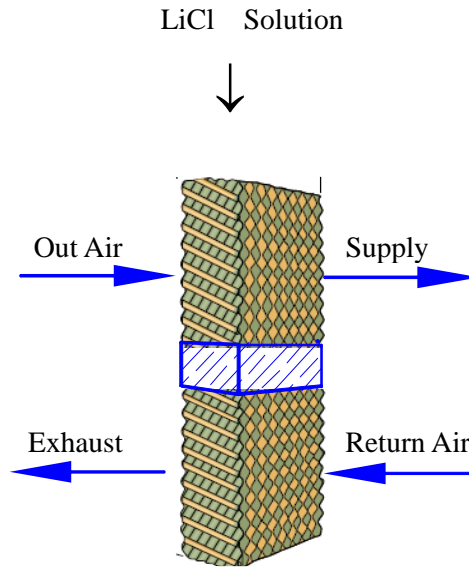


圖 1. 流程示意圖

固定式直立蜂巢體全熱交換器與旋轉式全熱交換器比較之優點如下：

1. 不需連續轉動全熱交換輪，熱能傳導由水溶液的循環取代。
2. 不需提供轉動全熱交換輪之動力，沒有氣封板磨損之問題，沒有驅動減速機皮帶滑動之問題，沒有進排氣洩露之問題。
3. 由於蜂巢體不需轉動，潛熱轉換顯熱幾乎相等，沒有蓄熱移行致熱能損耗的問題，因此增加熱能回收 5~15%。
4. 空氣與水溶液直接接觸，是所有各種型式熱交換器熱交換效率最高的。
5. 有效簡化構件，使整體構造簡單，除降低製造成本之外，其後續維修費用亦可減少。
6. 可加入消毒液，使進排空氣具洗滌清淨殺菌作用。
7. 加入不凍液時，可用於冬季熱回收。

本研究為國科會補助之產學計畫案，計畫中將設計研發製作出固定式直立蜂巢體全熱交換器之原型機，並進行性能實驗測試，以利後續產品開發商品化及改良相關工程之進行。如圖 2. 所示為固定式直立蜂巢體全熱交換器的原型機，將蜂巢板固定於水盤中，在蜂巢板上方設置噴水口，增加與通過空氣的接觸面積，提高交換效率。工作流體是水以做為潛熱和顯熱積蓄與釋放的媒介。固定式直立蜂巢體熱交換空氣洗滌器的內部由泵浦、蜂巢板、上下水盤、流量計、溫度測定儀而組成。



圖 2. 固定式直立蜂巢體全熱交換器原型機

參、結果與討論

為方便進行實驗，圖 3.所示在固定式直立蜂巢體全熱交換器本體外側兩邊各做一組進排氣口，再利用風車帶動裡頭空氣流動，可加速空氣熱交換效率。再將壓克力板組裝於外殼，以便觀看裡面水流的情形和方便量測。圖 4.為置於水盤上之固定式直立蜂巢體。



圖 3.進氣口



圖 4. 置於水盤上之固定式直立蜂巢體

完成了固定式直立蜂巢體全熱交換器原型機之後，要進行實驗測試。首先利用冷氣機來控制室內空氣的溫度，再用封閉的風管將冷氣機所吹出來的空氣由進氣口(RA)進入，通過了利用水循環在蜂巢體裡頭做熱交換的機組，室內空氣經由水把冷能抓下後排至室外空氣的排氣口(EA)。而室外空氣則經由另一個進氣口(OA)吸入，經由上方帶有冷能的水在蜂巢體裡頭進行熱交換，將室外空氣冷卻後將排至室內屋中(SA)。而流到下水盤裡頭的水再由水泵打至上方的蜂巢體重複循環做熱交換的動作。在此可以控制風車的風量和水的流量來進行實驗，並利用原型機內部的溫度感測器來量測(RA)、(EA)、(OA)、(SA)的溫度，數據結果會顯示在儀表版上如圖 5.，並將實驗數據紀錄在實驗數據表上如下表 1。



圖 5. 實驗儀表板

表 1. 實驗數據表

風量與循環水量	EA		RA		OA		SA		上水盤 °C	下水盤 °C	OA-SA °C
	°C	RH-%	°C	RH-%	°C	RH-%	°C	RH-%			
1800CMH 40L/min	26.9	92.1	25.5	81.6	32.7	65.0	28.5	91.7	24.3	25.4	4.2
1650CMH 40L/min	26.7	92.1	25.1	81.5	32.2	65.5	28.2	91.7	24.1	25.2	4.0
1500CMH 40L/min	26.5	92.1	24.6	82.8	32.1	64.7	28.0	91.6	23.8	24.9	4.1
1350CMH 40L/min	26.2	92.1	24.1	86.3	31.9	65.8	27.8	91.6	23.6	24.6	4.1
1200CMH 40L/min	26.0	92.1	23.3	90.1	31.7	63.9	27.7	91.6	23.3	24.4	4.0
1050CMH 40L/min	26.0	92.3	22.6	90.8	31.7	65.1	27.6	91.7	23	24.1	4.1
1800CMH 30L/min	25.6	92.7	25.0	86.0	33.4	60.2	28.4	90.9	24.1	25.4	5.0
1650CMH 30L/min	26.3	92.2	24.9	85.0	33.3	60.9	28.6	91.7	24.2	25.5	4.7
1500CMH 30L/min	26.1	92.3	24.4	89.5	32.8	62.7	28.5	90.9	23.8	25.1	4.3
1350CMH 30L/min	26.2	92.2	24.0	89.7	32.5	64.0	28.4	91.6	23.7	24.9	4.1
1200CMH 30L/min	25.9	92.1	23.2	90.4	32.2	63.9	28.0	91.6	23.2	24.5	4.2
1050CMH 30L/min	26.0	92.3	22.5	90.8	32.0	64.7	27.9	91.7	23.1	24.2	4.1

實驗中分 40L/min 及 30L/min 兩組，最小風量從 1050CMH 開始，以 150CMH 遞增到 1800CMH 進行實驗測試。實驗結果顯示，室外空氣 (OA) 經熱交換降溫後，到進入室內之空氣(SA)，平均降溫均有達到 4°C 以上的效果，本研究之固定式直立蜂巢體全熱交換器為值得再繼續研發的節能設備。

肆、結論

現有全熱交換輪是利用轉輪為熱能承載體，將溫度〈顯熱〉及濕度〈潛熱〉的熱能在不同分隔區間迴轉作熱能的交換。本研究之固定式直立蜂巢體全熱交換器，則是利用水溶液的循環為熱能承載體，由於全熱交換輪造價及成本過高，本研究研發之固定式直立蜂巢體全熱交換器，除了可以降低製造成本外，經實驗結果顯示亦具有不錯的熱交換效果。未來研究方向將探討溫濕度交換效率，以補足其理論之熱力分析，希望此裝置可應用於醫院外氣除濕殺菌空調機以及 IC 半導體面板廠外氣除濕洗滌空調機等領域。

參考文獻

1. Kays, W.M., and London, A.L., "Compact Heat Exchangers," 3rd Edn. McGraw-Hill, New York, 1984.
2. Coppage, J.E., and London, A.L., "The Periodic-Flow regenerator-A Summary of Design Theory," ASME Transactions, Vol.75, 1953, pp.779-787.
3. Lambertson, T.J., "Performance Factors of a Periodic-Flow Heat Exchanger," ASME Transactions, Vol.80, 1958, pp.586-592.
4. Schalkwijk, W.F. "A Simplified Regenerator Theory," ASME Journal of Engineering for Power, Vol.81, 1959, pp.142-150.
5. Bahnke, G.D., and Howard, C.P., "The Effect of Longitudinal Heat Conduction on Periodic-Flow Heat Exchanger Performance," ASME Journal of Engineering for Power, Series A, Vol.86, 1964, pp.105-120.
6. Holmberg, R.B., "Heat and Mass Transfer in Rotary Heat Exchangers with Non-hygroscopic Materials," ASME Journal of Heat Transfer, Vol.99, 1977, pp.196-202.
7. Holmberg, R.B., "Combined Heat and Mass Transfer in Regenerators with Hygroscopic Materials," ASME Journal of Heat Transfer, Vol.101, 1979, pp.205-210.
8. Van Leersum, J.G., and Ambrose, C.W., "Comparisons Between Experiments and a Theoretical Model of Heat and Mass Transfer in Rotary Regenerators with Nonsorbing Matrices," ASME Journal of Heat Transfer, Vol.103, 1981, pp.189-195.
9. Lai, S.M., Shih, J.S. and Chuah, Y.K., "Computer Simulation and Performance Analysis of Rotary Desiccant Dehumidifier," 6th National Conference on Mechanical Engineering, CSME, 1989.
10. Li, C.H., "A Numerical Finite Difference Method for Performance Evaluation of a Periodic-Flow Heat Exchanger," ASME Journal of Heat Transfer, Vol.105, 1983, pp.611-617.
11. Skiepko, T., "The Effect of Matrix Longitudinal Heat Conduction on the Temperature Fields in the Rotary Heat Exchanger," Int. J. Heat Mass Transfer, Vol.31, No.11, 1987, pp.2227-2238.
12. Attia, M.H., and D'Silva, N.S., "On the Thermal Characteristics and Response Behavior of Residential Rotary Regenerative Heat Exchangers," in Tabore, J., Hewitt, G.F., and Afgan, N. (ed.), HEAT EXCHANGERS: Theory and Practice, Hemisphere Publishing Co., Washington, 1983.
13. Hong, J.Z., "The Thermal Characteristics of Rotary Heat Exchangers," Thesis for Master of Science, Department of Mechanical Engineering, Tatung Institute of Technology, 1991.
14. Lee, C.L., "The Optimal Analysis of Thermal Performance in Rotary Heat Exchanger," Thesis for Master of Science, Department of Mechanical Engineering, Tatung Institute of Technology, 1992.
15. 林文鋒，"蜂巢式除濕機簡介"，電機月刊第九卷第五期，pp. 151-158, 1999.