

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學科(二)科

第二名

052410

「衣」起革命—涼感衣各項指標檢測與改良

學校名稱：新竹市立建功高級中學

作者： 高二 王亭云 高二 康乃文 高二 楊家瑜	指導老師： 王建民
---	------------------

關鍵詞：針織物、涼感、塗佈

摘要

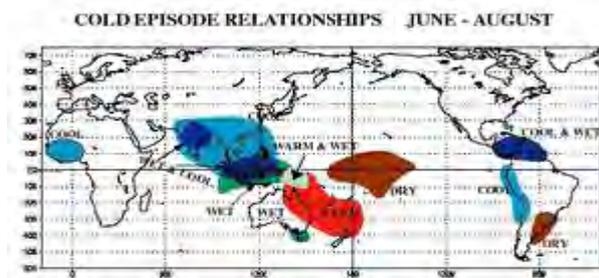
本研究利用各項熱性質與舒適性來比較市售涼感衣的優劣，包括熱傳導、熱擴散、熱吸收、 Q_{max} 值、吸水性和彈性力，接著比較各纖維差異。比較完後本團隊開始思索如何使涼感衣更涼爽舒適。而市場上的複合功能衣物，如 GORE-TEX® 布料的透氣排汗與防水功能是利用多層布與薄膜的組合達到效果。受到啟發後開始進行涼感薄膜塗佈實驗，主要是添加涼感礦石粉體於 DPU 中，再塗佈於織物上。為多方比較，設計了塗佈不同厚度及添加不同比例涼感粉體的實驗組，每一組再進行熱性質和舒適性實驗。最後比較涼感效果、舒適性與經濟效益等各項實驗參數組合，結果顯示最佳條件為：塗佈厚度 $100 \mu m$ 涼感粉體 15wt%。被覆涼爽織物未來可用於春夏季之外套、長褲、床單、枕頭套、坐墊與躺椅等用途。

壹、研究動機

隨著人類文明、科技的進步，工業蓬勃發展，我國紡織工業涵蓋了人造纖維、紡紗、織布、染整及製衣等完整且龐大的生產體系，而功能性纖維製品約佔有世界市場 60% 以上。在歷年來經濟發展過程中，無論對外匯存底的累積、創造就業機會、異業整合和提高國民生產毛額與國民所得均有極大的貢獻。但隨之而來的卻是氣候的劇烈變遷、全球暖化，造成氣溫上升。有鑒於此，人們對於衣物涼感功能要求越來越高。從功能性去思考可以解決環境急遽變遷之問題，例如穿著涼感衣後冷氣就可以不用開那麼低溫，即可符合「京都議定書」之規範：夏季冷氣必須控制在 $28^{\circ}C$ 。而台灣夏季冷氣幾乎都設定在 $25^{\circ}C$ ，餐廳更是到 $23^{\circ}C$ 左右。而經過統計，假設每戶冷氣能調高 $1^{\circ}C$ ，其用電量就能節省 6%，相當於每年 10 億度的節約電數。如果可以讓涼感衣取代冷氣的地位，便可達到節省能源和二氧化碳的目的。但市面發售之涼感衣品質參差不齊，常有效果不佳，導致更悶熱的情形發生，因此我們想探討出造成各品牌功能高低的原因。作品中將以拉伸、吸水、 Q_{max} 值、熱影像及冷感測試來測試其涼感性能。

在購買涼感衣的經驗中，本團隊發現並不是每件織物的成分皆相同。而在選修化學(下)第八章中學到了各種不同的纖維，包括聚酯纖維和尼龍 6 之概念，但內容並沒有深入介紹其特性，因此本團隊想探討到底以什麼樣成分構成的涼感衣效果會最佳。

隨著蒐集的資料增加，本團隊對涼感衣涼感功能也有了進一步的認識，並開始思考有沒有什麼方法可以提升涼感衣的涼度，讓其涼上加涼。因此本團隊委託展邑科技有限公司提供由比熱小、熱傳導係數大的物質所組成的涼感粉體，以塗佈的方式附在布料上進行實驗。並將拉伸、吸水、 Q_{max} 值、熱影像、冷感測試等實驗結果與原布料進行比較。



圖一：Global climate change report, Pacific



圖二：Global climate change report, Pacific

(圖一、二資料來源：Marine Environmental Laboratory, USA)

貳、研究目的

- 一、分析各成衣使用的織物性質差異，並進行各品牌涼感針織物的檢測。
- 二、檢測並比較涼感織物特性，並根據實驗結果找出最適合製成涼感衣用的纖維。
- 三、製作出涼感薄膜被覆於針織物，使涼感衣物具更佳的涼感與舒適效果。
- 四、比較不同涼感粉體添加比例及不同厚度的複合薄膜所能達到的涼感效果，並找出最符合經濟效益的涼感粉體添加量及厚度。
- 五、提供未來涼感織物製品更廣泛且深入之研究方向與終端應用領域。

參、研究設備及器材

一、各廠牌衣物及其組成成分之比較 表一：涼感衣材質比較

品牌	U 牌	G 牌	M 牌
組成成分	聚醯胺纖維(尼龍 6) 40% 聚酯纖維 41% 彈性纖維 19%	黏液螺螄 60% 聚酯纖維 36% 彈性纖維 4%	聚酯纖維 48% 棉 52%
品牌	平價	W 牌	WA 牌
組成成分	聚酯纖維 92% 彈性纖維 8%	尼龍涼感紗 48% 聚醯胺纖維(尼龍 6) 57% 彈性纖維 15%	尼龍涼感紗 85% 彈性纖維 15%

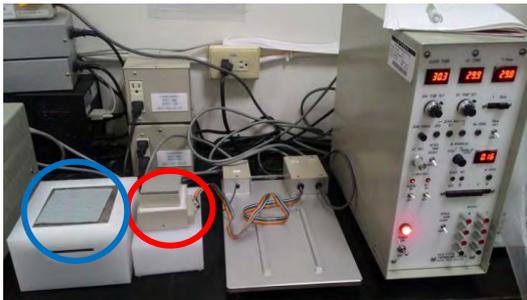
(表一資料來源：各廠牌衣物包裝標示)

二、吸水高度實驗

- (一) 實驗器材：塑膠盆、鐵架、長尺、鐵夾、各品牌織物。

三、涼感Qmax瞬間涼感值實驗

- (一) 實驗器材：Kawabata F7測試設備 (圖三)



圖三：Kawabata F7 測試設備 (紅色表熱板，藍色表冷板)



圖四：熱影像溫差試驗機

四、FLIR 測試規範探討熱影像溫差實驗

- (一) 實驗器材：

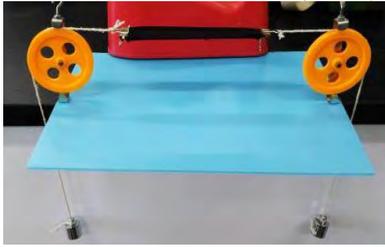
- 1.熱影像溫差試驗機 (裝置架設如 (圖四) 所示)。
- 2.250W 鹵素燈：溫度相當於人體的溫度，大約在 36~37°C 之間。可作為熱源，模仿人體實際穿著情況。
- 3.電腦、各品牌織物。

五、自製彈性拉伸測試系統實驗

- (一) 實驗器材：珍珠板、滑輪、棉繩、長尾夾、砝碼 (圖五)、各品牌織物。

六、拉伸強力實驗

(一) 實驗器材：標準型微電腦萬能材料試驗機—CY-6012 (自製彈性拉伸測試系統的修正(圖六))、各品牌織物。



圖五：自製彈性拉伸測試系統



圖六：標準型微電腦萬能材料試驗機—CY-6012

七、Alambeta 冷感測試實驗

(一) 實驗器材：Alambeta 設備儀器 (圖七)、各品牌織物。



圖七：Alambeta設備儀器



圖八：PROVES半自動塗佈機



圖九：PROVES行星攪拌脫泡機

八、涼感薄膜塗佈實驗

(一) 實驗器材：半自動塗佈機 (圖八)、行星攪拌脫泡機 (圖九)、塗佈棒 (500 μm 、100 μm 、50 μm 、25 μm)、(圖十)、各品牌織物。

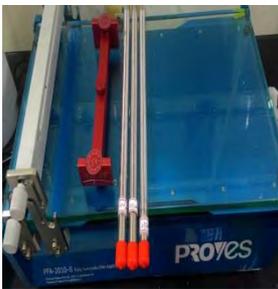
(二) 被覆加工用化學材料：

1. 丁酮 (MEK)：使聚氨基甲酸酯形成交聯高分子之複合薄膜用。

2. 溶劑型聚氨基甲酸酯 (DPU)：

由多元醇與二異氰酸鹽進行加成聚合反應，可得到具良好物性之聚氨基甲酸酯聚合物。聚氨基甲酸酯與天然橡膠或合成橡膠相比具有較優良的耐磨性、柔軟性、高抗拉強度及防水、防油。

3. 涼感粉體：向展邑科技有限公司購買，廠商建議添加量為 5%，屬於次微米粉體平均粒徑在 320nm。含有 TiO_2 、 MgCO_3 、 CaCO_3 、 CO_2 等之複合粉體。



圖十：PROVES 塗佈棒



圖十一：DENG YNG 熱風循環烘箱



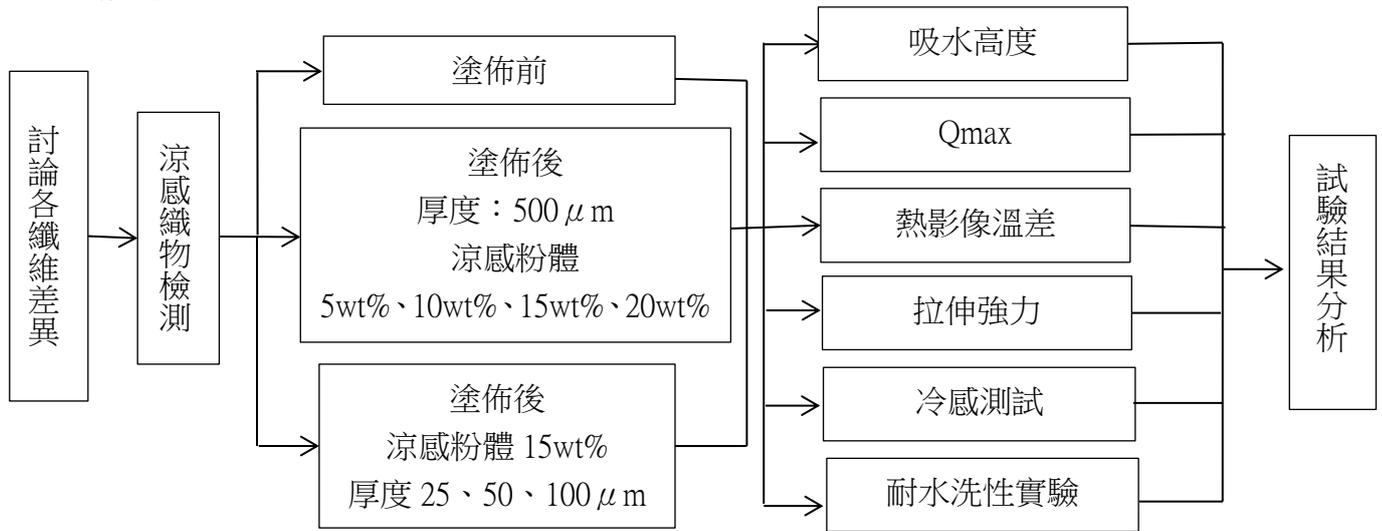
圖十二：磁石攪拌器

九、耐水洗性實驗

(一) 實驗器材：500ml 燒杯、AATCC1993WOB 標準洗滌劑洗衣粉、磁石、磁石攪拌器 (圖十二)、各品牌織物。

肆、研究過程或方法

一、研究原理



圖十三：流程圖

二、研究過程或方法

(一) 實驗室規格標準

1. 標準溫度 $21\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；相對濕度 $65\pm 5\%$ 。

(二) 涼感衣纖維顯微鏡比較

1. 實驗目的：觀察纖維編織方法及塗佈前後結構差異。
2. 實驗步驟：
 - (1) 將複式顯微鏡的目鏡改成數位式攝錄機並連接電腦。
 - (2) 找到可清楚觀察的部分後截圖存下。

(三) 吸水高度實驗

1. 實驗目的：測量織物的吸水程度。
2. 實驗規格標準：
 - (1) Byreck 測試法：測試織物吸水速度。將垂直吊掛之試片下端浸入水中，經一定時間後，以其上升之水跡高度 (mm) 表示吸水速度。
3. 實驗步驟：
 - (1) 實驗前使用水溶性麥克筆於每一塊織物上畫取 1 條線，作為基準線。
 - (2) 將織物固定於保持架的水平棒上，調整布料高度，使布料底部 5mm 能垂直浸泡於水面下。
 - (3) 當織物底部 5mm 處接觸水時，立即計時開始，共計時 5 分鐘。

(四) 涼感 Q_{\max} 瞬間涼感值實驗

1. Q_{\max} 值定義：模擬人體接觸織物時皮膚表面瞬間熱量流失的最大值。即織物瞬間最大熱流通過量，單位以每平方公分之瓦特數表示 (W/cm^2)。
2. 實驗目的：以涼感織物瞬間熱傳導效應的優劣，判斷各織物涼感功能的優劣。
3. 實驗原理：利用冷板將織物控制於恆溫狀態，再把熱板加熱，當熱板覆蓋在織物上時，熱板所儲存的熱量會經由接觸織物表面的方式傳導，而當下立

即測量而得的熱流量峰值即為 Q_{max} 值，織物瞬間最大熱流通過量。

4. 實驗規格標準：

- (1) 依照CNS15687測試標準進行涼感 Q_{max} 實驗。
- (2) 熱板溫度為 $T_{10} : 30^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{15} : 35^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{20} : 40^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 冷板溫度為 25°C 。
- (4) 織物樣本大小為 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ ；實際測試之面積為 $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 。

5. 實驗步驟：

- (1) 將冷板設定於 20°C 以模擬外界環境，將待測織物放置於冷板上。
- (2) 等待測試樣織物達 20°C 、熱板溫度達 30°C 時按下 Q_m 鍵。
- (3) 同時並快速的將熱板置於待測樣本上（注意放置之角度需垂直）。
- (4) 紀錄顯示幕上的數值，此數值即為織物瞬間最大熱流通過量。
- (5) 試驗結果為 5 次試驗結果的平均測試值，取有效數據至小數點第三位。

(五) FLIR 測試規範探討熱影像溫差實驗

1. 實驗目的：給予織物加熱 10 分鐘後，放熱 10 分鐘。觀察其升溫差、降溫差與餘溫差。並比較不同材質之織物吸熱特性差異。

2. 實驗規格標準：

- (1) 試樣需求：1塊 $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ 之布樣。
- (2) 欲實驗之織物在實驗進行前須在實驗室放置至少24小時。

3. 實驗步驟：

- (1) 將織物固定在測試樣本台上，且固定時要求布料保持平整。
- (2) 將紅外線熱像儀以 45° 角放置在距離織物 50cm 處，並固定在織物上方。
- (3) 將紅外線熱像儀校正後，先記錄織物的表面溫度作為 T_0 時間之起始溫度。
- (4) 開啟紅外線熱像儀照射 10 分鐘，同時監測織物吸熱效應。
- (5) 織物照射 10 分鐘後，以紅外線測溫儀測量織物溫度 T_1 ，比對織物 T_1 和 T_0 溫度差值。
- (6) 經過 10 分鐘後，關閉 250W 鹵素燈同時監測織物放熱效應。
- (7) 比較經過 250W 鹵素燈照射 10 分鐘後再關閉鹵素燈，織物表面溫度變化狀況並整理與分析。

(六) 自製彈性拉伸測試系統實驗

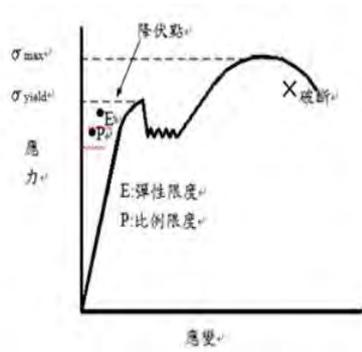
1. 實驗目的：

- (1) 測量不同織物的彈性程度（衣服彈性關係到穿著是否舒適，藉此實驗探討各廠牌彈性度）。
- (2) 實驗原理：在布的兩端用長尾夾夾住，接著掛上砝碼，再用尺測量織物長度的變化，以不同的砝碼重量和所測量到的長度計算出織物的楊氏係數。

(七) 拉伸強力實驗

1. 實驗目的：探討織物是否在維持涼感的同時依舊保持穿著舒適的狀態。

2. 實驗原理：外加應力不超過P點比例限度時，其應力（ σ ）、應變（ ε ）與楊氏係數（ E ）成直線比例關係，即滿足虎克定律： $\sigma = E\varepsilon$ 。



超過彈性限度後，如果繼續對織物施加荷重，當到達某一值時，應力突然下降，此應力即為降伏強度，到達降伏點後織物將產生永久變形。而在斷裂時的伸長量為最大伸長量，可用於探討彈性力。

降伏點定義為在材料產生降伏時拉力(P)除以原截面積(A)：

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

圖十四：應力－應變曲線圖

(圖十四資料來源：材料基礎實驗(一)拉伸試驗授課講義。薛顯宗教授編撰)

3. 實驗規格標準

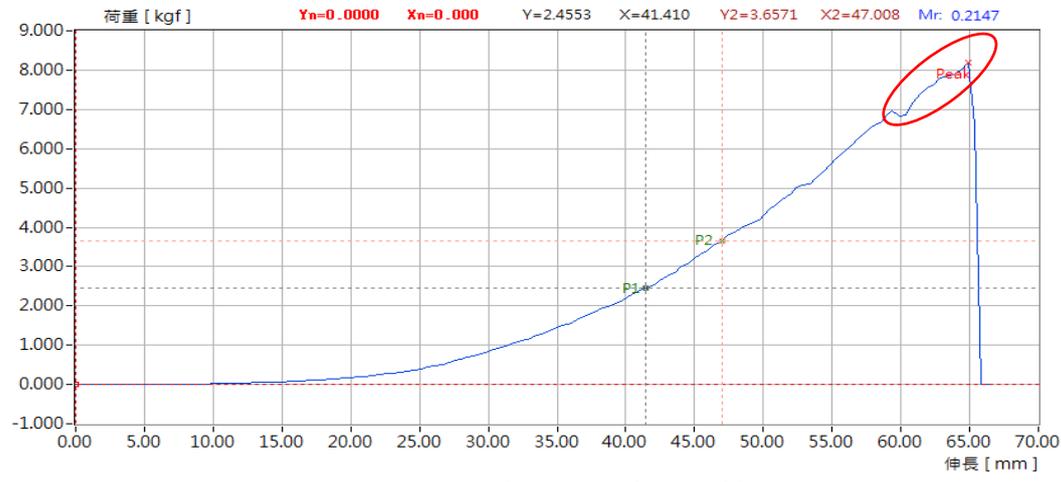
- (1) 依照 ASTM-5034-95 試驗標準進行織物拉伸測試。
- (2) 織物樣本大小為 3cm*10cm。
- (3) 實驗拉伸速度 300.00mm/min。

4. 實驗步驟：

- (1) 將織物裁剪成樣本大小另外裁剪約 3cm*6cm 的保護止滑套兩塊，用於包覆在織物與夾頭間的保護套，使織物斷裂處集中於中間，而非斷裂於夾頭處。
- (2) 將保護套與織物夾入上下夾頭。
- (3) 按下荷重與位移歸零後即可開始拉伸。
- (4) 試驗結果為 5 次試驗結果的平均測試值。

5. 實驗數據探討：

- (1) 折線圖：檢查是否每次實驗的折線圖都有出現降伏點，確保實驗正確性。



圖十五：拉伸強力試驗機實驗數據曲線

(八) Alambeta冷感測試實驗

1. 定義：

表二：冷感測試定義

λ 熱傳導係數	某一溫度梯度下單位距離流過的熱能。
a 熱擴散值	單位時間內熱散逸的面積範圍。
b 熱吸收值	在織物接觸皮膚的短時間內，織物對人體所吸收熱能的能力。

- 2.實驗目的：探討不同織物的導熱效果並比較涼感程度。
- 3.實驗原理：利用加熱盤將熱量傳導至織物上，並計算織物各項功能之數據。
- 4.實驗規格標準：
 - (1) 15cm*15cm之試樣，且實驗進行前須在實驗室放置至少24小時。
- 5.實驗步驟：
 - (1) 將織物放置在測試盤上，放置時織物保持平整。
 - (2) 待機器加熱完畢後將加熱盤向下壓向織物，測試完畢再將加熱盤拉起。
 - (3) 每一種織物實驗五次。
 - (4) 試驗結果為5次試驗結果的平均測試值。

(九) 涼感薄膜塗佈實驗

- 1.實驗目的：製作加入涼感粉體之薄膜，塗佈於織物上增加涼感衣之涼感效果。
- 2.實驗設計組別：
 - (1) 厚度：25 μm 、50 μm 、100 μm 、500 μm 。
 - (2) 添加涼感粉體重量百分比：5wt%、10wt%、15wt%、20wt%。
- 3.實驗步驟：
 - (1) 調配塗料

表三：涼感薄膜塗料比例

	DPU (g)	涼感粉體 (g)	MEK (g)
5wt%	23.750	1.250	5.000
10wt%	22.500	2.500	5.000
15wt%	21.250	3.750	5.000
20wt%	20.000	5.000	5.000

- (2) 使用行星攪拌脫泡機將涼感粉體與DPU均勻攪拌脫泡。
- (3) 將使用織物平整擺放置半自動塗佈機並放置塗佈棒，製作成各種不同厚度與涼感粉體添加量之被覆涼感織物。
- (4) 把塗料均勻倒至塗佈棒前端，按下啟動。
- (5) 把塗佈完成的織物平整放至烘箱(60°C)使薄膜乾燥一天。

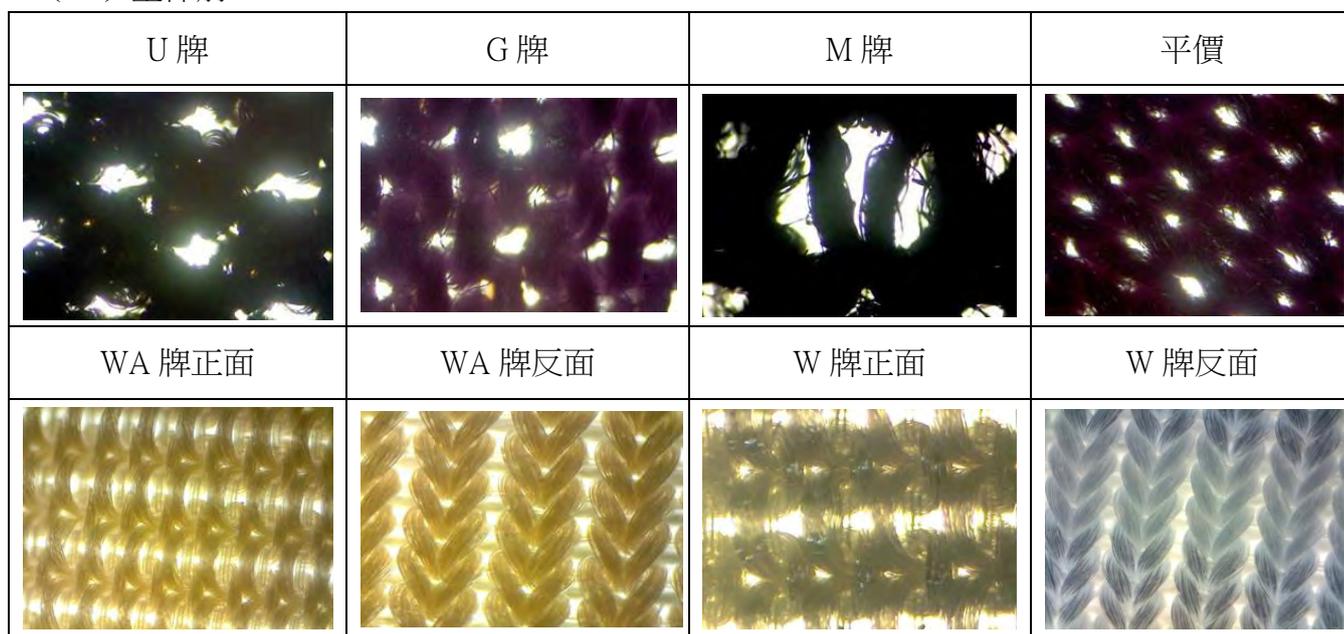
(十) 耐水洗性實驗

- 1.實驗目的：確保塗佈後的織物在水洗後，涼感薄膜中的涼感粉體不會脫落。
- 2.實驗步驟：
 - (1) 測量織物重後，將織物放入500ml的燒杯中並加入AATCC標準洗滌劑。
 - (2) 置於磁石攪拌器上，一次旋轉45分鐘，共進行水洗二十次。
 - (3) 取出織物，放入烘箱(40°C)，每烘乾10分鐘測量一次重量，直到連續測試三次得到相同的重量(取小數點後第三位四捨五入)，即表示織物全乾。
 - (4) 織物烘乾後，測量織物重，與實驗前進行比較，即可得知被覆於織物上的薄膜是否因水洗而脫落。

伍、研究結果

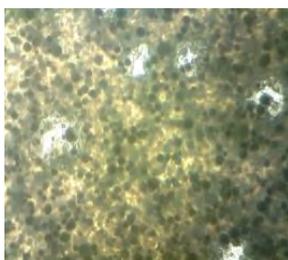
一、涼感衣纖維顯微鏡比較

(一) 塗佈前



圖十六：涼感衣塗佈前纖維顯微鏡比較

(二) 塗佈後

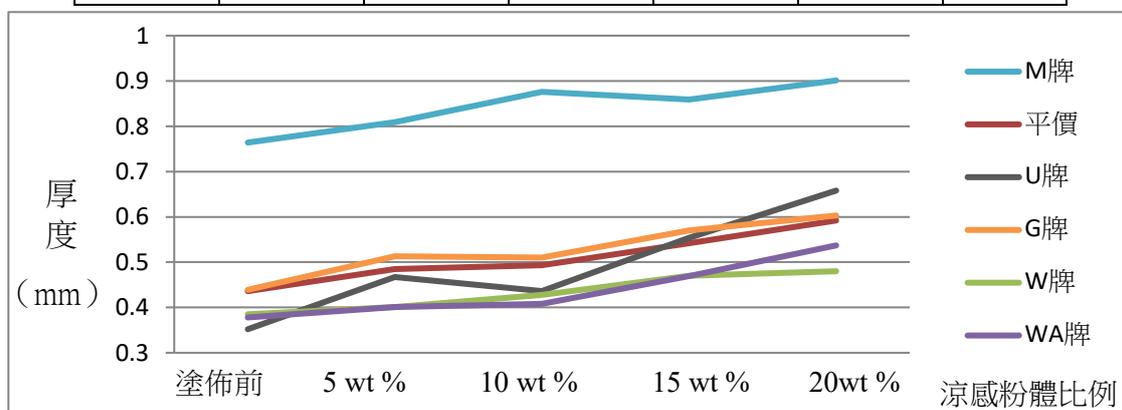


圖十七：涼感衣塗佈後纖維顯微鏡圖

二、塗佈前織物厚度比較

表四：塗佈前織物厚度比較 (單位：mm)

	M 牌	G 牌	平價	W 牌	WA 牌	U 牌
塗佈前	0.764	0.439	0.436	0.385	0.378	0.352



圖十八：塗佈後織物厚度折線圖比較

三、探討不同品牌涼感織物之吸水高度

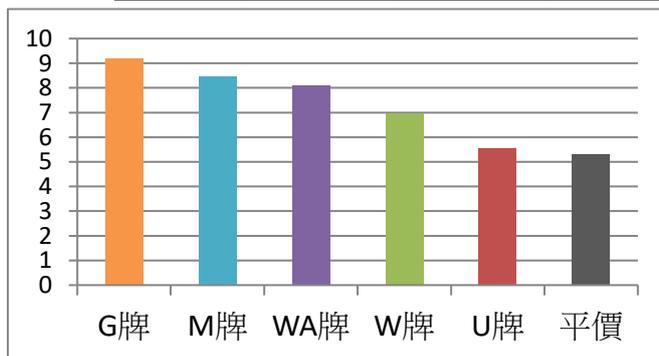
(一) 塗佈前

1. 經向 表五：塗佈前經向吸水高度比較 (單位：mm)

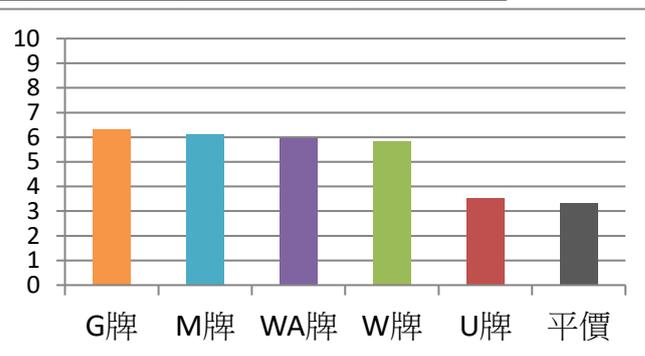
品牌	G牌	M牌	WA牌	W牌	U牌	平價
平均	9.18	8.48	8.12	6.97	5.54	5.31

2. 緯向 表六：塗佈前緯向吸水高度比較 (單位：mm)

品牌	G牌	M牌	WA牌	W牌	U牌	平價
平均	6.32	6.12	5.94	5.82	3.54	3.31



圖十九：塗佈前經向吸水高度長條圖



圖二十：塗佈前緯向吸水高度長條圖

表七：單位面積內織物經線與緯線條數比較 單位：(條)

品牌	G牌	M牌	WA牌	W牌	U牌	平價
經向條數	19	15	16	14	12	11
緯向條數	13	9	10	11	10	8

四、涼感Qmax瞬間涼感值實驗

(一) 塗佈前 表八：塗佈前Qmax值實驗結果 單位：(W/cm²)

	△T10(正面)	△T20(正面)	△T10(反面)	△T20(反面)
W牌	0.101	0.287	0.088	0.258
WA牌	0.100	0.286	0.081	0.250
平價	0.077	0.232	0.051	0.201
U牌	0.076	0.226	0.045	0.197
G牌	0.064	0.192	0.033	0.166
M牌	0.052	0.147	0.025	0.113

(二) 塗佈後 (厚度500 μm)

1. △T10 表九：塗佈前與塗佈後Qmax值實驗結果 單位：(W/cm²)

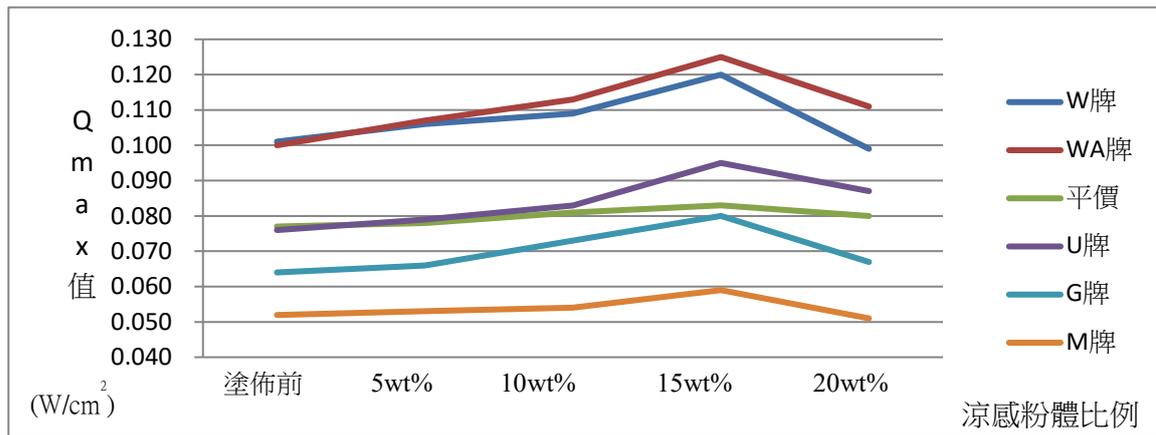
	W牌	WA牌	U牌	平價	G牌	M牌
塗佈前	0.101	0.100	0.077	0.076	0.064	0.052
5wt %	0.106	0.107	0.078	0.079	0.066	0.053
10wt %	0.109	0.113	0.081	0.083	0.073	0.054
15wt %	0.120	0.125	0.083	0.095	0.080	0.059
20wt %	0.099	0.111	0.080	0.087	0.067	0.051

2. ΔT_{20}

表十：塗佈前與塗佈後 Q_{max} 值實驗結果

單位： (W/cm^2)

	W牌	WA牌	U牌	平價	G牌	M牌
塗佈前	0.287	0.286	0.232	0.226	0.192	0.147
5wt %	0.289	0.292	0.237	0.229	0.197	0.149
10wt %	0.290	0.328	0.242	0.252	0.203	0.151
15wt %	0.294	0.337	0.251	0.282	0.209	0.160
20wt %	0.271	0.311	0.234	0.254	0.201	0.138



圖二十一：塗佈前與厚度 $500 \mu m$ 不同比例薄膜 T10 Q_{max} 值折線圖比

(三) 塗佈後 (不同厚度的15wt%薄膜)

1. ΔT_{10} 單位： (W/cm^2)

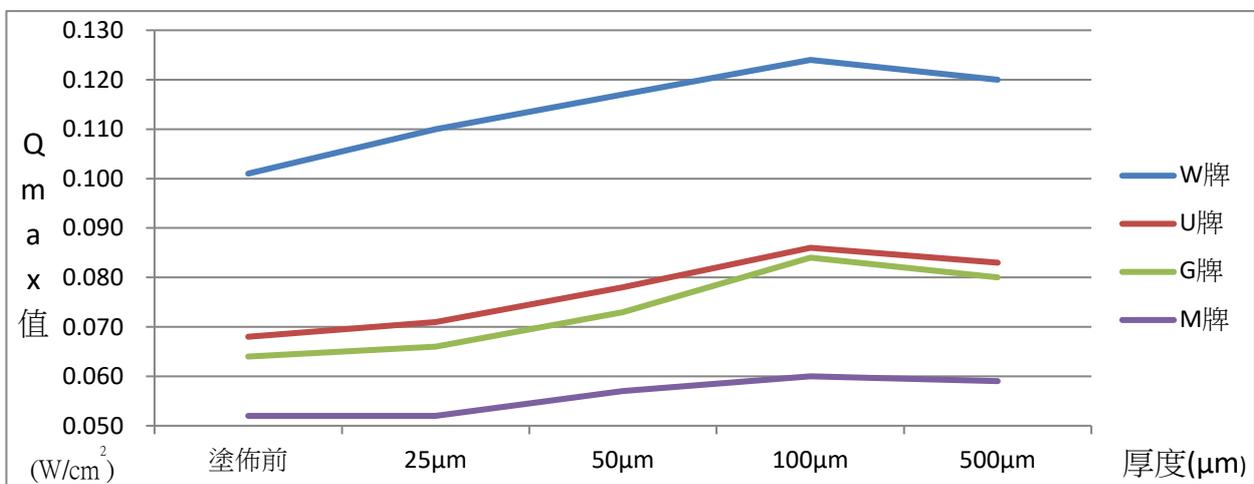
2. ΔT_{20} 單位： (W/cm^2)

表十一：塗佈前不同厚度 15wt % 薄膜 T10 Q_{max} 值

表十二：塗佈前不同厚度 15wt % 膜 T20 Q_{max} 值

	W牌	U牌	G牌	M牌
塗佈前	0.101	0.068	0.064	0.052
$25 \mu m$	0.110	0.071	0.066	0.052
$50 \mu m$	0.117	0.078	0.073	0.057
$100 \mu m$	0.124	0.086	0.084	0.060
$500 \mu m$	0.120	0.083	0.080	0.059

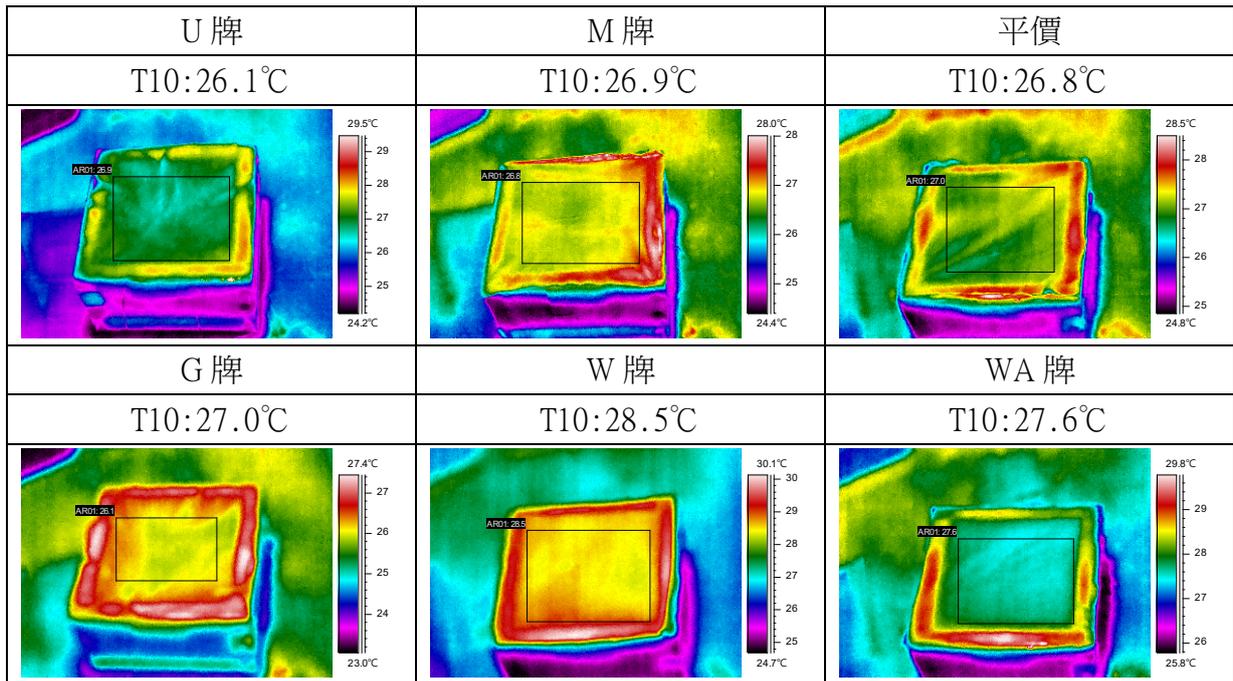
	W牌	U牌	G牌	M牌
塗佈前	0.287	0.232	0.192	0.147
$25 \mu m$	0.291	0.237	0.197	0.149
$50 \mu m$	0.297	0.240	0.207	0.153
$100 \mu m$	0.298	0.254	0.209	0.160
$500 \mu m$	0.294	0.251	0.207	0.158



圖二十二：不同厚度之15wt%薄膜 T10 Q_{max} 值折線圖比較

五、熱影像溫差實驗 (FLIR)

(一) 塗佈前

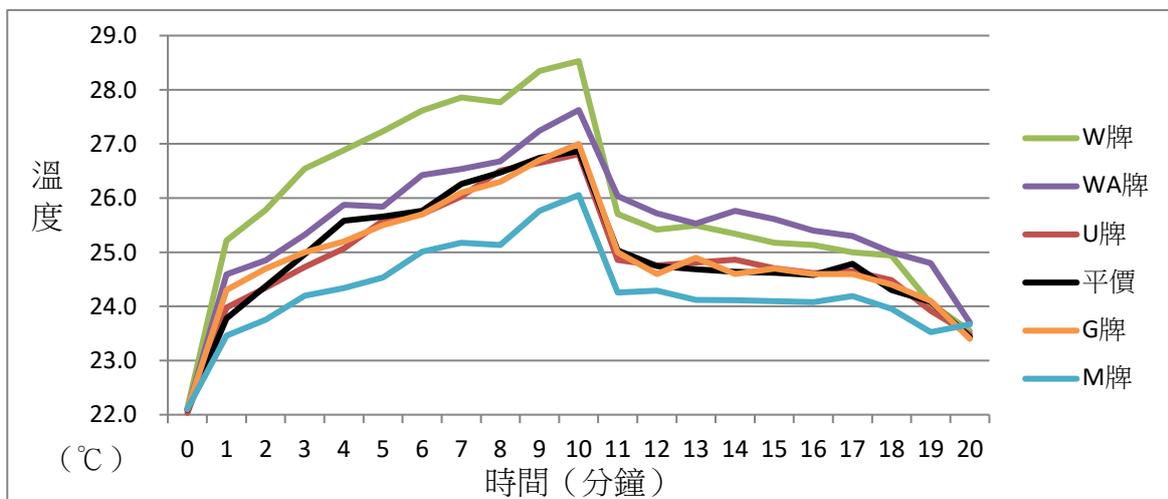


圖二十三：塗佈前熱影像比較圖

表十三：塗佈前熱影像溫差實驗結果

單位：(°C)

	T0	T10	T20	$\Delta T_1(T_{10}-T_0)$	$\Delta T_2(T_{10}-T_{20})$	$\Delta T_3(T_{20}-T_0)$
M牌	22.1	26.1	23.7	4.0	2.4	1.6
平價	22.1	26.9	23.4	4.8	3.5	1.3
G 牌	22.0	26.8	23.5	4.8	3.3	1.5
U 牌	22.1	27.0	23.4	4.9	3.6	1.3
W 牌	22.1	28.5	23.5	6.4	5.0	1.4
WA 牌	22.1	27.6	23.7	5.5	3.9	1.6



圖二十四：各織物進行熱影像溫差實驗溫度變化比較圖

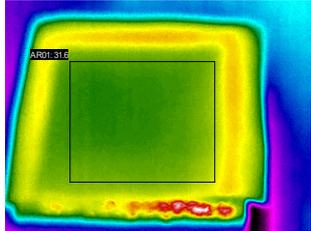
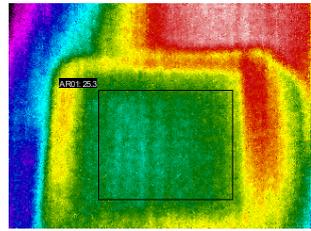
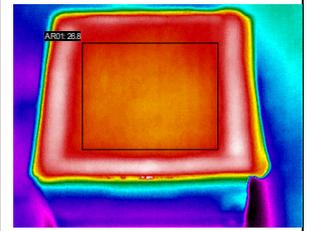
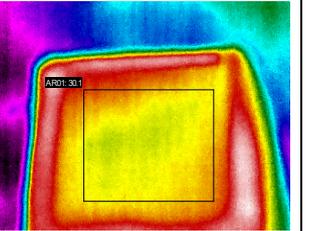
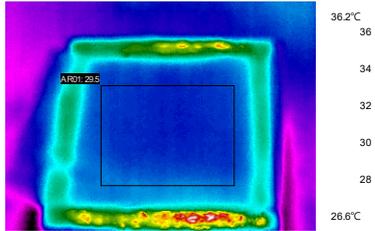
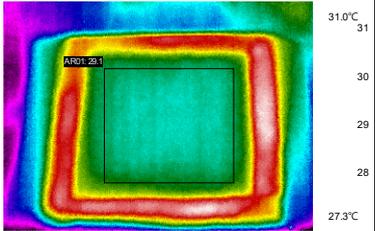
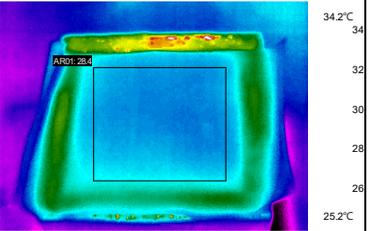
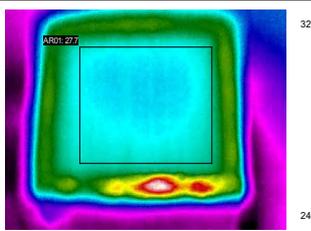
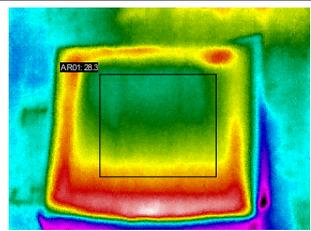
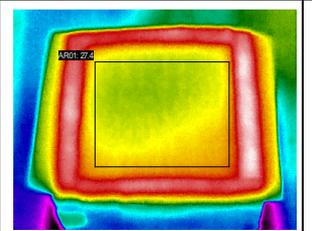
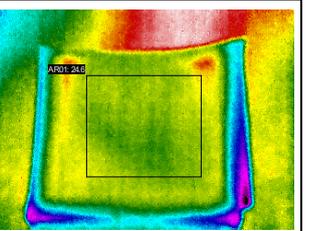
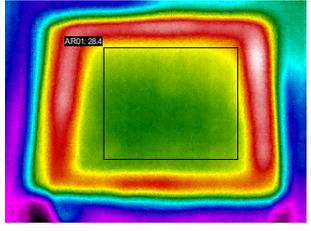
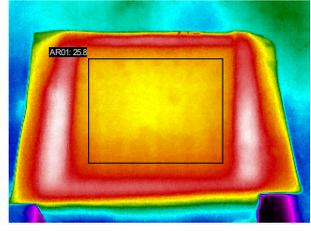
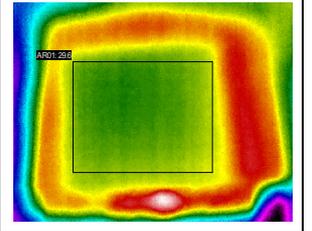
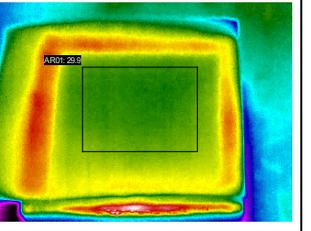
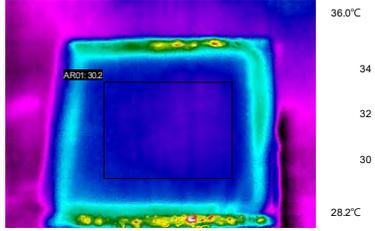
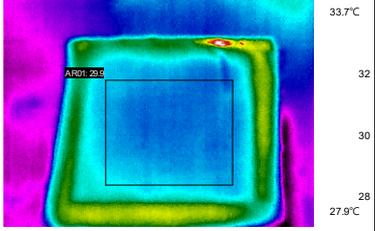
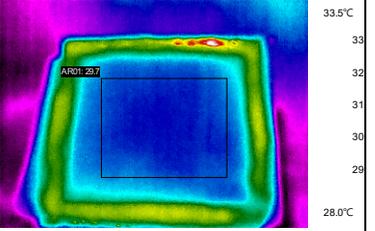
(二) 塗佈後

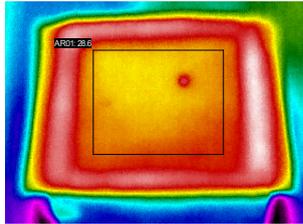
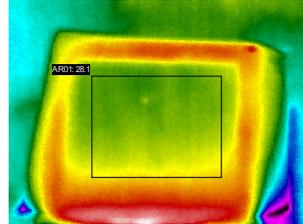
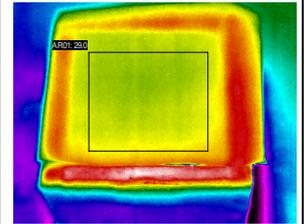
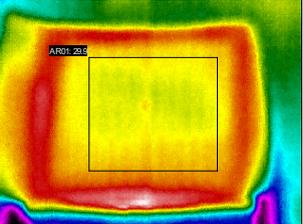
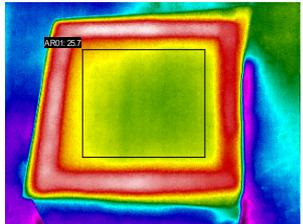
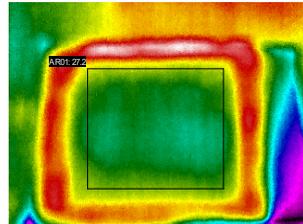
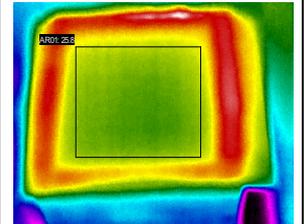
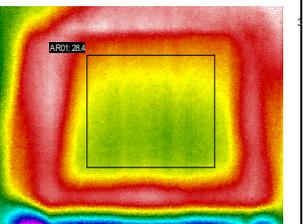
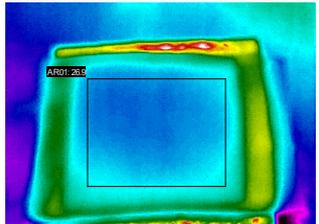
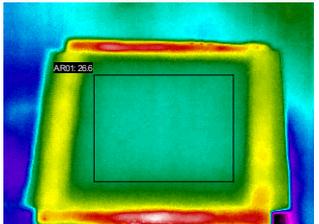
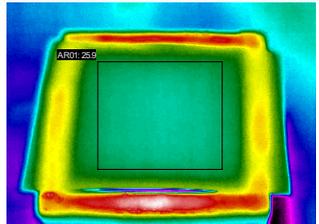
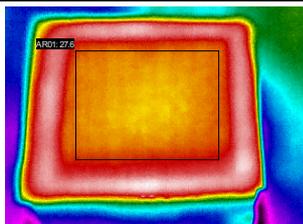
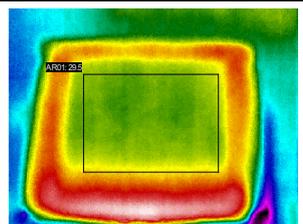
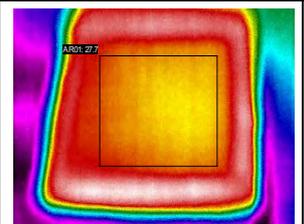
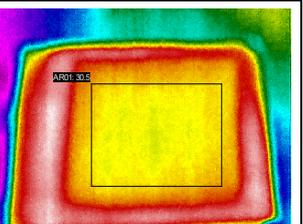
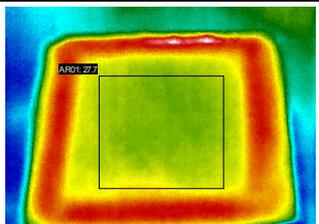
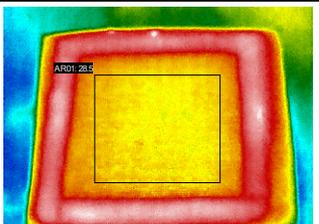
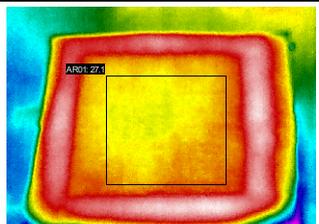
表十四：塗佈後熱影像溫差實驗結果

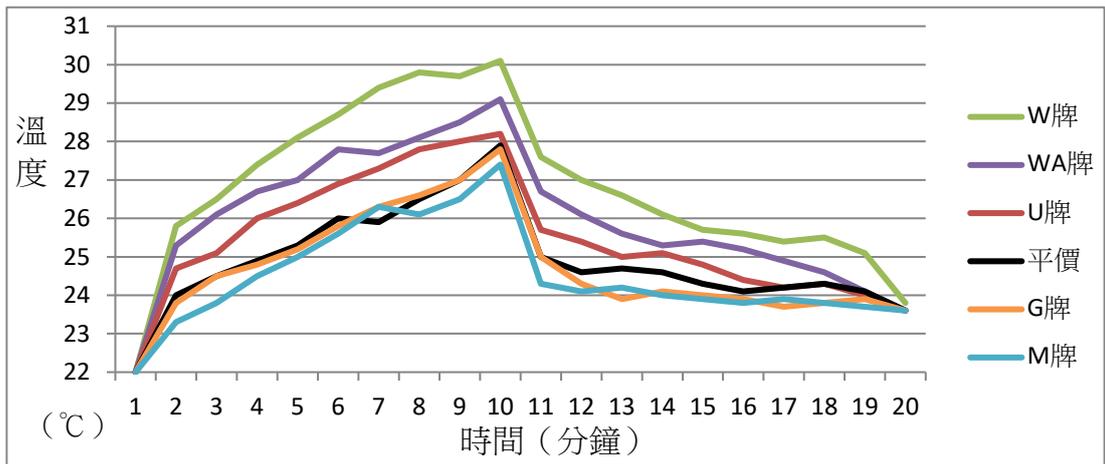
單位：(°C)

			T0	T10	T20	$\Delta T_1(T_{10}-T_0)$	$\Delta T_2(T_{10}-T_{20})$	$\Delta T_3(T_{20}-T_0)$
W 牌	塗佈	5wt %	21.9	27.9	23.4	6.0	4.5	1.5
		10wt %	22.0	28.4	23.6	6.4	4.8	1.6
	厚度 500 μ m	15wt %	22.0	30.1	23.8	8.1	6.3	1.8
		20wt %	22.1	28.6	23.7	6.5	4.9	1.6
	塗佈 涼感粉體 15wt%	25 μ m	22.0	27.4	23.3	5.4	4.1	1.3
		50 μ m	22.2	28.7	23.6	6.5	5.1	1.4
		100 μ m	22.2	29.2	23.8	7.0	5.4	1.6
WA 牌	塗佈	5wt %	22.0	27.3	23.3	5.3	4.0	1.3
		10wt %	22.0	27.9	23.3	5.9	4.6	1.3
	厚度 500 μ m	15wt %	22.0	29.1	23.6	7.1	5.5	1.6
		20wt %	22.0	28.4	23.4	6.4	5.0	1.4
U 牌	塗佈	5wt %	22.1	26.5	23.4	4.4	3.1	1.3
		10wt %	22.0	27.9	23.4	5.9	4.5	1.4
	厚度 500 μ m	15wt %	22.0	28.2	23.6	6.2	4.6	1.6
		20wt %	22.0	27.8	23.5	5.8	4.3	1.5
	塗佈 涼感粉體 15wt%	25 μ m	21.9	26.8	23.4	4.9	3.4	1.5
		50 μ m	21.9	27.4	23.5	5.5	3.9	1.6
		100 μ m	22.0	27.9	23.3	5.9	4.6	1.3
平 價	塗佈	5wt %	22.1	26.6	23.6	4.5	3.0	1.5
		10wt %	22.1	27.2	23.5	5.1	3.7	1.4
	厚度 500 μ m	15wt %	22.0	27.9	23.6	5.9	4.3	1.6
		20wt %	22.0	27.5	23.5	5.5	4.0	1.5
G 牌	塗佈	5wt %	22.0	26.3	23.6	4.3	2.7	1.6
		10wt %	22.0	26.7	23.5	4.7	3.2	1.5
	厚度 500 μ m	15wt %	22.0	27.8	23.6	5.8	4.2	1.6
		20wt %	22.1	26.2	23.5	4.1	2.7	1.4
	塗佈 涼感粉體 15wt%	25 μ m	22.0	26.6	23.4	4.6	3.2	1.4
		50 μ m	22.0	27.4	23.3	5.4	4.1	1.3
		100 μ m	21.9	27.6	23.7	5.7	4.2	1.8
M 牌	塗佈	5wt %	22.1	26.3	23.3	4.2	3.0	1.3
		10wt %	22.1	26.9	23.4	4.8	3.3	1.3
	厚度 500 μ m	15wt %	22.0	27.4	23.6	5.4	3.8	1.6
		20wt %	22.0	27.0	23.3	5.0	3.6	1.3
	塗佈 涼感粉體 15wt%	25 μ m	22.0	26.4	23.4	4.4	3.0	1.4
		50 μ m	22.0	27.0	23.7	5.0	3.3	1.7
		100 μ m	22.0	27.3	23.3	5.3	4.0	1.3

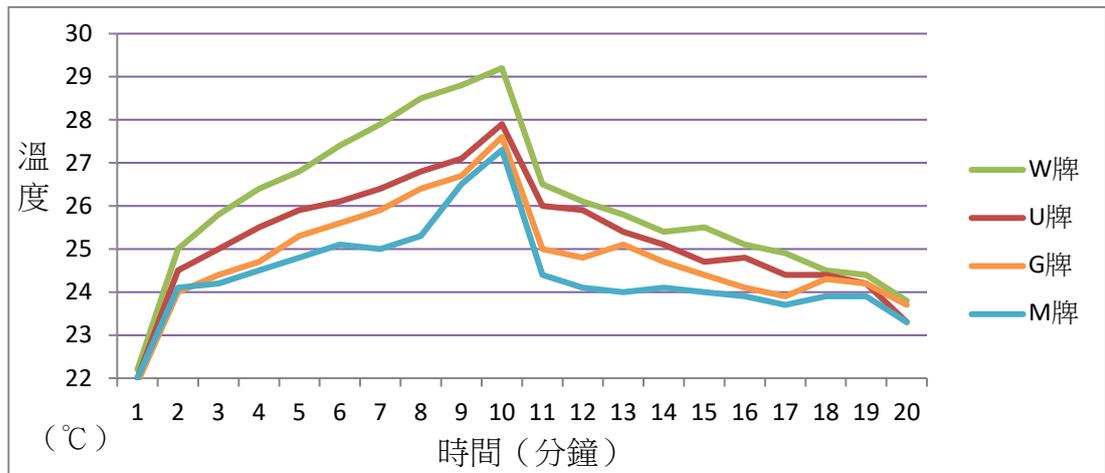
表十五：塗佈前熱影像比較圖

		塗佈 (厚度 500 μm)			
		5wt%	10wt%	15wt%	20wt%
W 牌					
		塗佈 (厚度 100 μm)	塗佈 (厚度 50 μm)	塗佈 (厚度 25 μm)	
					
		36.2°C 36 34 32 30 28 26.6°C	31.0°C 31 30 29 28 27.3°C	34.2°C 34 32 30 28 25.2°C	
W A 牌		塗佈 (厚度 500 μm)			
		5wt%	10wt%	15wt%	20wt%
					
		塗佈 (厚度 100 μm)	塗佈 (厚度 50 μm)	塗佈 (厚度 25 μm)	
	無測驗	無測驗	無測驗		
U 牌		塗佈 (厚度 500 μm)			
		5wt%	10wt%	15wt%	20wt%
					
		塗佈 (厚度 100 μm)	塗佈 (厚度 50 μm)	塗佈 (厚度 25 μm)	
					
	36.0°C 34 32 30 28.2°C	33.7°C 32 30 28 27.9°C	33.5°C 33 32 30 28 28.0°C		

平 價	塗佈 (厚度 500 μ m)			
	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%
				
	塗佈 (厚度 100 μ m)		塗佈 (厚度 50 μ m)	
	無測驗		無測驗	
G 牌	塗佈 (厚度 500 μ m)			
	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%
				
	塗佈 (厚度 100 μ m)		塗佈 (厚度 50 μ m)	
	 32.8°C 32 30 28 26 24 23.7°C	 31.0°C 30 28 26 24 22.7°C	 31.0°C 30 28 26 24 22 21.2°C	
M 牌	塗佈 (厚度 500 μ m)			
	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%
				
	塗佈 (厚度 100 μ m)		塗佈 (厚度 50 μ m)	
	 29.9°C 28 26 24 23.9°C	 30.1°C 30 29 28 27 26 25 24.8°C	 28.7°C 28 27 26 25 24 23.3°C	



圖二十五：各織物塗佈後厚度 500 μm 涼感粉體比例 15wt%熱影像溫差實驗溫度變化折線圖



圖二十六：各織物塗佈後厚度 100 μm 涼感粉體比例 15wt%熱影像溫差實驗溫度變化折線圖

六、自製彈性拉伸測試系統實驗

(一) 自製彈性拉伸測試系統

表十六：自製彈性拉伸織物伸長量

砝碼重 (g)	0	10	20	30	40	50
伸長量 (mm)	19.3	30.8	43.1	49.7	53.4	56.1

七、拉伸強力實驗

(一) 塗佈前

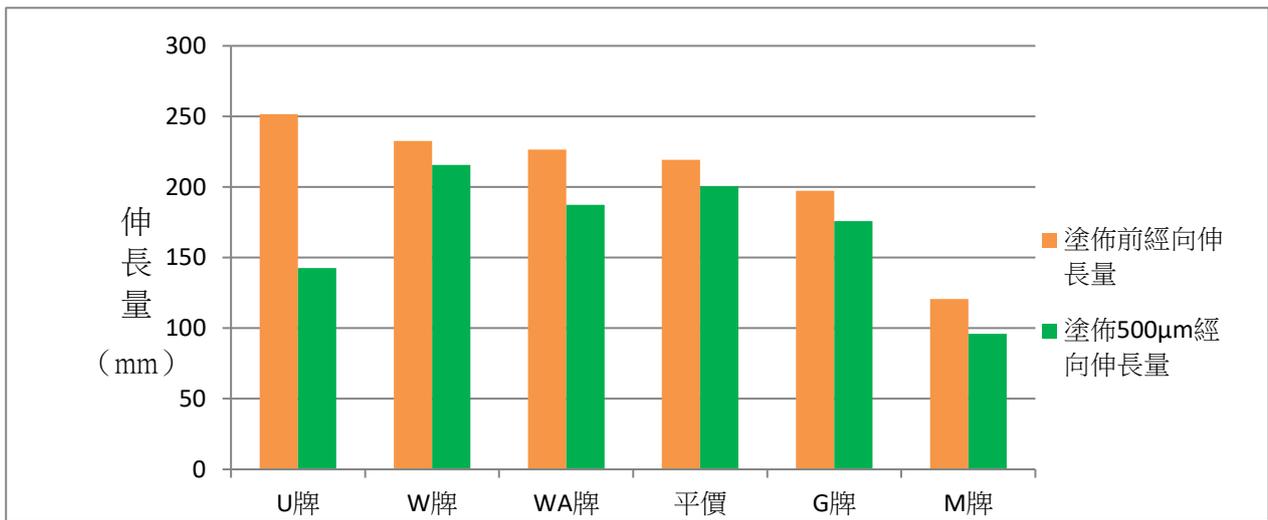
表十七：經向緯向拉伸實驗結果

品牌	經向伸長量(mm)	緯向伸長量(mm)	品牌	經向伸長量(mm)	緯向伸長量(mm)
U牌	251.59	225.46	平價	219.27	198.34
W牌	232.63	219.27	G牌	197.42	167.31
WA牌	226.43	162.01	M牌	120.60	108.74

(二) 塗佈後 (厚度 500 μm)

表十八：厚度 500 μm 之 15wt%薄膜經向拉伸實驗結果

品牌	伸長量(mm)	品牌	伸長量(mm)
W牌	215.58	G牌	175.74
平價	200.50	U牌	142.61
WA牌	187.49	M牌	95.99

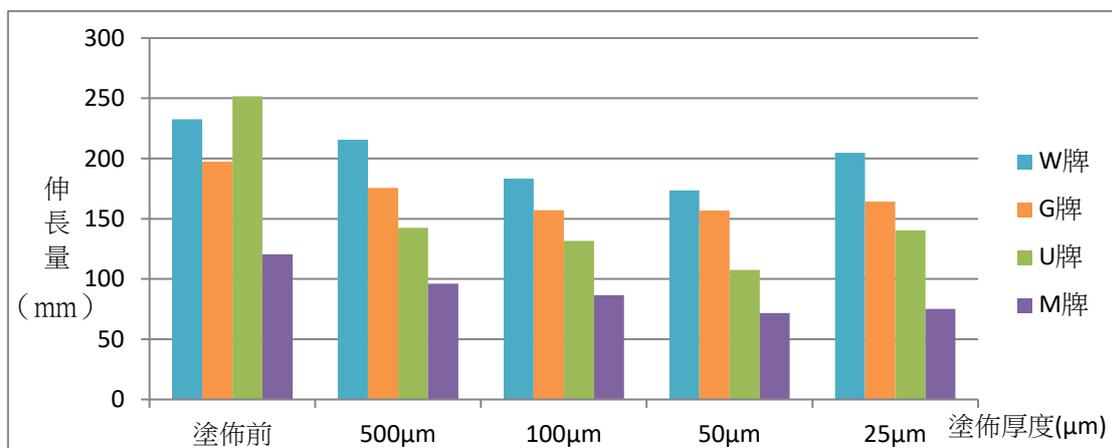


圖二十七：塗佈前與塗佈 500 μ m 15wt%薄膜經向拉伸比較

(三) 塗佈後 (不同厚度的 15wt%薄膜)

表十九：不同厚度之 15wt%薄膜經向拉伸實驗結果

品牌	伸長量(mm)	品牌	伸長量(mm)
W 牌	232.63	U 牌	251.59
W 牌 500 μ m	215.58	U 牌 500 μ m	142.61
W 牌 100 μ m	183.18	U 牌 100 μ m	131.50
W 牌 50 μ m	173.50	U 牌 50 μ m	107.56
W 牌 25 μ m	204.65	U 牌 25 μ m	140.48
品牌	伸長量(mm)	品牌	伸長量(mm)
G 牌	197.42	M 牌	120.6
G 牌 500 μ m	175.74	M 牌 500 μ m	95.99
G 牌 100 μ m	157.15	M 牌 100 μ m	86.61
G 牌 50 μ m	156.81	M 牌 50 μ m	71.74
G 牌 25 μ m	164.15	M 牌 25 μ m	75.09



圖二十八：塗佈前與不同厚度 15wt%薄膜經向伸長量

八、Alambeta冷感測試實驗

(一) 塗佈前

表二十：冷感測試實驗實驗結果

	M牌	W牌	G牌	平價	WA牌	U牌	單位
λ 熱傳導係數	38.6	41.5	40.1	40.1	40.6	31.4	mW/m.K
a 熱擴散值	0.102	0.060	0.093	0.074	0.054	0.050	mm ² /s
b 熱吸收值	132.740	167.860	128.100	148.000	172.940	141.700	Ws ^{1/2} /m ² K

(二) 塗佈後 (厚度 500 μm)

表二十一：M牌各比例比較

M牌	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%	單位
λ 熱傳導係數	44.0	44.8	45.6	45.5	mW/m.K
a 熱擴散值	0.083	0.073	0.066	0.060	mm ² /s
b 熱吸收值	161.780	172.200	185.800	177.520	Ws ^{1/2} /m ² K

表二十二：W牌各比例比較

W牌	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%	單位
λ 熱傳導係數	46.2	46.4	49.0	48.6	mW/m.K
a 熱擴散值	0.031	0.030	0.032	0.034	mm ² /s
b 熱吸收值	252.060	259.620	265.200	259.780	Ws ^{1/2} /m ² K

表二十三：G牌各比例比較

G牌	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%	單位
λ 熱傳導係數	44.0	44.7	46.5	46.4	mW/m.K
a 熱擴散值	0.046	0.055	0.045	0.051	mm ² /s
b 熱吸收值	200.540	205.940	223.340	213.560	Ws ^{1/2} /m ² K

表二十四：平價各比例比較

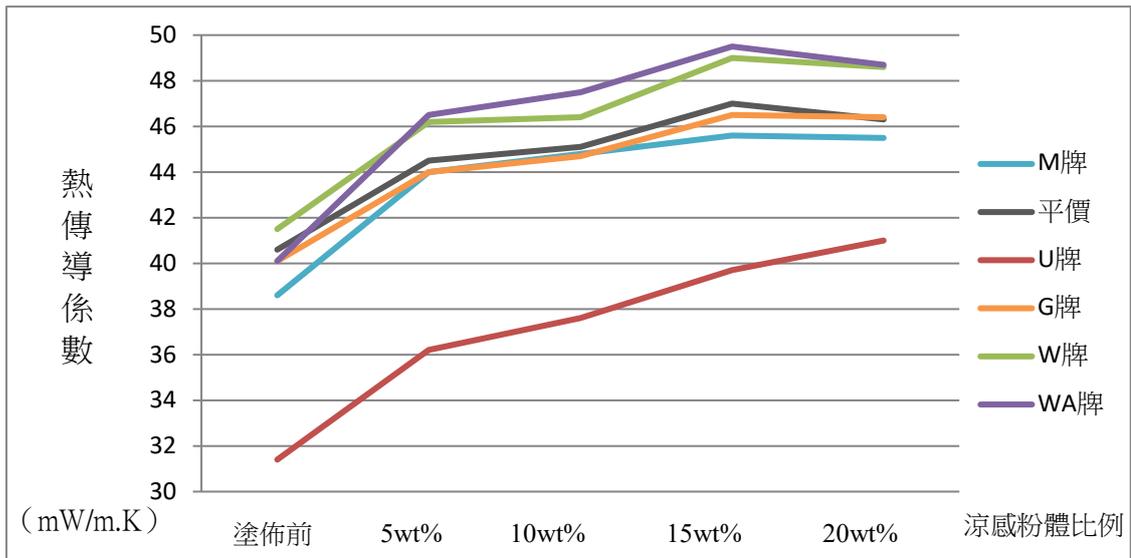
平價	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%	單位
λ 熱傳導係數	44.5	45.1	47.0	46.3	mW/m.K
a 熱擴散值	0.042	0.058	0.060	0.059	mm ² /s
b 熱吸收值	192.920	206.660	212.686	228.800	Ws ^{1/2} /m ² K

表二十五：WA牌各比例比較

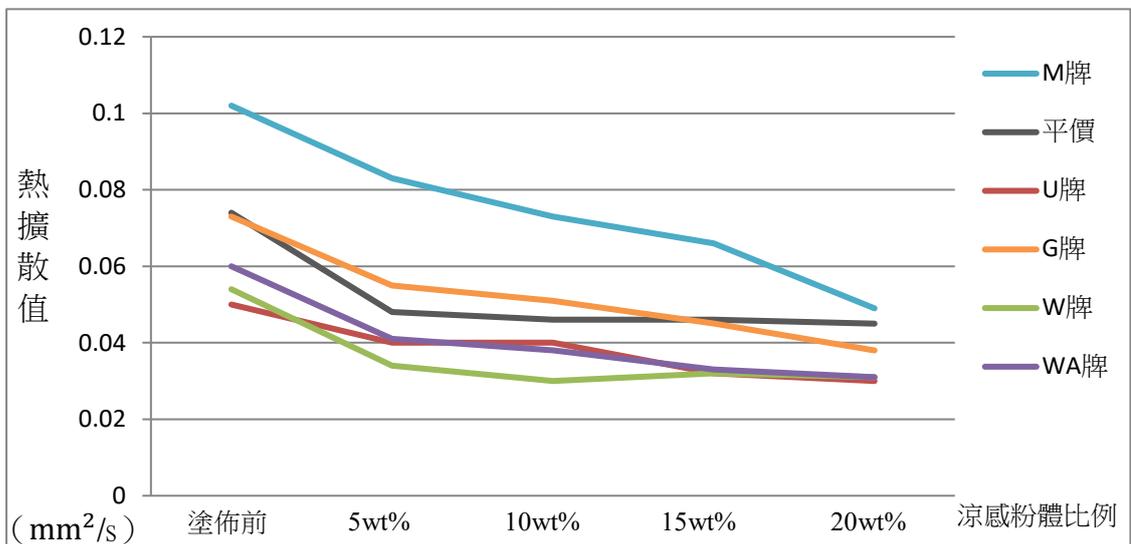
WA牌	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%	單位
λ 熱傳導係數	46.5	47.5	49.5	48.7	mW/m.K
a 熱擴散值	0.033	0.033	0.038	0.041	mm ² /s
b 熱吸收值	237.220	239.120	245.520	241.020	Ws ^{1/2} /m ² K

表二十六：U牌各比例比較

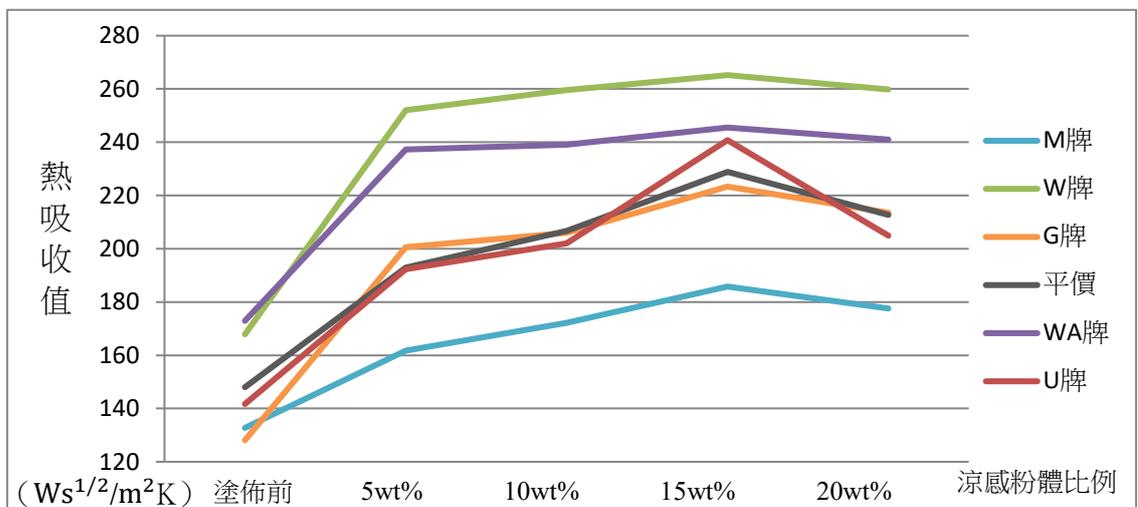
U牌	5wt%	10wt%	15wt%	20wt%	單位
λ 熱傳導係數	36.2	37.5	39.7	37.6	mW/m.K
a 熱擴散值	0.032	0.030	0.040	0.040	mm ² /s
b 熱吸收值	192.280	202.040	240.780	204.940	Ws ^{1/2} /m ² K



圖二十九：塗佈前與塗佈 500 μ m 薄膜熱傳導係數比較折線圖



圖三十：塗佈前與塗佈 500 μ m 薄膜熱擴散值比較折線圖



圖三十一：塗佈前與塗佈 500 μ m 薄膜熱吸收值比較折線圖

(三) 塗佈後 (不同厚度 15wt%薄膜)

表二十七：M 牌 15wt%不同厚度比較

M 牌	25 μ m	50 μ m	100 μ m	單位
λ 熱傳導係數	39.1	43.9	45.0	mW/m.K
a 熱擴散值	0.078	0.071	0.080	mm ² /s
b 熱吸收值	144.460	151.900	156.160	Ws ^{1/2} /m ² K

表二十八：W 牌 15wt%不同厚度比較

W 牌	25 μ m	50 μ m	100 μ m	單位
λ 熱傳導係數	41.2	47.5	49.0	mW/m.K
a 熱擴散值	0.040	0.036	0.033	mm ² /s
b 熱吸收值	202.280	210.640	218.320	Ws ^{1/2} /m ² K

表二十九：G 牌 15wt%不同厚度比較

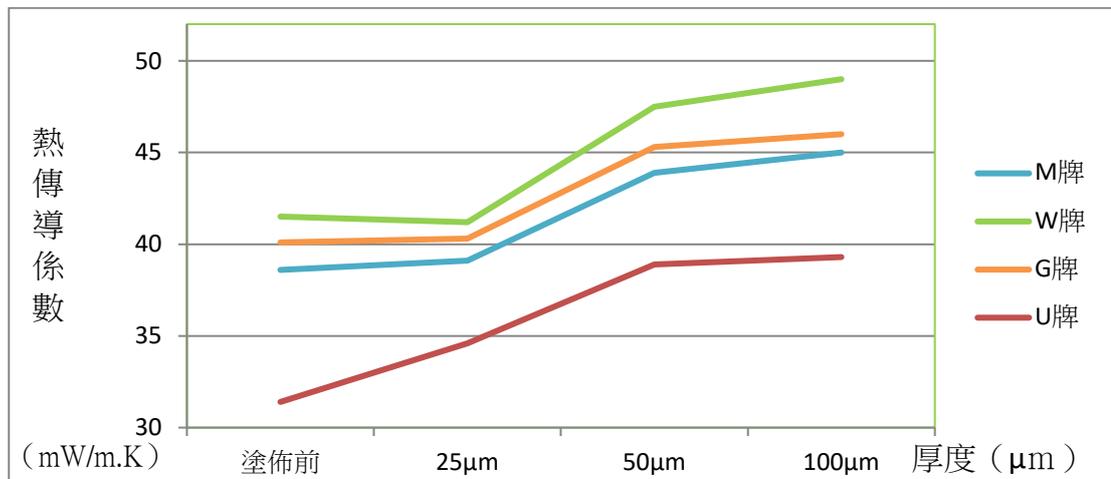
G 牌	25 μ m	50 μ m	100 μ m	單位
λ 熱傳導係數	40.3	45.3	46.0	mW/m.K
a 熱擴散值	0.082	0.078	0.086	mm ² /s
b 熱吸收值	139.940	140.060	141.875	Ws ^{1/2} /m ² K

表三十：U 牌 15wt%不同厚度比較

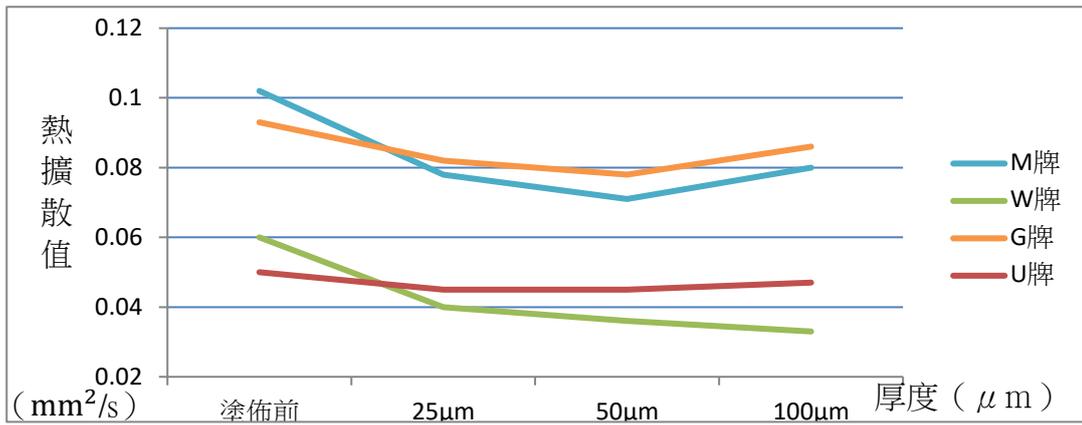
U 牌	25 μ m	50 μ m	100 μ m	單位
λ 熱傳導係數	34.6	38.9	39.3	mW/m.K
a 熱擴散值	0.045	0.045	0.047	mm ² /s
b 熱吸收值	163.750	166.025	166.775	Ws ^{1/2} /m ² K

表三十一：塗佈 100 μ m 及 500 μ m 15wt%薄膜熱傳導係數比較

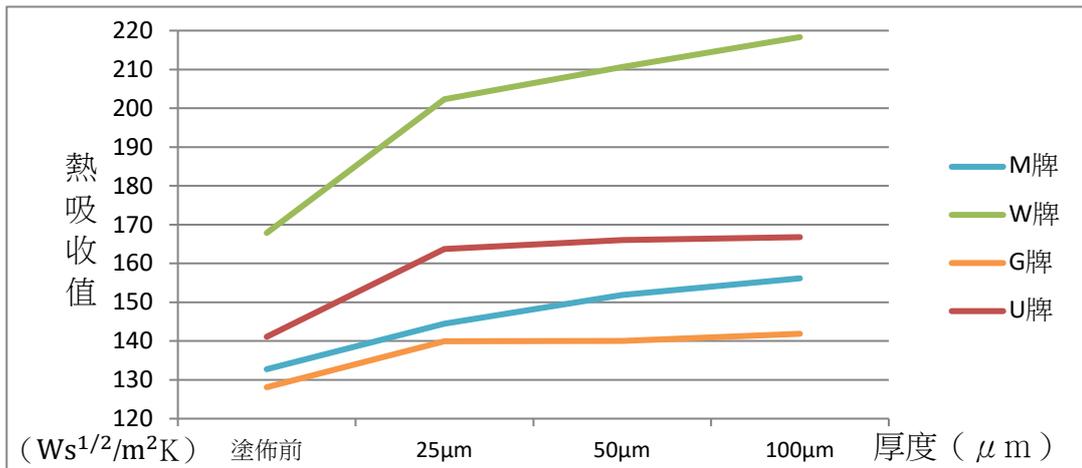
	W牌	G牌	U牌	M牌	單位
塗佈 100 μ m 15wt %薄膜	49.0	46.0	39.3	45.0	mW/m.K
塗佈 500 μ m 15wt %薄膜	49.0	46.5	39.7	45.6	mW/m.K



圖三十二：塗佈前與塗佈後不同厚度 15wt%薄膜熱傳導係數折線圖



圖三十三：塗佈前與塗佈不同厚度 15wt%薄膜比較熱擴散值折線圖



圖三十四：塗佈前與塗佈不同厚度 15wt%薄膜比較熱吸收值折線圖

九、耐水洗性實驗

表三十二：塗佈厚度 100 μm 、涼感粉體 15wt% 織物水洗後烘乾不同時間重量變化 (單位: g)

	10min	20min	30min	40min	50min
W牌	1.386	1.247	1.237	1.236	1.236
U牌	1.779	1.603	1.573	1.572	1.571
G牌	1.864	1.447	1.449	1.448	1.447
M牌	2.001	1.734	1.354	1.353	1.354

表三十三：塗佈厚度 100 μm 、涼感粉體 15wt% 織物水洗後重量變化 (單位: g)

	水洗五次	水洗十次	水洗十五次	水洗二十次
W牌	1.236	1.235	1.236	1.235
U牌	1.573	1.572	1.573	1.572
G牌	1.447	1.448	1.447	1.447
M牌	1.354	1.354	1.355	1.354

陸、討論

一、衣物使用性

一件衣物的優劣可以從美觀性、耐用性、舒適性及外觀保持性來判斷。一個紡織製品的外觀應具吸引力及恰當性，通常是以觸摸和肉眼觀察來做主觀的評斷，本文所說的美觀性為光澤性、垂性、質感和手感的綜合體。而織物的耐用性可以分為摩擦抗性、強力和拉伸度。摩擦抗性指的是織物在使用時抵抗摩擦的力，而強力和拉伸度分別指織物抵抗外力拉伸的能力和纖維能夠被拉伸最極限的長度。舒適性通常為消費者選購衣物時的第一考量，根據章以慶「認識織品：市售布料實物」，舒適性指的是衣物的吸水性、熱的保持性及織物密度。吸水

性為纖維吸收人體或環境中水分的能力，是以纖維在標準濕度（65±5%）內所吸收的水分與纖維在完全乾燥下相比較而取得之百分比為數據。熱的保持性則為織物保存熱氣的能力。外觀保持性是決定一件衣物是否耐用的關鍵之一，詳細可分為織物的壓縮挺性、尺寸穩定性、抗縮性及彈性恢復性。壓縮挺性是指織物經歷、扭或摺後，恢復原來形狀之能力；尺寸穩定性是指織物使用清洗後，仍能保持其原來尺寸形狀的能力；抗縮性是指織物在清洗後保有原尺寸的能力，而彈性恢復性則是指纖維受到外力拉伸後，其彈回原尺寸的能力。基於市場價值及消費者喜好，本文所尋找的織物必須符合美觀性、耐用性、舒適性及外觀保持性這些基礎，外加良好的涼感功能，才能符合本團隊對於最具涼感特性織物的要求。

二、實驗室之室溫探討

本實驗控制環境溫度及濕度，乃因高分子聚合物的特性，溫度低時會變得硬脆，而溫度高時則會變得柔軟。許多高分子物質的拉伸性質對溫度是非常敏感的，如拉伸強度及拉伸彈性係數皆會因試驗溫度的升高而下降，但伸長量卻會隨之增加。另一方面高分子結構中的羥、氨基等，對水的親和力格外強。水對高分子的增塑作用，便順理成章地成了濕度對高分子物性影響的主因。因此本團隊參考國際測試標準將實驗室之室溫控制在 21±2℃；相對濕度 65±5%，以減少實驗的環境誤差。

三、化學材料選擇原因

本實驗利用溶劑型聚氨酯甲酸酯（DPU）包覆涼感粉體和附著於織物上使其不易脫落。且 DPU 與天然橡膠或合成橡膠相比時具有較優良的耐磨耗性、柔軟性、高抗拉強度及防水、防油等優點。而選取 DPU 是根據鄭國彬教授之論文「聚氨酯甲酸酯／氧化鎢複合薄膜之製備與近紅外線遮蔽性之研究」的研究論述，經衡量後採用。

四、實驗組選取探討

在第一輪未塗佈實驗—市售涼感衣功能檢驗中，本團隊做出各品牌衣物涼感效果的排序，並往第二輪實驗邁進。第二輪實驗為固定薄膜厚度 500 μm，搭配不同比例涼感粉體，進行涼感效果的比較。依實驗結果發現當涼感粉體比例為 15wt%時，可達到最佳的效果，故選取 15wt% 作為第三輪實驗的基礎。第三輪實驗為固定涼感粉體比例 15wt%，搭配不同塗佈厚度進行比較，此實驗是為改善塗料過厚導致衣物產生的不舒適感。而本實驗在第三輪實驗中踢除了兩大品牌，分別為 WA 牌及平價。原因是 W 牌和 WA 牌的成分過於近似，對於消費者而言差異不大，因此本團隊選擇較為優秀的 W 牌作為第三輪實驗選手。至於平價，雖然在第一輪實驗中表現可圈可點，但此品牌較為少見，且涼感效果非最佳或最差，因此本實驗選擇捨棄平價以較為大眾但表現差強人意的 M 牌作為第三輪選手。故第三輪實驗中選擇了 W 牌、G 牌、U 牌、M 牌來爭取最佳涼感效果及最舒適織物。第三輪實驗中選取的厚度分別為 25 μm、50 μm、100 μm。實驗後發現 100 μm 為三種厚度中涼感效果最好的。照理來講應該繼續往 200 μm 邁進，但塗佈完一塊厚度 200 μm 的織物後，本團隊發現織物產生相當嚴重的硬化現象，且與塗佈 500 μm 幾無差別，若要採用厚度 200 μm 不如直接採用厚度 500 μm，因此本實驗將薄膜厚度停在 100 μm，再與其他厚度比較。

五、涼感衣纖維顯微鏡照片

從圖十六可以看出本實驗所選定的織物皆使用菱形式編織法編織而成。根據第49屆中小學科學展覽會物理組作品「布，能說的秘密-探討影響布料彈性的因素」，本文可以得知織物的彈性和其編織方式是有所關聯的，隨著單位面積棉線的數量增加，其彈性係數值會越來越大，

穿著起來也較舒適。關於彈性的部分，之後會在彈性拉伸實驗中做討論。在圖十七中可以看出混合在DPU中的涼感粉體相當均勻的分佈在織物上，所以可以將涼感粉體混合且覆蓋不均此項變因對接下來實驗的影響中去除。而試比較塗佈前和塗佈後，可以發現塗佈後織物的孔隙被薄膜覆蓋。

六、布料塗佈前與塗佈後厚度比較

一塊織物的各項檢測數值（如：熱傳導係數）皆與織物的厚度相關。由表四可知在塗佈前 U 牌為所有織物中最薄的一件，故可預期 U 牌的熱傳導係數將會高於其他織物。與 U 牌恰好相反的 M 牌，則為所有織物中最厚的一件，也就是說 M 牌的熱傳導係數將會低於其他織物。此推論是否合理，待後方實驗討論。

根據圖十八，隨著混合在 DPU 中的涼感粉體比例增加，織物也有日漸增厚的趨勢。織物厚度增厚與布料的涼感效果是否有抵觸（例：織物厚度的增厚會造成熱傳導係數降低，但要達成涼感需要熱傳導係數高），待後方實驗討論。

而在進行完第一次塗佈實驗後，發現烘乾後的織物並不如預期的舒服，幾乎不可能成為製作衣服的材料。經與指導老師討論，認為問題應該是源自塗佈在織物上的 DPU 過厚，導致織物有硬化的現象，於是本團隊決定將原塗佈厚度 $500\mu\text{m}$ 改得更薄。根據各項實驗結果發現涼感粉體比例為 15wt% 時涼感效果最佳，於是決定在 15wt% 的布料上分別塗上 $25\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 的薄膜，再依序找出最好的厚度，希望能改善現有的問題並能夠達成相等的涼感效果。

七、吸水高度實驗

（一）塗佈前

將吸水性較好的方向稱為經向，較差的稱為緯向。比較圖十九與圖二十可得知，織物經向吸水性皆高於緯向，查看表七，發現造成此結果的原因為織物每單位面積的經向條數大於緯向條數，當條數越大時，纖維的芯吸效應越好，能吸收更多水分。根據圖十九、圖二十與表七，發現經向條數與緯向條數的差值越大，吸水高度的差值也會越大。從圖十六的顯微鏡照片可得知，W 牌和 WA 牌的正反面結構並不相同，採辮子法編織的正面經向密度明顯大於緯向密度，故從數據中可看出 W 牌和 WA 牌的經緯向吸水結果差異頗大（W 牌差 2.36cm、WA 牌差 2.18cm）。黏液縲縈的吸水率高達 12.5%，而 G 牌含有 60% 的黏液縲縈，故無論是經向吸水或是緯向吸水 G 牌皆遙遙領先其他品牌。而 M 牌的成分中含有 52% 的棉，棉是擁有最好吸水性的天然纖維，其吸水率最高可達 11%，故 M 牌排名第二。接下來依序排名為 WA 牌、W 牌、U 牌、平價。平價的成分多為聚酯纖維，含量高達 92%。聚酯纖維屬於人造纖維，吸水率只有 0.4%，因此平價的吸水性位居最後一名。

一般的涼感衣是利用吸濕排汗的原理或適度的回潮來造成涼感效果，也就是說織物的吸水性是決定涼感效果的原因之一。

而吸水性與衣物的舒適性也有相當大的關連，吸水性愈差與皮膚接觸則愈不舒服，這是因為人體的水氣不易排出的緣故。故選擇衣物時，應選擇含有黏液縲縈且比例較高者，即可擁有較佳的連感效果及舒適性。

(二) 塗佈後

經檢測，發現織物因表面吸附 DPU 而產生防水的現象。此現象可以確定織物經塗佈後每一處皆有完全吸附 DPU 塗料，但防水效果並非研究者所期望的。如同上述，織物是否吸水是影響衣物涼感的因素之一，如果為了加入涼感粉體，反而讓織物失去吸水功能，得不償失。因此研究者思考幾種改善的方式，待未來展望中討論。

八、涼感 Q_{max} 瞬間涼感值實驗

(一) 塗佈前

在表八中可以發現每一塊織物的正反面會有不同的 Q_{max} 值，這和兩面編織法不同有關，一般會選較涼的一面當作貼近肌膚的一面，稱為正面。實驗中有 T10 和 T20 不同溫度的實驗，兩者熱板溫度不同，T10 熱板為 30°C ；T20 熱板為 40°C 。一般而言 T20 的 Q_{max} 值會大於 T10 的 Q_{max} 值，因為熱板溫度高，傳遞給冷板的熱量會較高。雖然兩者數值不同，但變化趨勢會相似，通常主要是看 T10 數據，因為 T20 每一組數據都很高，差距不大，難以討論差異。故涼感 Q_{max} 瞬間涼感值實驗主要探討 T10 正面的實驗數據。在表八中可明顯看出 W 和 WA 牌在 T10 正面的實驗數值分別擁有第一和第二大瞬間涼感值（W 牌為 0.101 W/cm^2 ；WA 牌為 0.100 W/cm^2 ），接下來的平價則是第三，而第四大的 U 牌和平價相差不大（平價為 0.077 W/cm^2 ；U 牌為 0.076 W/cm^2 ），但第五大的 G 牌（G 牌為 0.064 W/cm^2 ）和第四名數值相差大，最差的則是 M 牌（G 牌為 0.052 W/cm^2 ）。另外查看熱傳導係數的涼感排名和 Q_{max} 值的涼感排名可發現些許差異，這樣的現象可以用長跑和短跑來比喻， Q_{max} 為瞬間涼感，時間幾乎只有 1 到 2 秒，因此不一定能維持持久的清涼感，帶給我們的舒適度就如同短跑一樣，一下就結束了；但反觀熱傳導係數，代表的是涼感的持久性，能夠長時間維持清涼，可用長跑來比喻。

(二) 塗佈後（厚度 $500\ \mu\text{m}$ ）

以瞬間涼感而言，圖二十一中每塊織物呈現添加越多粉體，涼感值上升越多的趨勢，但在圖二十一我們發現，添加超過 15wt% 後 Q_{max} 值開始急速下降，是因為添加太多的粉體，粉體產生團聚現象會使熱板熱量無法快速穿透至冷板，因此瞬間涼感效果較差。

(三) 塗佈後（不同厚度的 15wt% 薄膜）

從圖二十二來看，所有的織物呈現塗佈越厚涼感越好，然而一直到塗佈 $500\ \mu\text{m}$ 時卻開始出現些微下降現象，而其原因是薄膜太厚，使熱板溫度難以在極短時間內傳至冷板。可得知要達到瞬間涼感，厚度也是極為需要控制的變因，塗佈 $100\ \mu\text{m}$ 既不會太厚導致溫度難以傳出，亦不會因為太薄而少了涼感效果。

九、熱影像溫差實驗

(一) 塗佈前

從圖二十四中可以看出 W 牌在 T10 時為最大值。根據實驗原理，此實驗是藉由織物吸收及放出鹵素燈熱能的速度來表示織物吸熱與放熱的能力。本實驗將每一塊織物的實驗時間皆訂為 20 分鐘，從表十三也可得知，所有織物的起始溫度皆控制在 $22\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，而實驗結束時末溫皆為 $23.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。故在相同時間相同起始溫度及相同末溫的狀態下，升溫及降溫最多（ $\Delta T_1(T_{10}-T_0)$ 及 $\Delta T_2(T_{10}-T_{20})$ 時為最大值）的，就是本

團隊所尋找最具涼感的織物。進而探討實驗結束時末溫並未回到實驗的初始溫度 $22 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，原因為提供給織物的放熱時間不足。

實驗結果顯示，W 牌的 ΔT_1 及 ΔT_2 來到 6.4°C 及 5.0°C ，證明在 FLIR 熱影像溫差實驗中，W 牌為最具涼感的布料。相反的是，M 牌的 ΔT_1 及 ΔT_2 皆為實驗中的最小值，只有 4.0°C 及 2.4°C ，說明了 M 牌為最不具涼感的織物。

(二) 塗佈後 (厚度 $500 \mu\text{m}$)

綜觀表十三與表十四，本團隊發現並非所有織物塗佈後皆優於塗佈前 (比較 T_{10} 大小)，是因為 DPU 為熱的不良導體，阻擋了熱的傳導，織物不但無法吸收熱能，也難以將原有的熱能散出，因此透過吸熱、散熱所造成的涼感效果也就不明顯，甚至更低。如在涼感粉體 5wt% 時，DPU 所佔的比例與涼感粉體所佔的比例差距大，DPU 明顯過多，造成涼感粉體無法達成預期的效果，使織物吸熱與散熱的能力差於塗佈前。但當涼感粉體比例調整成 15wt% 時，所有織物吸收熱能與放出熱能的能力皆達到最大值 (查看表十四)，也就是說此時織物可以吸收最多的熱能且在相同時間內散失 (所有織物末溫皆回到 23.5°C 左右)。可以看到 W 牌的 ΔT_1 來到 8.1°C ，比塗佈前的 6.4°C 高出 1.7°C 。依先前的理論，照理來說 20wt% 的涼感效果應優於 15wt%，但實驗結果卻相反，因為當涼感粉體比例為 15wt% 時，DPU 中的涼感粉體可均勻分布在織物上，但當比例達 20wt% 時，涼感粉體會產生團聚現象，使其無法發揮加乘的效果。且涼感粉體為一有機物，而有機物在排列整齊時能產生最佳效果，故 15wt% 會優於 20wt%。

織物吸熱與散熱功能必與原衣物功能相關，塗佈只是造成加乘的效果而已，故塗佈後的涼感效果排序與塗佈前的涼感效果排序相同，W 牌 (涼感粉體 15wt%) 的 ΔT_1 及 ΔT_2 皆為最大值，為最涼的織物；M 牌 (涼感粉體 15wt%) 的 ΔT_1 及 ΔT_2 皆為最小值，為最不涼的織物。不過所有織物涼感效果皆優於塗佈前。

根據熱影像溫差的實驗結果，塗佈後各品牌織物涼感效果依序為 W 牌、WA 牌、U 牌、平價、G 牌、M 牌。

(一) 塗佈後 (不同厚度 15wt% 薄膜)

查看圖二十六，本團隊發現隨著 DPU 厚度的增加，衣物涼感度亦逐漸提升 (T_{10} 數值上升)，但此趨勢並不如塗佈厚度 $500 \mu\text{m}$ 時顯著。比較三種厚度 ($25 \mu\text{m}$ 、 $50 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$) 所造成的升溫與降溫效果，發現隨著塗佈厚度的增加，織物吸熱與放熱的能力也就越顯著，而本實驗並未繼續增加厚度的原因已在第四點—實驗組選取探討中討論完。

查看表十四，比較涼感粉體 15wt% 塗佈厚度 $500 \mu\text{m}$ 與涼感粉體 15wt% 塗佈厚度 $100 \mu\text{m}$ 的織物，會發現涼感粉體 15wt% 塗佈厚度 $500 \mu\text{m}$ 的織物涼感效果是優於涼感粉體 15wt% 塗佈厚度 $100 \mu\text{m}$ 的。再比較涼感粉體 15wt% 塗佈厚度 $100 \mu\text{m}$ 與涼感粉體 20wt% 塗佈厚度 $500 \mu\text{m}$ 的織物，發現涼感粉體 15wt% 塗佈厚度 $100 \mu\text{m}$ 的布料皆優於涼感粉體 20wt% 塗佈厚度 $500 \mu\text{m}$ 的織物。涼感粉體成本較高，在為了符合經濟效益下涼感粉體 15wt% 塗佈厚度 $100 \mu\text{m}$ 為最佳比例。

十、自製彈性拉伸測試系統實驗

本文將織物的兩端用長尾夾夾住，然後用棉繩接上不同質量的砝碼，當織物產生長度變

化時，再用尺測量織物長度的變化。但本團隊發現使用長尾夾會使織物受力不均，且在測量織物伸長量微小的變化時，無法精密的量出。查看表十六，得知隨著砝碼質量的加重，織物伸長量變化量值減小，故可推知繼續增加砝碼重，織物的伸長量變化量值會精密到無法使用直尺量出。為了解決此問題，我們轉向由標準型微電腦萬能材料試驗機—CY-6012 進行拉伸強力實驗。

十一、拉伸強力實驗

根據第 49 屆中小學科學展覽會物理組作品「布，能說的秘密-探討影響布料彈性的因素」，採平行編織法的織物，會直接受力於棉線上，說明此編法無法增加織物彈性。而辮子編織法的為最具彈性的編法，彈性恢復力高，此編法是因為編織結構的改變而造成織物伸長量增加，且編的越密彈性越佳。採菱形編織法編織的織物在受力後，其孔隙會由菱形轉變成長方形，而造成織物伸長量增加。

(一) 塗佈前

各個織物皆有彈性較佳的方向，稱為經向，而織物的彈性與編織方法和添加的彈性纖維有關，由結果可以發現彈性纖維越多者伸長量越大，彈性越好。

(二) 塗佈後（厚度 $500\mu\text{m}$ ）

在塗佈前的拉伸實驗中本實驗找出每塊織物彈性較好的經向，在之後塗佈後拉伸實驗中將只進行經向拉伸測試，不探討彈性較差的緯向。而塗佈 $500\mu\text{m}$ 只測試涼感效果最好的 15wt% 薄膜，以便探討在達到涼感之餘，使用時的舒適程度是否也能維持良好。

根據圖二十七塗佈 $500\mu\text{m}$ 的薄膜彈性明顯差於塗佈前，特別是 U 牌下降幅度最大，由經向伸長 251.59mm 下降到 142.61mm，可推測薄膜被覆在 U 牌織物上的效果最佳，使得在拉伸時大多施力於薄膜上，而薄膜彈性又差於織物本身的彈性，因此彈性必較塗佈前差。

(三) 塗佈後（不同厚度的 15wt % 薄膜）

根據圖二十八塗佈後所有織物彈性皆下降，但其中塗佈 $500\mu\text{m}$ 時有最佳彈性，原因為 $500\mu\text{m}$ 時 DPU 在織物上厚度最厚，而樹脂類的材料柔軟有彈性，因此使整塊織物彈性較好，但仍然比不上織物原本自身的彈性。而彈性排名第二的厚度為 $25\mu\text{m}$ ，原因是因為厚度薄，織物本身彈性也能被拉伸到，而非全部拉伸薄膜而已，因此塗佈 $25\mu\text{m}$ 時，較能保持織物本身彈性。

十二、Alambeta 冷感測試實驗

(一) λ 熱傳導係數：

熱傳導係數是指某一溫度梯度下單位距離流過的熱能。所以說物體的熱傳導係數越大，在相同溫度梯度下可以傳導越多的熱量，涼感效果也就越佳。

1. 塗佈前

因熱傳導係數的高低可直接代表織物的涼感效果，故根據熱傳導係數實驗結果，本團隊選購的織物的涼感排名為 W 牌、WA 牌、平價、G 牌、M 牌、U 牌。在先前的厚度實驗中，本文提及織物的厚度會影響織物的熱傳導係數。比較圖十八與圖二十九，發現 U 牌的厚度最薄但熱傳導係數明顯偏低（與最佳者 W 牌相差 10.1 mW/m.K ），與先前推測織物越薄熱傳導係數越高相違背。再比較各織物的厚

度和熱傳導係數排名（查看表三十五），可發現二者並無關聯，證明厚度與熱傳導係數無關。

2.塗佈後（厚度 500 μm ）

原本推測當涼感粉體所占比例越高時，代表著涼感能力的熱傳導係數也會隨著增高。但從圖二十九可以發現，15wt %時熱傳導係數數值反而比 20wt%高，推翻了原本的推測，15wt %成為涼感塗料的最佳比例。而造成涼感效果沒有隨著涼感粉體比例增加而更好的原因，是由於當涼感粉體成分中的 CO_2 在所占比例過多時會鎖住熱，使涼感效果低。另外涼感粉體的團聚現象也會影響到熱傳導係數，使涼感粉體在添加 20wt%時無法發揮最佳涼感效果。

3.塗佈後（不同厚度的 15wt%薄膜）

隨著薄膜厚度的增加，各織物的熱傳導係數大多呈現上升狀態，亦即，就算薄膜的厚度變薄，其為織物增添的涼感效果依舊存在。由圖三十二，比較塗佈前與塗佈後（不同厚度的 15wt%薄膜）的熱傳導係數，可以發現塗佈後的所有數值皆高於塗佈前，證明此方法（在織物上塗上添加涼感粉體的薄膜）對於增加織物的涼感會產生助益。查看表三十一，雖然塗上 25、50、100 μm 的薄膜皆無法達到與 500 μm 薄膜同等的涼感效果，但當厚度為 100 μm 涼感粉體比例為 15wt%時已相當接近。在綜合涼感效果、舒適度與經濟效益後，在熱傳導係數中本實驗選擇 100 μm 涼感粉體 15wt%為最佳比例。

（二）a 熱擴散值與 b 熱吸收值：

熱擴散值是指單位時間內熱散逸的面積範圍。當熱擴散值愈大，涼感效果愈佳。而熱吸收值是指在織物接觸皮膚的短時間內，織物吸收人體熱能的情形。熱吸收值愈大及比熱愈小，涼感效果愈佳。

1.塗佈前

在實驗前本團隊認為當一塊織物熱擴散值與熱吸收值皆大時，此塊織物會具有較好的涼感效果。查看表二十，得知在本團隊選購的織物中熱擴散值的排名為 M 牌、G 牌、平價、W 牌、WA 牌、U 牌，而熱吸收值的排名為 WA 牌、W 牌、平價、U 牌、M 牌、G 牌。比較二者後，發現兩項結果排名差異極大，沒有一塊織物是熱擴散值與熱吸收值皆大的。根據熱吸收值與熱擴散值的定義，相較於熱擴散值，熱吸收值才是決定織物涼感與否的關鍵。因為人體之所以會感覺涼爽就是因為身體的熱能被織物帶走，而測量織物能帶走多少熱能的數值正是熱吸收值；熱擴散值表示的是織物帶走熱能的效率，故當熱擴散值大時，人體固然能感受到涼感效果，但相比於熱吸收值，其影響不大。查看表二十，比較 M 牌與 G 牌，得知其雖然能有效的將熱能帶走，但其帶走的熱能實在太少。M 牌只有 $132.74\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$ ，而 G 牌只 $128.1\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$ 與第一名的 WA 牌 $172.94\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$ ，相去甚遠，故無法讓人產生極度涼感的效果。反觀 W 牌與 WA 牌雖然散熱效率較為不佳，分別為 $0.060\text{mm}^2/\text{s}$ 、 $0.054\text{mm}^2/\text{s}$ ，但其所帶走的熱能卻遠大於他牌（如上述所述，查看表十九），故較能讓人產生涼感效果。

2.塗佈後（厚度 500 μm ）

從圖三十中可以明顯看出所有熱擴散值數值皆呈現下坡的趨勢。蒐集資料得知

DPU 為熱的不良導體，會阻礙熱擴散的面積，熱擴散值也就下降。當所有布料在涼感粉體比例為 20wt%時，熱擴散數值皆回到 0.3、0.4 左右。原因是此時 DPU 塗料過厚，織物本身的特性對熱擴散數值已經沒有影響，所以並非塗上比例越高的塗料造成的涼感效果越好。

3.塗佈後（不同厚度的 15 wt %薄膜）

比較塗佈前與塗 100 μ m 薄膜時的熱擴散值與熱吸收值（查看圖三十三與圖三十四），發現所有織物的熱擴散值皆下降而熱吸收值皆上升。在前面時本文討論過熱吸收值才是判斷織物是否具涼感的指標。而所有織物熱擴散值皆下降的原因是因為 DPU 為熱的不良導體，導致織物無法有效率地將熱能散出。根據圖三十四呈現緩上坡趨勢的熱吸收值，得之 100 μ m 薄膜為三者中最具涼感效果的織物。

十三、涼感薄膜塗佈實驗

（一）塗料成分

- 1.丁酮（MEK）：作為溶劑使用，可使 DPU 互相產生交聯作用，強度才會增加。實驗完成後會利用烘箱使其蒸發。
- 2.聚氨基甲酸酯（DPU）：由多元醇與二異氰酸鹽進行加成聚合反應，可得到具良好物性之聚氨基甲酸酯聚合物。聚氨基甲酸酯與天然橡膠或合成橡膠相比具有較優良的耐磨耗性、柔軟性、高抗拉強度及防水、防油。
- 3.涼感粉體：粉體成分由多種礦石粉體組成，平均粒徑在 320nm，屬於次微米粉體。根據行政院環境保護署，環境奈米科技知識平台，「奈米物質在環境中的傳輸（上篇）」所寫，次微米粒子的團聚會降低比表面積和體積的反應性，是最主要的物理性作用，由於粉體總體規模增加，他們在多孔介質中的傳輸、沉澱、反應、吸收現象也會受影響。團聚現象包含兩形式：均相團聚與異相團聚，前者是同類奈米粉體的團聚，後者是次微米粉體與環境中其它顆粒的聚集。一般而言，在 DPU 中，異相團聚發生的機會較高，除了會造成涼感粉體粒徑的增加與移動性的降低外，也會使次微米顆粒的行為傾向於較大粉體（如涼感粉體）的行為。由於團聚作用會造成有效比表面積的下降，因此顆粒的反應性降低。

十四、耐水洗性實驗

表三十二為其中一組水洗後烘乾之重量隨時間變化數據，由於不論水洗多少次，其數據幾乎不變，因此整理成表三十三提供參考。此外，根據表三十三也可以觀察到各塗佈過後的織物在水洗過後並烘乾，秤得的重量幾乎無改變。由於涼感粉體被包埋在 DPU 內部，因此是不會被洗掉的，除非將 DPU 撥離移除。

十五、涼感與彈性纖維含量之關係

塗佈前織物的涼感排序由 Qmax 實驗和熱影像溫差實驗的結果可以發現其排序和彈性實驗的排序有一些關聯，如：

表三十四：涼感效果與彈性

Qmax 實驗	WA牌 > W牌 > 平價 > U牌 > G牌 > M牌
熱影像溫差實驗	W牌 > WA牌 > U牌 > 平價 > G牌 > M牌
經向彈性	U牌 > W牌 > WA牌 > 平價 > G牌 > M牌

彈性較差的 G 牌和 M 牌涼感效果在兩項實驗中都墊底，其他涼感排序除了 U 牌落到第三、第四名外大致符合彈性排序，而彈性排序又與彈性纖維含量多寡排序吻合，因此可以推測彈性纖維的涼感效果極好，添加越多彈性纖維的衣物涼感也越好。

柒、結論

一、吸水性實驗

- (一) 織物經向吸水性高於緯向。
- (二) 涼感衣利用吸濕排汗的原理達成散熱涼爽，故吸水性越好涼感效果越佳。
- (三) 塗佈前：
 1. G 牌黏液嫻縈超過 50%而有最佳之吸水性。
 2. M 牌因棉比例超過 50%吸水性第二。
 3. 平價因聚酯纖維比例高達 92%吸水性最差。
 4. 纖維吸水率大小排序為 黏液嫻縈 > 棉 > 聚酯纖維。
- (四) 塗佈後：由於塗料成分為 DPU，具有防水效果。不論厚度、濃度，結果皆為不吸水。

二、涼感 Q_{max} 瞬間涼感值實驗

- (一) 塗佈前：
 1. W 牌系列皆有最大瞬間涼感值。
 2. 以棉為主要材質的 M 牌， Q_{max} 值明顯偏低。
 3. 織物正反面涼感效果有差異是因為編織結構不同所產生的。
- (二) 塗佈後（厚度 $500\ \mu\text{m}$ ）：
 1. 由 Q_{max} 值判斷涼感粉體 15wt% 維涼感效果最佳比例者。
- (三) 塗佈後（不同厚度的 15wt% 薄膜）：
 1. 厚度太厚將影響 Q_{max} 值，使熱板溫度難傳遞至冷板。

三、熱影像溫差實驗

- (一) 鹵素燈用來模仿人體溫度外來太陽光照射人體時之溫度變化情形。
- (二) $\Delta T_1(T_{10}-T_0)$ 溫差越大代表吸收熱量越多，而 $\Delta T_2(T_{10}-T_{20})$ 越大代表織物的散熱性越好。
- (三) 所有織物末溫皆回到 23.5°C 左右，故 ΔT_1 越大者，涼感效果越好。
- (四) 塗佈加工後：（厚度 $500\ \mu\text{m}$ ）
 1. 涼感粉體比例為 5wt%（DPU 占較多比例時），因 DPU 為熱的不良導體，涼感效果低於塗佈前。
 2. 涼感粉體比例為 15wt% 時，涼感粉體均勻的分布在布料上，此時涼感效果最佳。
 3. 涼感粉體比例為 20wt% 時，涼感粉體過多而產生團聚現象，涼感效果下降。
- (五) 塗佈後（不同厚度的 15wt% 薄膜）：
 1. 隨著塗佈厚度的增加，織物吸熱與放熱的能力也就越顯著。

四、拉伸強力實驗

- (一) 受到織物編織結構的影響，大多數織物經向的伸長量大於緯向。
- (二) 塗佈後（不同厚度的 15wt% 薄膜）
 1. 塗佈不同厚度的彈性優劣四種品牌排序皆為 塗佈前彈性 > 塗佈 $500\ \mu\text{m}$ 彈性 > 塗佈 $25\ \mu\text{m}$ 彈性 > 塗佈 $100\ \mu\text{m}$ 彈性 > 塗佈 $50\ \mu\text{m}$ 彈性。

五、Alambeta 冷感測試實驗

(一) 熱傳導係數大小

1. 熱傳導係數代表織物的熱傳導效益，其越大者具有越好的涼感效果。
2. 塗佈後（厚度 $500\mu\text{m}$ ）：
 - (1) 涼感粉體成分中的 CO_2 在所佔比例過多時會鎖住熱，使涼感效果降低。

(二) 熱擴散值與熱吸收值：

1. 塗佈前

- (1) 熱擴散值是代表織物是否能效率地將熱能以最快的速度帶走。
- (2) 熱吸收值是決定織物涼感與否的關鍵，越大涼感效果越好。

2. 塗佈後（厚度 $500\mu\text{m}$ ）：

- (1) 發現 DPU 為熱的不良導體，故所有織物熱擴散值數值皆呈現下坡的趨勢。
- (2) 因 DPU 塗料過厚，各個織物數值大致相同。

3. 塗佈後（不同厚度 15wt% 薄膜）：

- (1) 各織物在厚度 $100\mu\text{m}$ 時有最佳之涼感效益。

六、耐水洗性實驗

涼感粉體被包埋在 DPU 內部，因此不會被洗掉。

七、綜合上述涼感效果實驗

(一) 塗佈前：

表三十五：塗佈前實驗效果比較

涼感效果	吸水性實驗	G牌 > M牌 > WA牌 > W牌 > U牌 > 平價
	Qmax值實驗	WA牌 > W牌 > 平價 > U牌 > G牌 > M牌
	熱影像溫差實驗	W牌 > WA牌 > U牌 > 平價 > G牌 > M牌
	熱傳導係數實驗	W牌 > WA牌 > G牌 = 平價 > M牌 > U牌
	熱吸收值	WA牌 > W牌 > 平價 > U牌 > G牌 > M牌
彈性	經向彈性	U牌 > W牌 > WA牌 > 平價 > G牌 > M牌
厚度		M牌 > G牌 > 平價 > W牌 > WA牌 > U牌

(二) 各纖維特性比較：

表三十六：各纖維特性比較

	彈性纖維	黏液繅縲	聚酯纖維	棉	尼龍 6
吸水性	1.3	11.5-12.5	0.1	7-10	2.8-5.0
纖維拉伸度 (在拉伸斷裂前之拉伸長度%)	400-700	8-14	12-55	3-7	30-90
熱得保持性 (越佳者，涼感效果越差)	中等	中等	好	特優	差
熱傳導係數 (mW/m.K)	—	11	7.3	7.5	10
Qmax 值 (W/cm^2)	—	0.201	0.174	0.158	0.132

(三) 各實驗結果依理論值比較排序

表三十七：各實驗結果依理論值比較排序

涼感效果	吸水性實驗	G牌>M牌>WA牌>W牌>U牌>平價
	Qmax值實驗	W牌>WA牌>平價>U牌>G牌>M牌
	熱傳導係數實驗	W牌>WA牌>G牌=平價>M牌>U牌
	熱的保持性	WA牌<W牌<平價<U牌<G牌<M牌
彈性	經向彈性	U牌>W牌>WA牌>平價>G牌>M牌

(四) 比對纖維特性與各品牌衣物成分，可發現兩者排序吻合。

(五) 比對理論值與實驗結果，可發現兩者排序吻合。

(六) 塗佈前總結：

1. 涼感效果與彈性效果、彈性纖維含量有關，彈性纖維較多者涼感效果會較好，經由多項實驗結果證實最具涼感且最舒適者為彈性纖維。
2. 最不具涼感且較感不適者為棉。

(七) 塗佈後總結：

1. 塗佈100 μ m 15wt%薄膜具有最佳涼感。

八、未來展望

(一) 改善透氣度

1. 塗料中加入少許的鹽、糖或碳酸鈣。由於烘乾的過程中鹽、糖會因熱而融化，留下小小的孔洞；而碳酸鈣則會因加熱產生二氧化碳，衝破薄膜，使其透氣和吸水。
2. 把塗料高速攪拌形成泡沫，泡沫在破掉後也會因此形成孔洞，使其透氣和吸水。

(二) 其他應用：春夏季之外套、長褲、床單、枕頭套、坐墊與躺椅等。

捌、參考資料及其他

- 一、吳靖涓、林欣儀、莊壹婷、許起墉（2010）*布，能說的秘密-探討影響布料彈性的因素*。
- 二、陳秋炳（2016）·*選修化學（下）*（124-136頁）·台南市：翰林出版事業股份有限公司。
- 三、章以慶（2004）·*認識織品：市售布料實物*·台北市：永登有限公司。
- 四、鄭國彬（2009）·*散熱涼爽纖維製品之製造與評估方法研究*·絲織園地，6月。
- 五、薛顯宗·*材料基礎實驗（一）拉伸試驗授課講義*。
- 六、展邑科技有限公司·取自 <http://www.wincool.com.tw/>
- 七、行政院環境保護署·環境奈米科技知識平台·「奈米物質在環境中的傳輸（上篇）」
取自 http://ehs.epa.gov.tw/Newsletter/F_News_Detail/93

【評語】 052410

本作品利用各項熱性質與舒適性來比較市售涼感衣的優劣，包括熱傳導、熱擴散、熱吸收、 Q_{max} 值、吸水性和彈性力；並在不同織物上塗佈添加涼感礦石粉體的 DPU，針對不同塗佈厚度及添加不同比例涼感粉體，進行熱性質和舒適性實驗。發現塗佈厚度 $100\ \mu\text{m}$ 涼感粉體 15wt% 效果最佳。建議增加文獻回顧，並可與其做比較。秤重法分析所使用天平精確度將影響實驗結果，實驗數據宜呈現實驗誤差值，針對圖表宜具體說明分析。未來可思考將各項實驗值賦予權重，建立涼感衣的綜合評估指標。

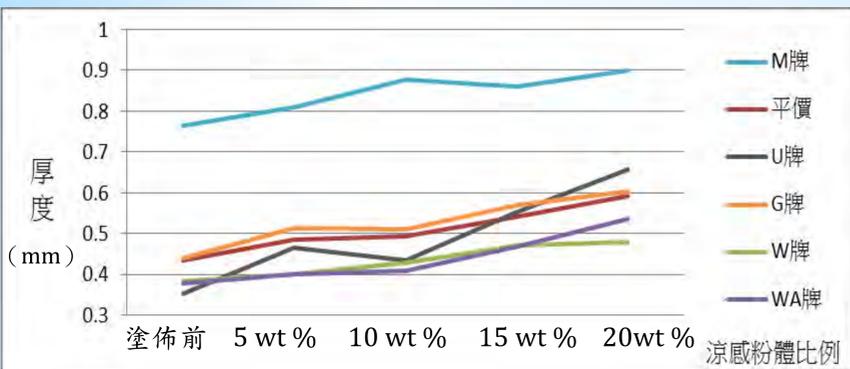
研究結果與討論

一、涼感薄膜塗料比例

	DPU (g)	涼感粉體 (g)	MEK (g)
5wt%	23.750	1.250	5.000
10wt%	22.500	2.500	5.000
15wt%	21.250	3.750	5.000
20wt%	20.000	5.000	5.000

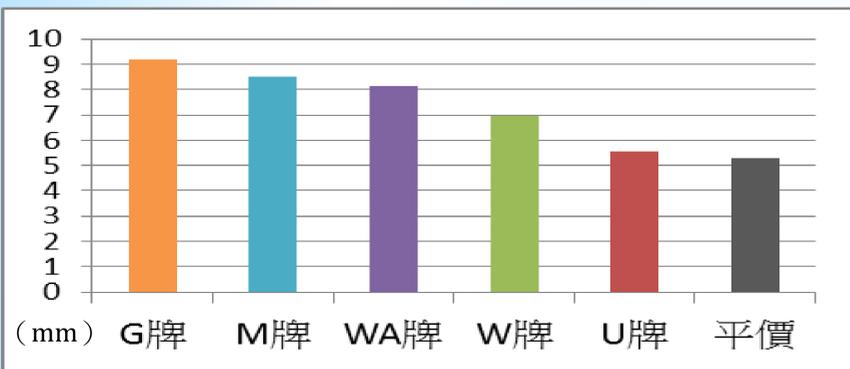
二、塗佈前織物厚度比較

塗佈前

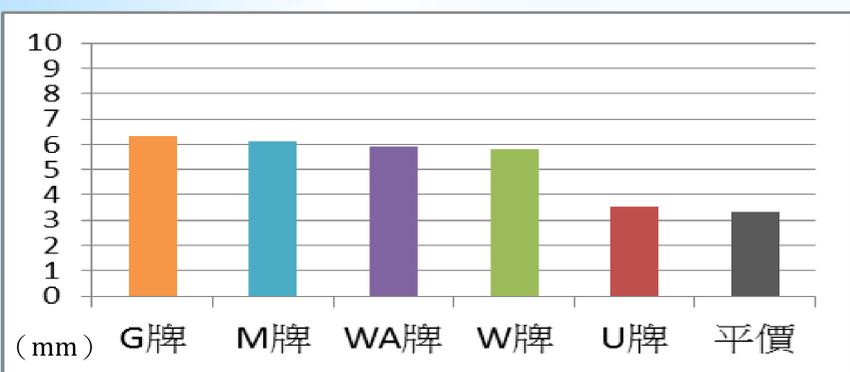


三、探討不同品牌涼感織物之吸水高度

塗佈前



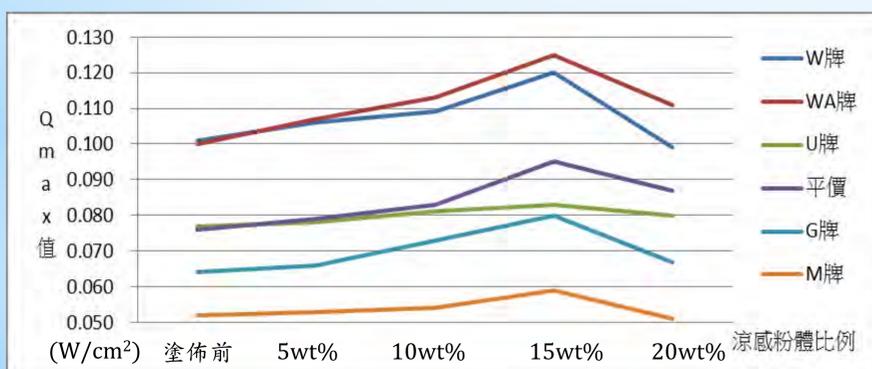
塗佈前經向吸水高度長條圖



塗佈前緯向吸水高度長條圖

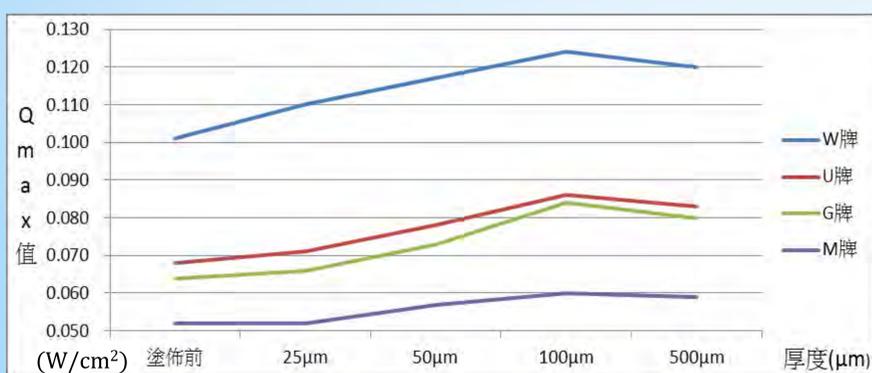
四、涼感Qmax瞬間涼感值實驗

塗佈500μm薄膜



塗佈前與厚度500μm不同比例薄膜T10 Qmax值折線圖比較

塗佈不同厚度15wt%薄膜



不同厚度之15wt%薄膜 T10 Qmax值折線圖比較

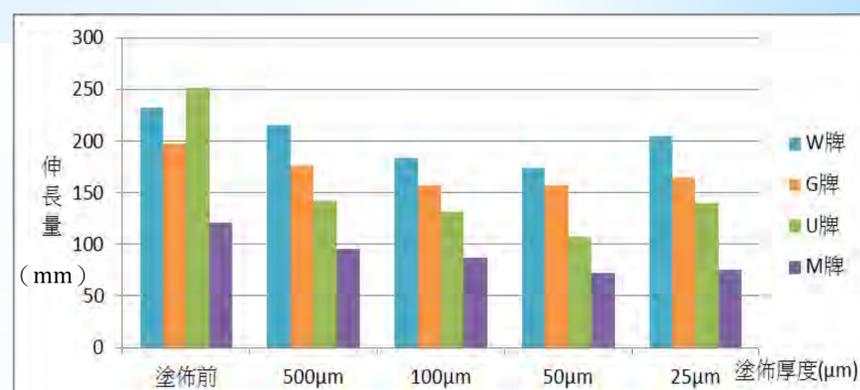
五、拉伸強力實驗

塗佈500μm薄膜



塗佈前與塗佈500μm 15wt%薄膜經向拉伸比較

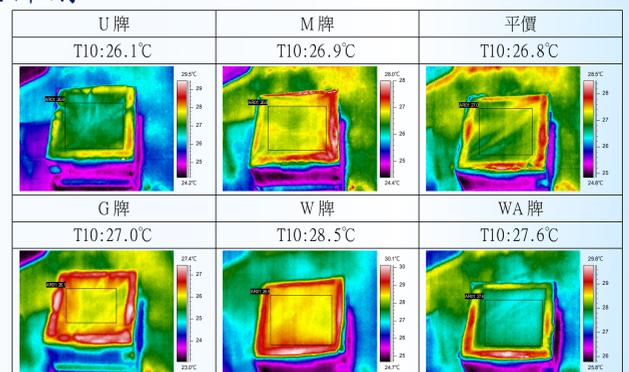
塗佈不同厚度15wt%薄膜



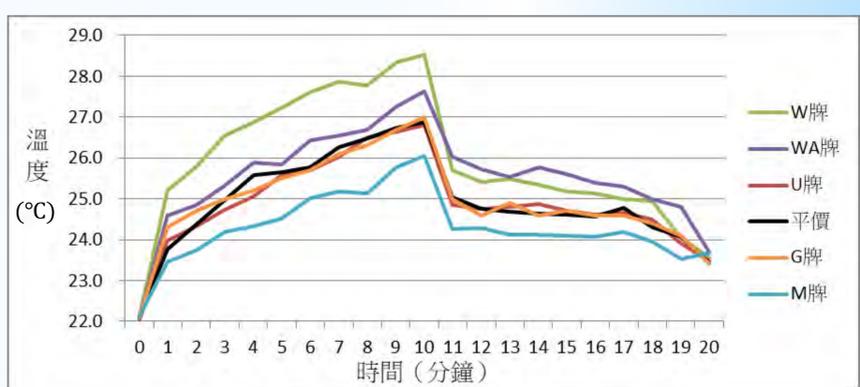
塗佈前與不同厚度15wt%薄膜經向伸長量比較

六、FLIR熱影像溫差實驗

塗佈前

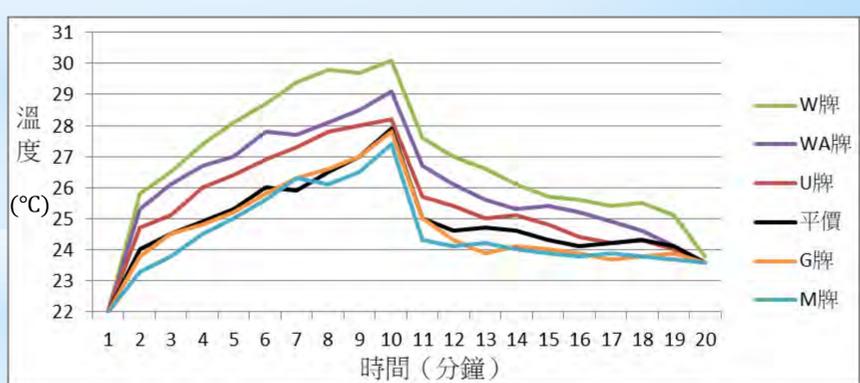


塗佈前熱影像比較圖



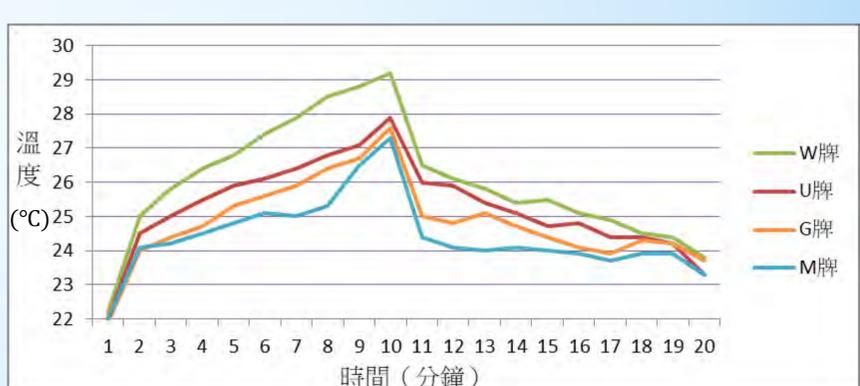
各織物進行熱影像溫差實驗溫度變化比較圖

塗佈500μm薄膜



各織物塗佈後厚度500μm涼感粉體比例15wt%熱影像溫差實驗溫度變化折線圖

塗佈不同厚度15wt%薄膜



各織物塗佈後厚度100μm涼感粉體比例15wt%熱影像溫差實驗溫度變化折線圖

摘要

本研究利用各項熱性質與舒適性來比較市售涼感衣的優劣，包括熱傳導、熱擴散、熱吸收、Qmax值、吸水性和彈性力。而在比較完後本團隊開始思索如何使涼感衣更涼爽舒適。運用現今市場上複合功能衣物，如GORE-TEX®布料的透氣排汗與防水功能就是利用多層布與薄膜的組合以達到效果。受到啟發後開始進行涼感薄膜塗佈實驗，主要是添加涼感礦石粉體於DPU中，再塗佈於織物上。為多方比較，設計了塗佈不同厚度及添加不同比例涼感粉體的實驗組，每一組再進行熱性質和舒適性實驗。最後比較涼感效果、舒適性與經濟效益等各項實驗參數組合，結果顯示最佳條件為：塗佈厚度100 μm涼感粉體15wt%。而被覆涼爽織物未來可用於春夏季之外套、長褲、床單、枕頭套、坐墊與躺椅等用途。

研究動機

隨著人類文明、科技的進步，工業蓬勃發展，我國紡織工業涵蓋了人造纖維、紡紗、織布、染整及製衣等完整且龐大的生產體系，而功能性纖維製品約佔有世界市場60%以上。在經濟發展過程中，無論對外匯存底的累積、創造就業機會、異業整合和提高國民生產毛額與國民所得均有極大的貢獻。但隨之而來的卻是氣候的劇烈變遷、全球暖化，造成氣溫上升。「京都議定書」之規範：夏季冷氣必須控制在28°C。而台灣夏季冷氣幾乎都設定在25°C，餐廳更是到23°C左右。經過統計，假設每戶冷氣能調高1°C，其用電量就能節省6%，相當於每年10億度的節約電數。如果可以讓涼感衣取代冷氣的地位，便可達到節省能源和二氧化碳的目的。但市面發售之涼感衣品質參差不齊，常有效果不佳，導致更悶熱的情形發生，因此我們想探討出造成各品牌功能好壞的原因。而在選修化學（下）第八章中學到了各種不同的纖維，包括聚酯纖維和尼龍6之概念，但內容並沒有深入介紹其特性，因此開始思考有什麼方法可以提升涼感衣的涼度。本團隊委託展邑科技有限公司提供由比熱小、熱傳導係數大的物質所組成的涼感粉體，以塗佈的方式附在布料上進行實驗。並將拉伸、吸水、Qmax值、熱影像、冷感測試等實驗結果與原布料進行比較。

實驗裝置

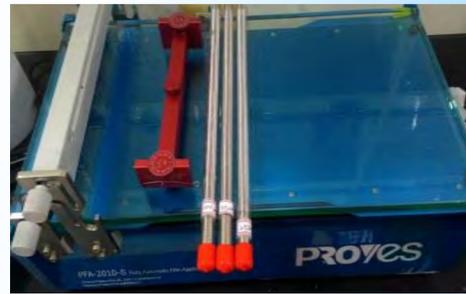
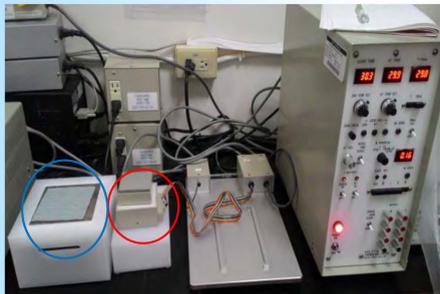
標準型微電腦

萬能材料試驗機—CY-6012

Alambeta設備儀器

半自動塗佈機&塗佈棒

Kawabata F7測試設備



熱風循環烘箱

熱影像溫差試驗機

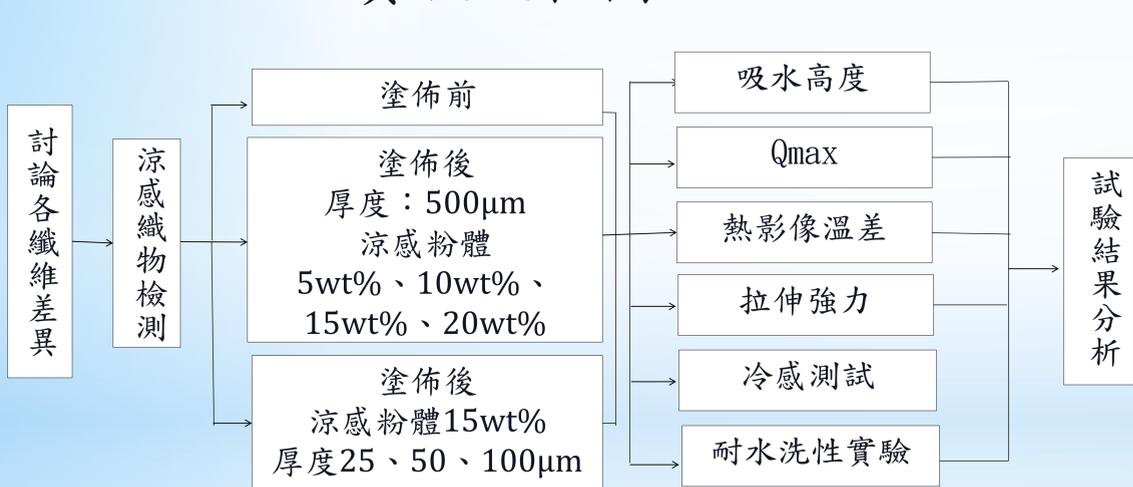
自製彈性拉伸測試系統

行星攪拌脫泡機

磁石攪拌器



實驗流程圖



衣服材質比較

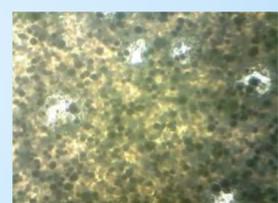
品牌	U牌	G牌	M牌
組成成分	聚醯胺纖維 (尼龍6) 40% 聚酯纖維 41% 彈性纖維 19%	黏液螺螄 60% 聚酯纖維 36% 彈性纖維 4%	聚酯纖維 48% 棉 52%
品牌	平價	W牌	WA牌
組成成分	聚酯纖維 92% 彈性纖維 8%	尼龍涼感紗 48% 聚醯胺纖維 (尼龍6) 57% 彈性纖維 15%	尼龍涼感紗 85% 彈性纖維 15%

涼感衣纖維顯微鏡比較

塗佈前

U牌	G牌	M牌	平價
WA牌正面	WA牌反面	W牌正面	W牌反面

塗佈後



塗佈完後的布料顯微鏡照片皆類似，因此僅放一張做為代表。且圖中可看出塗料均勻分布。

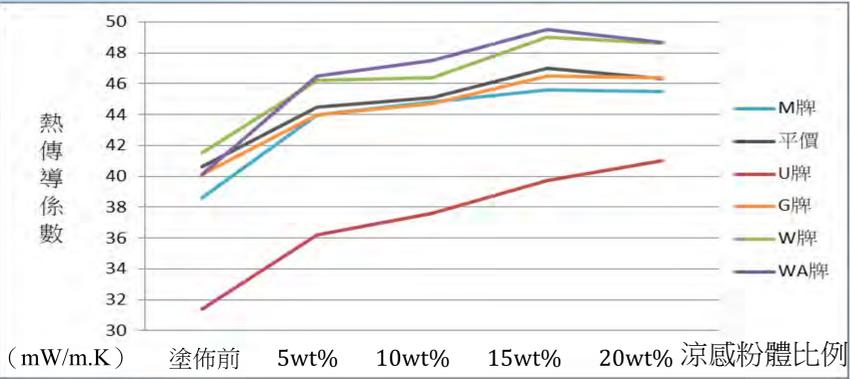
研究結果

結論

八、Alambeta冷感測試實驗

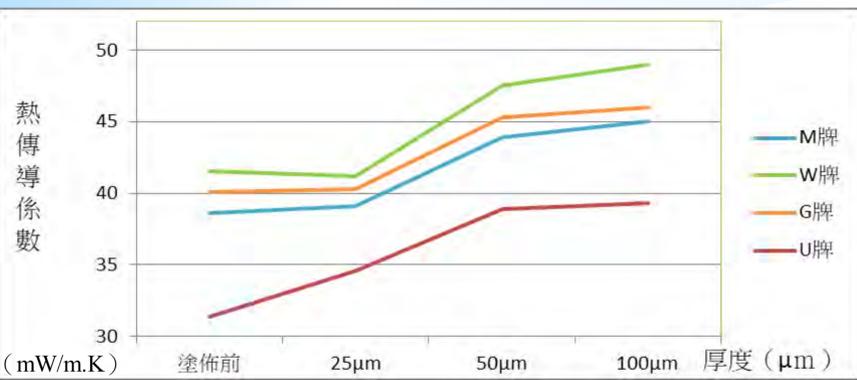
λ 熱傳導係數

塗佈500μm薄膜



塗佈前與塗佈500μm薄膜熱傳導係數比較折線圖

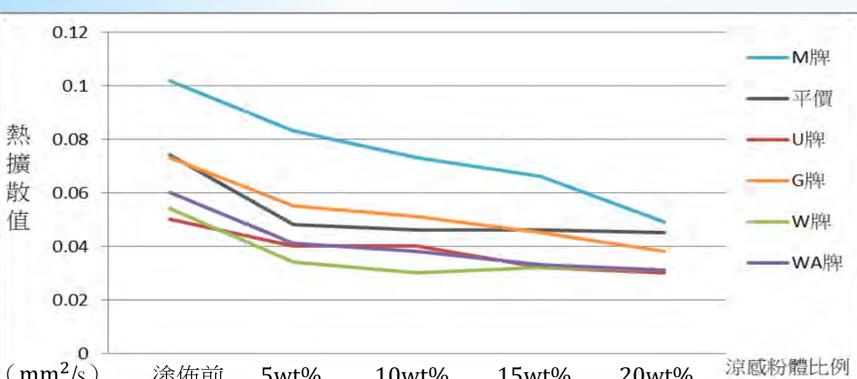
塗佈不同厚度15wt%薄膜



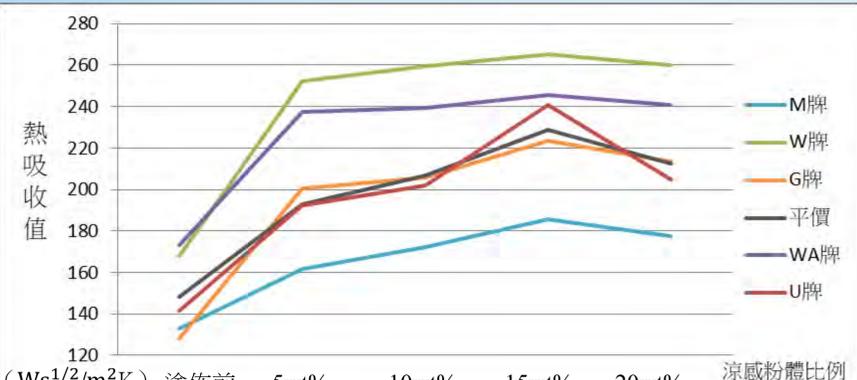
塗佈前與塗佈後不同厚度15wt%薄膜熱傳導係數折線圖

a熱擴散值 與 b熱吸收值

塗佈500μm薄膜

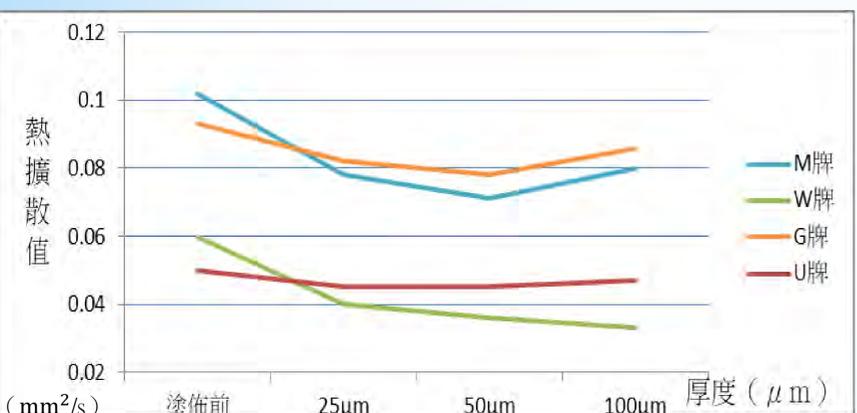


塗佈前與塗佈500μm薄膜熱擴散值比較折線圖

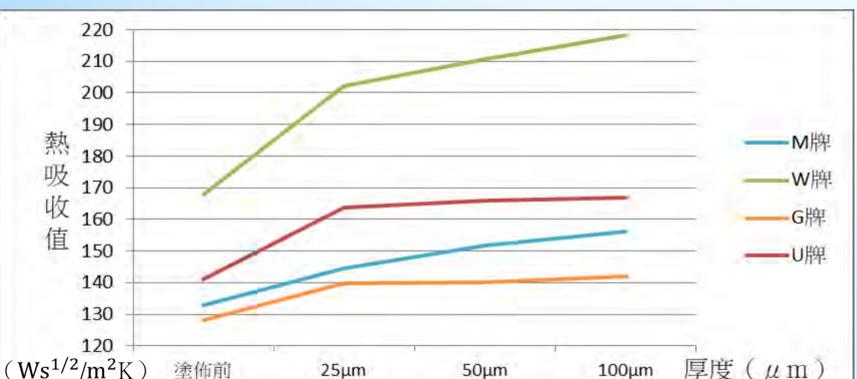


塗佈前與塗佈500μm薄膜熱吸收值比較折線圖

塗佈不同厚度15wt%薄膜



塗佈前與塗佈不同厚度15wt%薄膜比較熱擴散值折線圖



塗佈前與塗佈不同厚度15wt%薄膜比較熱吸收值折線圖

團聚現象

塗佈實驗中所添加的涼感礦石粉體，是屬於次微米粉體，平均粒徑在320nm。而次微米粒子會發生團聚現象，由於團聚作用會造成有效比表面積的下降，因此將降低顆粒的反應性。故並非添加越多粉體越涼，最佳比例為15wt%。

涼感效果

塗佈前

涼感效果	吸水性	G牌 > M牌 > WA牌 > W牌 > U牌 > 平價
	Qmax值	W牌 > WA牌 > U牌 > G牌 > 平價 > M牌
	熱影像溫差	W牌 > WA牌 > U牌 > 平價 > G牌 > M牌
	熱傳導係數	W牌 > WA牌 > G牌 = 平價 > M牌 > U牌
	熱吸收值	WA牌 > W牌 > 平價 > U牌 > G牌 > M牌
彈性	經向彈性	U牌 > W牌 > WA牌 > 平價 > G牌 > M牌
	厚度	M牌 > G牌 > 平價 > W牌 > WA牌 > U牌

各纖維特性理論值比較

	彈性纖維	黏液縲紮	聚酯纖維	棉	尼龍6
吸水性	1.3	11.5-12.5	0.1	7-10	2.8-5.0
纖維拉伸度 (在拉伸斷裂前之拉伸長度%)	400-700	8-14	12-55	3-7	30-90
熱的保持性	中等	中等	好	特優	差
熱傳導係數 (mW/m.K)	-	11	7.3	7.5	10
Qmax值 (W/cm²)	-	0.201	0.174	0.158	0.132

各實驗結果依理論值比較排序

涼感效果	吸水性	G牌 > M牌 > WA牌 > W牌 > U牌 > 平價
	Qmax值	W牌 > WA牌 > 平價 > U牌 > G牌 > M牌
	熱傳導係數	W牌 > WA牌 > G牌 = 平價 > M牌 > U牌
	熱的保持性	WA牌 < W牌 < 平價 < U牌 < G牌 < M牌
彈性	經向彈性	U牌 > W牌 > WA牌 > 平價 > G牌 > M牌

總結

1. 比對纖維特性與各品牌衣物成分，可發現兩者排序吻合。
2. 比對理論值與實驗結果，可發現兩者排序吻合。

塗佈前

1. 涼感效果與彈性效果和彈性纖維含量有關，彈性纖維較多者涼感效果會較好。
2. 最不具涼感且較感不適者為棉。

塗佈後

1. 塗佈100μm 15wt%薄膜具有最佳涼感。

未來展望

(一) 改善透氣度

1. 塗料中加入少許的鹽、糖或碳酸鈣。由於烘乾的過程中鹽、糖會因熱而融化，留下小小的孔洞；而碳酸鈣則會因加熱產生二氧化碳，衝破薄膜，使其透氣和吸水。
2. 把塗料高速攪拌形成泡沫，泡沫在破掉後也會因此形成孔洞，使其透氣和吸水。

(二) 其他應用

春夏季之外套、長褲、床單、枕頭套、坐墊與躺椅等。