

遮陽鋁捲簾隔熱測試及節能效果評估研究

Calculation of the Result of Sunshade Aluminum Roller Blinds and Heat-insulation Efficiencies

國立台灣大學生物環境系統工程學系教授

韓 選 棠

Siian-Tang Han

摘 要

歐洲多數先進國家對於自然能源開發與建築節能的行動發展較早，加上歐洲冬季溫度較低，因此在建築外殼開窗部減少室內外傳導熱得的設計上，相對於國內則較受重視，而鋁捲簾則是其應用於開窗部的節能手法之一，對於他們而言，窗戶外的鋁捲簾是隨處可見、已然是一發展成熟的設備。台灣溫度及相對溼度等均較歐洲數值高，因此鋁捲簾應用於窗戶部位時，對室內隔熱之影響為何？若將隔熱測試結果運用於節能效益上的推估，又能節省多少空調耗能支出？本研究擬進一步探討。

本研究測試對象以夏季時西南側立面窗為主，主要量測(1)鋁捲簾模組內外表面溫度，(2)室外溫度與室內平均溫度，(3)室內外相對溼度。經實測結果計算後推估鋁捲簾關閉時可節省的空調耗能。

關鍵詞：鋁捲簾，隔熱，節能。

ABSTRACT

European most advanced countries for natural energy development and building the action of economy energy develop more early. Europe winter the temperature is lower, so in constructing shell to reduce indoor of heat getting of designing, opposite then be subjected to a value more in the home, and aluminum roller blinds is it applies in open the window department of the skill, for they and speech, window outdoor of the aluminum a window is everywhere it is thus clear that, have already been development mature of equipment. But if application in Taiwan, the Taiwanese temperature, relative humidity and day shoot hot etc. all more European value higher -, so big and prosperous compound type aluminum a window application in the window part, to indoor hide sun and separate

*通訊作者，國立台灣大學生物環境系統工程學系教授，106 台北市大安區羅斯福路 4 段 1 號，smarthouse@ntu.edu.tw

thermal of influence is why? If make use of the test result in the estimate of economizing on energy the benefit, again economical how many electric powers and electricity charges? It then is the purpose of this test.

This test with the summer west side to test , the main measurement (1) aluminum roller blinds outdoors with indoor surface temperature differ, (2) the outdoors temperature and indoor temperature and (3) the outdoors and indoor relative humidity. From the result of the experiment, the aluminum roller blind decreases electricity usage on air-conditioning.

Keywords: Aluminum roller blinds, Heat insulation, Economy energy.

一、前言

鋁捲簾材料在實驗室測試的熱傳實驗，只能得到傳導係數或熱傳導率的數據，與戶外真實熱環境仍有出入，本研究擬在自然環境下進行鋁捲簾的熱傳實測實驗，了解其隔熱效果，並將熱傳導之實驗結果與實驗室的測試報告進行比較，以了解實際與模擬環境之熱傳差異。

在多種實驗室測試的鋁捲簾隔熱實驗中，鋁捲簾內有填充泡棉型的隔熱效果較中空型的為佳，因之本研究以內有填充泡棉型的鋁捲簾為實驗對象進行戶外實測。

實驗地點選擇台大綠房子三樓西南側房間窗裝設填充泡棉型鋁捲簾，實驗開口裝設 90*100 公分的鋁捲簾，為探討其在一密閉空間關閉時的隔熱及節能效果，因此實驗模組有三組，分別為鋁捲簾單獨關閉時、鋁捲簾與玻璃窗均關閉時以及玻璃窗單獨關閉時。本實驗時間選擇夏季炎熱之白天氣候，在此設定在平均溫度超過攝氏 30 度非雨天之天候，進行三日之實驗測試，每種測試條件各進行一日，以白天為主要測試時段，日落後之溫度變化情形因較小且為低溫故未列入實驗，故量測起始時間為上午 6 時至下午 8 時。

二、研究方法

2.1 實驗地點、位置與模組

2.1.1 實驗地點與位置

實驗地點為「台大綠房子」，該幢建築物位於國立台灣大學校園農場內。實驗空間位於此示範屋三樓，西南向開窗，為一約 350*300 公分的平面空間，空間高度介於 220 至 302 公分(見圖 1，圖 2)，南側臨接室內起居室空間，東側臨室內走道空間，北側臨一臥室。

2.1.2 實驗條件

為探求鋁捲簾最低可節省電費前提下，本實驗並未將太陽直接照射之數據做為計算依據，而以中午 11:00 至下午 14:00 間太陽在無法直接照射到鋁捲簾之條件下進行測溫，因此實驗模組選擇裝設於三樓且屋頂出簷 70 公分的西南向牆面，依據 7 月 14 日太陽日照的實地觀察結果，11:00 至 14:00 間太陽直射熱被屋頂出簷遮擋，約 17:00 以後，太陽才會逐漸照射到鋁捲簾或玻璃窗，如圖 3 所示。

2.1.3 實驗模組

開窗處的裝置除了鋁捲簾外，一般使用時還會有玻璃窗的設置，為比較一密閉空間，鋁捲簾關閉時及沒關閉之隔熱差異，及比較鋁捲簾與實驗室實驗的熱傳導率差異，實驗模組設有三組(表 1)，第一組為鋁捲簾與雙層玻璃窗均關閉，第二組為雙層玻璃窗開啓鋁捲簾關閉，第三組為鋁捲簾開啓雙層玻璃窗關閉。而鋁捲簾的材料為為鋁合金高壓一體成型中間有 PU 泡棉填充，如圖 4 剖面所示。

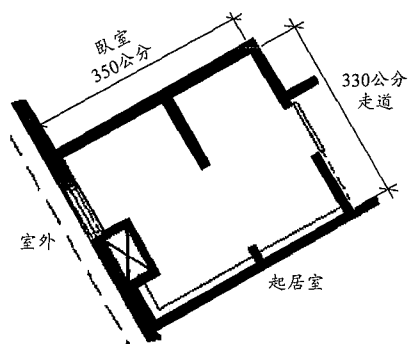


圖 1 實驗空間平面圖

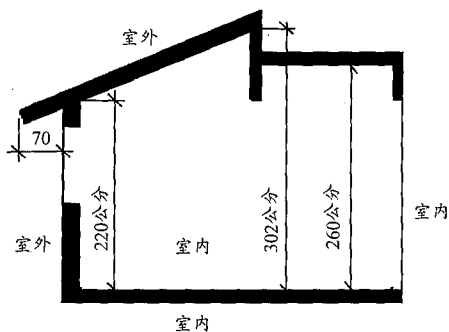


圖 2 實驗空間剖面圖

2.2 測點配置與實驗方法

2.2.1 測點配置

在溫度測點配置上，測點 A02、A03 量測實驗模組內外表面溫度，測點 A01 量測室外溫度，測點 A04 至 A18 以量測室內不同位置之平均溫度，詳細說明及相關測點位置圖詳表 2，測點立面高度均為 150cm，因其高度為一般人頭部感應位置高度。

2.2.2 實驗方法

1. 本項測試採用資料紀錄器(CR-10X)自動紀錄實驗的 14 小時中，利用熱電偶線安裝之內外測點量測溫度，溫度資料讀取設定為每 10 秒鐘讀取一次、一分鐘輸出一一次，溼度以數位式溫溼度量測，每 30 分鐘量測一次。
2. 本測試，主要為量測室內外溫度及濕度。為了阻止其他室內光源所產生的熱源影響，東側臨接走道的開口，以黑色 PVC 塑膠薄膜密封，將實驗空間塑造為完全密閉

表 1 實驗模組

圖示	鋁捲簾與雙層玻璃窗均關閉	雙層玻璃窗開啟，鋁捲簾關閉	鋁捲簾開啟，雙層玻璃窗關閉
窗戶開口部位狀態	鋁捲簾與雙層玻璃窗均關閉	雙層玻璃窗開啟，鋁捲簾關閉	鋁捲簾開啟，雙層玻璃窗關閉



11:00日照情景 14:00日照情景 17:00日照情景

圖 3 7月14日西南向牆面日照時刻景像圖

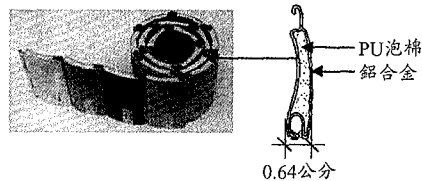


圖 4 鋁捲簾剖面示意圖

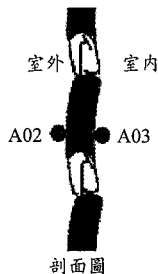
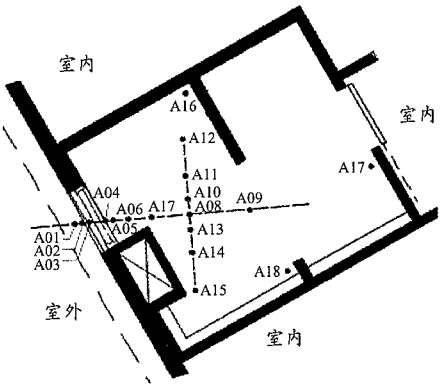
的狀態。

3. 工研院測試的熱傳導係數 0.038 W/mk ，我們將以恆常傳熱計算法求出熱傳透率，並與本實驗後計算之熱傳透率做一比較。本實驗在熱傳透率的推估上，將取室內及室外溫差最多時之數值推估計算之。

2.3 實驗流程

實驗流程主要分為三個階段(圖 5)，分別為前置作業、實驗量測及後續作業。前置作業主要工作項目有：儀器選用、校正、設定、架設及運轉測試等五步驟；實驗量測時段從上午 6:00 至 20:00；後續作業則為資料彙整、核對、分析並與實驗室做出之熱傳數據作比較；其中實驗量測日期及工作項目如表 3。

表 2 測點配置與量測項目說明表

1.外表材溫度與內表材溫度測點位置	
說 明	示 意 圖
(1)測點編號： 一 鋁捲簾(或玻璃窗)外側表面溫度：A02 一 鋁捲簾(或玻璃窗)內側表面溫度：A03 (2)位置：試材中間位置。 (3)固定：以 PVC 黑色膠帶固定。 (4)功能：測內外表面溫差數據。	 剖面圖
2.室外與室內溫度測點位置	
(1)測點編號： 一 室外溫度：A01 一 室內平均溫度：A04~A18 (2)位置：A04~A15 如右圖所示 A16~A18 離壁面十公分 一點 A04~A15 是爲了量測從鋁捲簾傳入之熱量變化，放置位置離測點 A03 由 10CM、20CM、30CM、50CM 及 80CM 累加，後續可求得此熱源之平均落點，作爲此熱源平均溫度。 一 A16~A18 離壁面十公分是爲了避面測點受到壁材溫度與壁體表面微氣流的影響。 (3)固定：以支架及膠帶架設固定。 (4)功能：做室溫量測用，供節能效果評估。	 測點位置圖

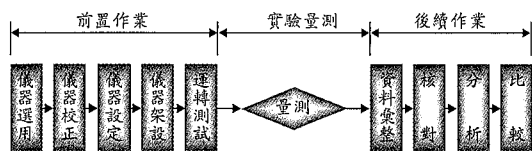


圖 5 實驗流程圖

三、實測結果

3.1 鋁捲簾與玻璃窗均關閉狀態下，內外表面溫度量測

在一密閉空間，鋁捲簾及玻璃窗均關閉時，在沒有太陽的直接照射下，理論上只有溫度熱傳的結果，其內外材料表面最大溫差，經量測後依表 4 的計算結果可知，7 月 13 日上午 11:30，當室外溫度為 35.98℃時，鋁捲簾外表面溫度為 37.19℃，玻璃窗內表面溫度為 31.8℃，鋁捲簾

表 3 實驗量測時程表

日期	時間	項目	器材
7/11	13:00-17:00	熱電偶線規劃、儀器校正	熱電偶線及其他相關工具
7/12	8:00-16:00	測點架設、儀器架設、儀器運轉測試	電腦、CR-10X、熱電偶線、溫溼度計及其他相關工具
7/13	6:00-20:00	鋁捲簾及玻璃窗均關閉時實驗	同上 (全部相關器材)
7/14	6:00-20:00	鋁捲簾關閉時實驗	同上 (全部相關器材)
7/15	6:00-20:00	玻璃窗關閉時實驗	同上 (全部相關器材)

外表面與玻璃窗內表面溫差則可達 4.37℃，圖 6 爲量測之溫度變化關係圖。

表 4 鋁捲簾外表面、玻璃窗內表面溫差與室內外溫差

時間	2004 年 07 月 13 日									
	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
室外溫度℃	30.51	32.12	33.33	33.46	34.47	34.59	35.66	35.98	35.34	36.37
室內溫度℃	30.14	30.27	30.39	30.56	30.86	31.08	31.56	31.8	32.2	32.37
鋁捲簾外表面溫度℃	32.7	33.64	34.51	34.57	34.56	36.18	36.59	37.18	35.88	37.49
玻璃窗內表面溫度℃	30.34	30.44	30.57	31.09	31.52	32.01	32.42	32.81	33.29	33.44
室內外溫差℃	0.37	1.85	2.94	2.9	3.61	3.51	4.1	4.18	3.14	4
鋁捲簾外表面與玻璃窗內表面溫差℃	2.36	3.2	3.94	3.48	3.04	4.17	4.17	4.37	2.59	4.05
時間	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30
室外溫度℃	36.76	35.79	34.79	35.46	34.09	34.13	32.57	34.51	34.01	33.56
室內溫度℃	32.78	33.07	33.14	33.3	33.46	33.57	33.52	33.43	33.61	33.57
鋁捲簾外表面溫度℃	37.25	37.71	36.53	35.94	36.5	35.25	34.33	35.06	34.68	33.62
玻璃窗內表面溫度℃	33.73	34.23	34.26	34.21	34.55	34.41	34.4	33.98	34.02	33.98
室內外溫差℃	3.98	2.72	1.65	2.16	0.63	0.56	-0.95	1.08	0.4	-0.01
鋁捲簾外表面與玻璃窗內表面溫差℃	3.52	3.48	2.27	1.73	1.95	0.84	-0.07	1.08	0.66	-0.36

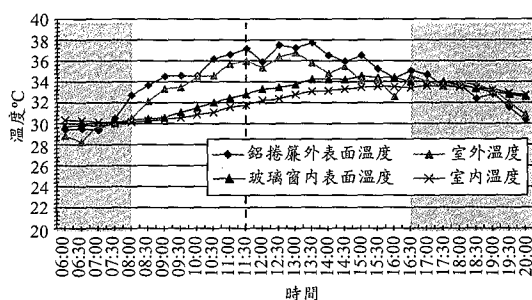


圖 6 鋁捲簾外表面、玻璃窗內表面與室內外溫度變化紀錄表

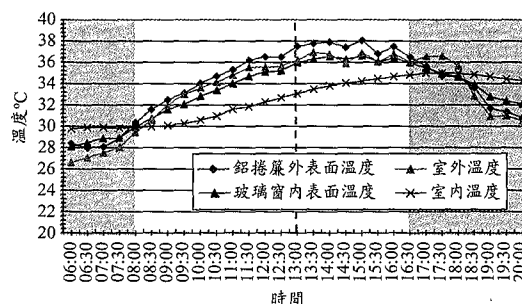


圖 7 鋁捲簾內外表面與室內外溫度變化紀錄表

3.2 鋁捲簾單獨關閉時，內外表面溫度量測

在一密閉空間，鋁捲簾關閉時，鋁捲簾內外表面最大溫差，經量測後，依表 5 的計算統計結果可知，7 月 14 日下午 13:00，當室外溫度為 36.23°C 時，鋁捲簾外表面溫度為 37.51°C，鋁捲簾內表面溫度為 35.98°C，由此可知，在沒有太陽的直射下鋁捲簾內外表面溫差可達 1.53°C，圖 7 為其溫度變化關係圖。

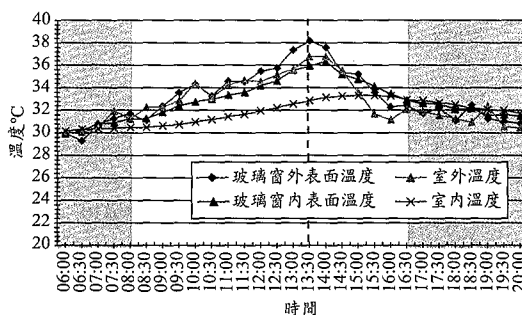


圖 8 玻璃窗內外表面與室內外溫度變化紀錄表

3.3 玻璃窗單獨關閉時，內外表面溫度量測

在一密閉空間，玻璃窗關閉時，玻璃窗內外表面最大溫差，經量測後，依表 6 的計算統計結果可知，7 月 15 日下午 13:30，當室外溫度為

36.75°C 時，玻璃窗外表面溫度為 38.15°C，玻璃窗內表面溫度為 35.92°C，由此可知，在沒有太陽的直射下玻璃窗內外表面溫差可達 2.23°C，圖 8 為其溫度變化關係圖。

表 5 鋁捲簾內外表面與室內外溫差

時間	2004 年 07 月 14 日									
	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
室外溫度℃	29.42	30.58	32	33.01	33.6	34.15	34.79	35.53	35.53	35.64
室內溫度℃	29.89	29.95	30.08	30.27	30.57	30.96	31.45	31.84	32.26	32.68
鋁捲簾外表面溫度℃	30.36	31.57	32.51	33.12	34.01	34.7	35.28	36.2	36.5	36.49
鋁捲簾內表面溫度℃	29.95	30.74	31.58	32.06	32.82	33.4	33.98	34.69	35.09	35.21
室內外溫差℃	-0.47	0.63	1.92	2.74	3.03	3.19	3.34	3.69	3.27	2.96
鋁捲簾內外表面溫差℃	0.41	0.83	0.93	1.06	1.19	1.3	1.3	1.51	1.41	1.28
時間	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30
室外溫度℃	36.23	36.92	36.77	35.89	36.89	36.05	36.75	36.03	36.52	36.59
室內溫度℃	33.07	33.47	33.80	34.06	34.23	34.46	34.65	34.82	34.97	34.99
鋁捲簾外表面溫度℃	37.51	37.76	37.92	37.41	38.07	36.8	37.45	36.49	35.61	34.74
鋁捲簾內表面溫度℃	35.98	36.29	36.56	36.29	36.6	36.07	36.38	35.99	35.44	34.95
室內外溫差℃	3.16	3.45	2.97	1.83	2.66	1.59	2.1	1.21	1.55	1.6
鋁捲簾內外表面溫差℃	1.53	1.47	1.36	1.12	1.47	0.73	1.07	0.5	0.17	-0.21

表 6 玻璃窗內外表面與室內外溫差

時間	2004 年 07 月 15 日									
	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
室外溫度℃	31.22	32.25	32.31	32.85	34.39	33.14	34.19	34.68	34.53	35.16
室內溫度℃	30.47	30.47	30.63	30.73	30.97	31.17	31.42	31.65	31.94	32.22
玻璃窗外表面溫度℃	31.67	31.09	32.38	33.55	34.33	33.24	34.56	34.52	35.45	35.76
玻璃窗內表面溫度℃	31.23	31.23	31.83	32.38	32.76	32.97	33.32	33.58	34.18	34.62
室內外溫差℃	0.75	1.78	1.68	2.12	3.42	1.97	2.77	3.03	2.59	2.94
玻璃窗內外表面溫差℃	0.44	-0.14	0.55	1.17	1.57	0.27	1.24	0.94	1.27	1.14
時間	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30
室外溫度℃	35.63	36.75	36.78	35.51	33.58	31.67	31.14	32.09	31.89	31.55
室內溫度℃	32.55	32.84	33.15	33.24	33.31	33.3	33.24	32.95	32.85	32.68
玻璃窗外表面溫度℃	37.36	38.15	37.57	35.33	35.22	33.57	32.28	32.45	31.69	32.17
玻璃窗內表面溫度℃	35.57	35.92	36.32	35.15	34.77	34.12	33.43	32.91	32.61	32.55
室內外溫差℃	3.08	3.91	3.63	2.27	0.27	-1.63	-2.1	-0.86	-0.96	-1.13
玻璃窗內外表面溫差℃	1.79	2.23	1.25	0.18	0.45	-0.55	-1.15	-0.46	-0.92	-0.38

四、熱傳透率計算與比較

4.1 熱傳透率計算公式

建築外殼的恆常熱傳透率計算理論圖示與其與熱阻關係如左圖。

熱傳透率 U 與熱阻 R 的計算式關係為

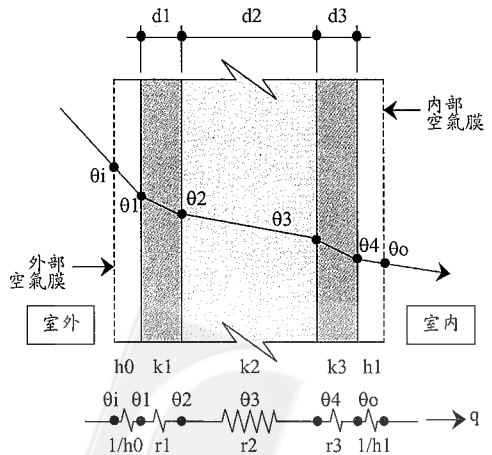
$$U = 1/R$$

U ：熱傳透率、熱貫流率(W/m^2K){ $kcal/m^2h^{\circ}C$ }

R ：熱阻(m^2K/W)

熱阻 R 的計算公式為

$$R = 1/h_o + d_1/k_1 + d_2/k_2 + d_3/k_3 + 1/h_i$$



R : 熱阻($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

ho : 室外空氣之熱傳遞率($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

k1、k2 及 k3 : 熱導係數(W/mK)

d1、d2 及 d3 : 材料厚度(M)

h1 : 室外空氣之熱傳遞率($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

θ_i 、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_o : 各點溫度

4.2 實驗室與現場實驗結果之熱傳遞率計算

本研究以鋁捲簾當天測試內外溫差最高時之數值推估熱傳遞率，也就是 7 月 14 日下午 13:30，實驗模組第二組，當室外溫 35.53°C 時，室外相對溼度為 85.4%，室內平均溫度為 31.84°C ，室內相對溼度為 62.9%，室內外溫差達 3.69°C ，為求鋁捲簾的熱傳遞率，計算上室內溫度數值取距離鋁捲簾最近的 10 公分處測點溫度，為 33.78°C 。

$$\text{熱傳遞率 } U = \frac{1}{R} (\theta_i - \theta_o)$$

θ_i =室外溫度 θ_o =室內溫度

$$\text{熱阻 } R = (\theta_i - \theta_o) / U$$

$$\text{熱阻 } R = (35.53^\circ\text{C} - 33.78^\circ\text{C}) / (28.11 \text{ kcal/kg}')$$

$$= \frac{1.145 \text{ kg/m}^3 - 20.97 \text{ kcal/kg}'}{1.153 \text{ kg/m}^3} \times 1$$

$$= 1.75 / 8.008 \times 0.86$$

$$= 0.188 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$$

$$\text{熱傳遞率 } U = 1 / 0.188 \text{ m}^2\text{K}/\text{W} = 5.32 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

4.3 實驗室與現場實驗結果之熱傳遞率比較

工業技術研究院能源與資源研究所的檢測報告，該鋁捲簾熱傳導係數為 $0.038 \text{ W}/\text{mK}$ ，換算為熱傳遞率約為 $2.34 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ：

$$\text{熱阻 } R = 1 / (9 + 0.0104 \text{ m} / 0.038 \text{ W}/\text{mK} + 1/23)$$

$$= 0.428 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$$

$$\text{熱傳遞率 } U = 1 / 0.428 \text{ m}^2\text{K}/\text{W} = 2.34 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

實測換算熱傳遞率結果，室內外溫差最高時的熱傳遞率為 $5.32 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ，此一現場測試熱傳遞率遠高於工研院實驗值所推算出的熱傳遞率 $2.34 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ，此差異有可能為在自然環境中實際

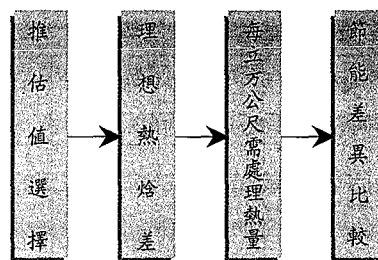


圖 9 推估流程

測試時，受到側面空間熱、屋頂熱或壁體熱傳影響所造成，但此數值僅為鋁捲簾單獨關閉時之計算結果，若玻璃窗也同時關閉時的模組，對窗戶開口而言應仍具有相當的隔熱功效。

五、空調節能效益計算

在節能效益討論上，本研究擬將一密閉空間中僅關閉玻璃窗戶時與玻璃窗戶與鋁捲簾同時關閉時做一比較，比較當室外溫溼度狀態相同時，當時的室內溫溼度要降至人體舒適狀態所需處理的熱負荷差異，此一熱負荷差異即為空調運轉時電力消耗量差。

5.1 推估方式

為了瞭解每單位空間中降低溫度需處理的熱量，因此需將溫溼度的數值轉換為熱焓，以了解一公斤空氣中所含熱量多寡，或一立方公尺空氣中所含熱量大小。在人體舒適溫溼度方面，本研究將溫度設定在 26°C ，溼度設定在 60%，其熱焓量計算值約為 $13.94 \text{ kcal/kg}'$ 。

5.2 推估值選擇

比對玻璃窗單獨關閉時，及鋁捲簾與玻璃窗均關閉時之量測，選擇溫度高於 30°C 且室外溫溼度雷同時的數值。在此選擇推估值數值如后，鋁捲簾及玻璃窗均關閉時，選擇上午 11:00 時，室外溫度為 35.66°C 時；僅玻璃窗關閉時，選擇中午 13:00 時，室外溫度為 35.63°C 。

5.3 理想熱焓差

室內熱焓與理想熱焓差值，如表 8 所示，鋁

表 8 室內降為理想熱焓差

項 目		溫度 [°C]	相對溼度 [%]	熱焓 [kcal/kg']
鋁捲簾及 玻璃窗均 關閉時	室外	35.66	82.5	27.59
	室內	31.56	72.2	20.58
	室內理想	26	60	13.94
	原室內熱焓降至室內理想熱焓差			6.64
玻璃窗關 閉時	室外	35.63	79.4	26.80
	室內	32.55	72	21.57
	室內理想	26	60	13.94
	原室內熱焓降至室內理想熱焓差			7.63

捲簾與玻璃窗均關閉時，室內熱焓降至理想熱焓需處理熱量為 6.64 kcal/kg'；僅玻璃窗關閉時，室內熱焓降至理想熱焓需處理熱量為 7.63 kcal/kg'。而熱焓差代表了每一公斤空氣降至舒適溫溼度所必須處理的熱量，轉換為每立方公尺需處理熱量多寡則詳下節 5.4 之計算。

5.4 每立方公尺需處理熱量

從表 9 計算結果可知，一密閉空間玻璃窗關閉時，每立方公尺需處理的熱量為 7.71kcal；鋁捲簾及玻璃窗均關閉時，每立方公尺需處理的熱量為 8.83kcal。

5.5 節能差異比較

玻璃窗關閉時耗能差/鋁捲簾與玻璃窗關閉時耗能差

$$7.71/8.83 \times 100\% = 87.3\%$$

從上述結果可知，鋁捲簾有關閉與沒關閉時，約有 12.7%的空調運轉支出差異。

六、結 論

1. 在一自然環境下，以建築物的西南側牆面為例，室外溫度在 30°C 以上，室內外溫度差達 3.69°C，一密閉空間單獨將鋁捲簾關閉時，其熱傳透率為 5.32W/m²K。
2. 以建築物的西南側牆面為例，在沒有受到太陽直接照射的情況下，一密閉空間單獨將玻璃窗關閉時，當室外溫度為 36.75°C 時，玻璃窗外表面溫度為 38.15°C，玻璃窗內表面溫度為 35.92°C，玻璃窗內外表面溫

表 9 每立方公尺需處理單位熱量

項目	計 算
鋁捲簾及 玻璃窗均 關閉時	當室內 31.56°C 降至 26°C，溼度 72.2% 降至 60% 時，將每公斤空氣需處理熱量轉為每立方公尺需處理熱量。 $6.64 \text{ kcal/kg}' \times 1.161 \text{ kg/m}^3 = 7.71 \text{ kcal/m}^3$
玻璃窗關 閉時	當室內 32.55°C 降至 26°C，溼度 72% 降至 60% 時，將每公斤空氣需處理熱量轉為每立方公尺需處理熱量。 $7.63 \text{ kcal/kg}' \times 1.157 \text{ kg/m}^3 = 8.83 \text{ kcal/m}^3$
備註	a. 當溫度為 31°C 時，密度為 1.161kg/m ³ 。 b. 當溫度為 32°C 時，密度為 1.157kg/m ³ 。

差可達 2.23°C；但將鋁捲簾也關閉時，室外溫度為 35.98°C 的狀態下，鋁捲簾外表面溫度為 37.19°C，玻璃窗內表面溫度為 31.8°C，鋁捲簾外表面與玻璃窗內表面溫差則可達 4.37°C。也就是鋁捲簾也關閉時約可增加 2.14°C 的隔熱效果。

3. 冷氣空調節能效益方面，一密閉空間僅將玻璃窗關閉，與玻璃窗及鋁捲簾同時關閉時相較，在鋁捲簾關閉時較沒關閉時約可節省約 12.7% 的空調運轉支出，在有太陽直射的條件下，定能節省較 12.7% 更多的用電。

參考文獻

1. 田中俊六等，簡裕榮等譯，『最新建築環境工學』，六合出版社，2004/06。
2. 韓選棠教授等，『兩棟帷幕牆辦公大樓節能資源比較暨塑鋼框與鋁框門窗隔熱係數計測』，2003/12。
3. 財團法人工業技術研究院能源與資訊所，『檢測報告』，2002.11。
4. 韓選棠教授，『綠房子宣言—具體而微的綠建築實例』，豐年社，2002/10。
5. 陳啓中，『建築物理概論』，詹氏書局，1998/08。
6. 賴榮平等，『建築物理環境』，六合出版社，1991/08。
7. 林啓瑞及劉垂芳，『機械工程實驗(三)—熱工實驗』，全華科技圖書股份有限公司，1886/09。

收稿日期：民國 95 年 8 月 17 日

修正日期：民國 95 年 10 月 30 日

接受日期：民國 95 年 11 月 1 日