



# 竹炭商品的竹炭鑑定和含量檢驗方法

文、圖 ■ 李政達 ■ 經濟部標準檢驗局國家實驗室化工技士

## 一、撰寫之緣由、目的

97年4月4日聯合報A14版社會新聞報導：96年6月某藝人在電視購物頻道代言的「女性竹炭塑身內衣」遭檢舉為大陸進口的假貨，涉及詐欺案件，其中涉嫌販售假貨內衣的公司，為了切割責任，另向台中地院訴請內衣製造廠家返還3萬件假貨內衣之貨款1,350萬元。台中地院97年4月3日判決內衣製造廠家敗訴，應返還全部貨款。

該判決理由係引據某檢驗機構的檢驗報告，該報告指稱這些內衣未含任何顆粒狀機能性粉體，「顯見」內衣確不含竹炭成分。

查法院辦理訴訟案件應行注意事項已規定：認定犯罪事實應憑證據，無證據不得推定其事實。證據力之強弱，固得一任法院法官之自由判斷，但所下判斷，仍應有證據之存在，不可憑空推測，以推測作為結論。

該檢驗機構的檢驗報告，僅證稱繫案內衣未含顆粒狀機能性粉體，並未證稱內衣確不含竹炭成分。在材料科學領域上，顆粒狀機能性粉體的範圍相當廣泛，並不等於竹炭。但台中地院以顆粒狀機能性粉體就是竹炭作為結論，並採為判決基礎，恐尚有疑義

與檢討空間。

國內販售竹炭內衣的商家，鑑定竹炭的方法，一般係以500到700放大倍率之光學顯微鏡，放大觀察竹炭纖維表面及內部之黑色顆粒多寡，以判定品質良窳。因此，販售商家具有辨別竹炭內衣真假之基本常識，如果販賣假貨，販售商家責任就無法切割。

國內某檢驗機構依循上述商家構想，改以掃描式電子顯微鏡代替光學顯微鏡，觀察竹炭纖維表面及內部之黑色顆粒物質，並照相觀察黑色顆粒的粒子徑大小，然後以「能量X光分析儀」檢驗嵌在纖維表面的黑色顆粒成分是否為「碳」，據此拼湊出真正的竹炭內衣，應含有「碳顆粒」或「顆粒狀機能性粉體」的結論。

不過，地球上含有碳顆粒的物質很多。在地球上，凡是可以被碳化的物質，均可用來燒製活性碳，製成碳顆粒。舉凡木材、木屑、竹子、褐煤、石油、焦炭、椰子殼、人造纖維、車胎、塑膠、稻草、污泥…等均可用來燒製活性碳，製成碳顆粒。竹炭也是活性碳種類的一種，自不例外。基於上述事實，該檢驗機構採用的鑑定方法，並無法證明

「碳顆粒」或「顆粒狀機能性粉體」就是竹炭。因此在檢驗竹炭內衣、竹炭食品、竹炭洗淨類商品之檢驗報告，都會在報告結論載明：

「以目前的檢驗技術和高科技儀器，都無法鑑定出竹炭成分。」而國內消費者、廠商、檢驗機構、檢調人員、法院、消保會、產官學界等，只能以「碳」、「碳顆粒」、「顆粒狀機能性粉體」、「顆粒」等這些奇怪名詞來取代使用。

竹炭產品製造廠家向檢驗機構申請鑑定其竹炭商品含有「竹炭成分」，部分檢驗機構卻鑑定成含有「顆粒狀機能性粉體」，或鑑定成含有「顆粒」，讓買方、消費者都看得霧煞煞，不知「顆粒狀機能性粉體」、「顆粒」到底是什麼東西？讓台灣竹炭產品製造廠家無不哀哀叫，黑心廠家則是笑呵呵，以致市面竹炭產品假貨充斥，消費者紛紛對台灣竹炭產品產生疑慮，投訴案件不絕，檢警、消基會各分會更疲於奔命，嚴重衝擊台灣竹炭產業之生存。

筆者長期鑑定活性碳成分、含量，也曾鑑定、分析過台灣竹炭、奈米竹炭、竹炭纖維、各種竹炭商品的竹炭成分，發現台灣竹炭、奈米竹炭的成分，含碳量77%到82%，另含無定形二氧化矽2.2%，以及微量鈉、鉀、鈣、鎂、銅、錳等天然無機礦物質。顯示「竹炭」和「碳」兩者是完全不同的物質，因此不可在檢驗報告之鑑定結果欄，將「竹炭」和「碳顆粒」、「顆粒狀機能性粉體」、「顆粒」拿來互相套用、取代，以免混淆不清。

竹炭內衣的竹炭成分鑑定方法，其實有

國家標準CNS 2339「纖維混用比例試驗法」可資參考援引，並非真的沒有試驗方法。其鑑定要領是依照CNS 2339，以紅外線吸收光譜分析法，先鑑別出竹炭內衣的樹脂纖維成分，然後用不同的化學溶劑將樹脂纖維成分分別溶解除去，剩下的不溶物，是竹炭、以及樹脂纖維合成反應時添加的極少量銻、鈦觸媒。將此不溶物用化學溶劑洗淨、烘乾，作成試片，以紅外線吸收光譜儀掃描試片，儀器會顯示不溶物的紅外線吸收光譜圖，因為每一種活性碳、竹炭、奈米竹炭，各有不同的紅外線吸收光譜圖，都會在光譜圖顯示不同的特性吸收帶圖譜形狀，從圖譜之特性吸收帶波數位置、吸收強弱、曲線形狀，與已知標準品之圖譜比對其吻合特徵，就如同使用指紋，可以辨認出不同的犯人身分一樣，利用此法，可以鑑定出試樣是否含有竹炭，是屬於那一種活性碳，是屬於普通竹炭，還是屬於奈米竹炭，或是屬於椰子殼炭，或是屬於非孟宗竹的竹炭。

利用上法確認含有竹炭成分後，竹炭含量可由不溶物的含量，減去銻、鈦觸媒含量而求出；或以碘酸鉀分解法分析該不溶物的含碳量，從而計算出試樣之竹炭含量。

作者利用上述方法檢測市售竹炭內衣、竹炭衣服、竹炭襪5年，發現市面標榜含有40%~60%「竹炭纖維」的商品，其「竹炭纖維」的成分，實際上是含有奈米竹炭1.8%~2.0%的聚酯纖維，因此「竹炭纖維」其實就是「竹炭聚酯纖維」。上述市售竹炭內衣、竹炭衣服、竹炭襪商品，是以40~60%



「竹炭聚酯纖維」再與棉織、羊毛纖維或聚酯纖維等混紡，或交織織造成布料，因此商品的竹炭含量，檢驗結果顯示為0.5%~1.2%；其竹炭成分，大都是奈米竹炭；有的商品則未檢出竹炭成分。

竹炭洗淨類商品，像竹炭沐浴乳、竹炭洗髮乳、竹炭洗面乳、竹炭牙膏…等均可依上述相同原理，用水洗滌除去水溶物成分，剩下的竹炭不溶於水，因此可以分離出來，不溶物經過水洗、烘乾後，再依上述方法，可以鑑定出竹炭成分和含量。

基於上述事實，竹炭產品並非真的無法檢驗出竹炭成分，而國內某檢驗機構無法跳脫「檢驗竹炭必需用高科技昂貴儀器」的本位思維，以致誤導公眾；無數的大學教授因此紛紛投入竹炭成分之鑑定研究，歷經數年，迄今無人成功。檢警、法院因此深陷「碳顆粒」或「顆粒狀機能性粉體」之證據模糊泥沼，造成竹炭案件因缺乏明確證據，動彈不得，不僅無從彰顯社會公義，亦無法發現真實。台灣竹炭產業廠家及消費者權益，也無法獲得應有的保障。

作者因此將竹炭鑑定及竹炭含量檢測領域之實務經驗、研究心得撰寫披露，以指引迷津。

## 二、研究方法與步驟

竹炭之鑑定，作者最初使用掃描式電子顯微鏡、拉曼光譜儀鑑定，因為無法鑑別出黑色顆粒是否為竹炭成分，因此改用更簡單的傅立葉紅外線吸收光譜分析法來鑑定。

紅外線吸收光譜可用於鑑別有機化合物，乃為眾知之知識；但紅外線吸收光譜也能用於鑑別無機化合物之事實，因為學校老師都沒有學過，也沒有教過，以致知之者極少。

民國92年，SARS疫情襲捲台灣，活性碳口罩在台灣大賣，作者長期受理、鑑定口罩和活性碳商品之活性碳成分真偽，並分析其含量。發現由不同原料燒製的活性碳，都會顯示不同的紅外線吸收光譜圖，竹炭也是活性碳種類的一種，自不例外。

作者分析台灣竹炭成分結果，顯示含碳量77%到82%，另含無定形二氧化矽2.2%，以及微量鈉、鉀、鈣、鎂、銅、錳等天然無機礦物質。竹炭在紅外線吸收光譜圖所顯示的吸收帶波數位置、吸收強弱、曲線形狀，乃是這些組成成分對紅外線的特性吸收結果。如果上述組成成分發生變更，會造成紅外線吸收光譜圖跟著改變；而且，竹炭粉體的粒子徑減少到奈米級程度後，伴生奈米粒子的量子效應，會使紅外線吸收光譜圖的某一特定吸收帶位置產生偏移現象，其偏移量為一常數。利用這原理可以鑑別竹炭成分。

竹炭鑑定步驟是先用溶劑來溶解、分離、除去竹炭商品的可溶物，使檢體的竹炭含有率提高到98%以上，以消除可溶物主要成分對紅外線吸收造成的干擾，當剩下的黑色殘留物洗淨、烘乾、放冷、秤重，以紅外線吸收光譜圖的吸收帶波數位置、吸收強弱、曲線形狀，與標準品之圖譜比對，確認含有竹炭成分後，由黑色殘留物的淨重，可直接

推算出竹炭含量；或進一步對黑色殘留物分析含碳量，從含碳量數據可間接計算出竹炭的含量。

竹炭鑑定所用的各種竹炭粉、奈米竹炭粉、竹炭聚酯纖維紗等標準品，係由財團法人紡織產業綜合研究所，以及台灣百合、祖揚等國內竹炭產業廠家提供。

以下說明竹炭商品的鑑定、分析檢驗作業詳細過程。下文敘述的含碳量各種檢測方法，雖有方法之不同，但得到的含碳量數據結果，並無明顯差異。因此，各檢驗機構、廠家可參酌實驗室既有儀器設備，擇一採用。

### 三、適用範圍

本檢驗方法適用於竹炭管子、片狀竹炭、竹炭顆粒、竹炭粉、各種竹炭纖維製品包括塑身衣、內衣、內褲、保溫襪、抗菌抹布、

奶罩、枕頭、棉被、床單、寢具、毛巾、手套、圍巾、窗簾、鞋墊、運動衣、運動褲等民生用品。

### 四、鑑別試驗

(1) 竹炭管子、片狀竹炭、竹炭顆粒、竹炭粉以1 ml蒸餾水/cm<sup>2</sup>，60°C 2小時萃取，萃取液依CNS 6492在25°C測其pH值須為8.5~9.6。

(2) 圖1為活性碳的紅外線吸收光譜圖，活性碳的特性吸收帶為1,634 cm<sup>-1</sup>，1,560 cm<sup>-1</sup>，1,390 cm<sup>-1</sup>，1,109 cm<sup>-1</sup>。至於竹炭管子、片狀竹炭、竹炭顆粒、竹炭粉的紅外線吸收光譜圖，如圖2所示，圖譜顯示竹炭之特性吸收帶1,640 cm<sup>-1</sup>，1,561 cm<sup>-1</sup>，1,387 cm<sup>-1</sup>，1,123 cm<sup>-1</sup>。與竹炭紅外線吸收光譜圖圖譜最近似的碳類製品是活性碳，

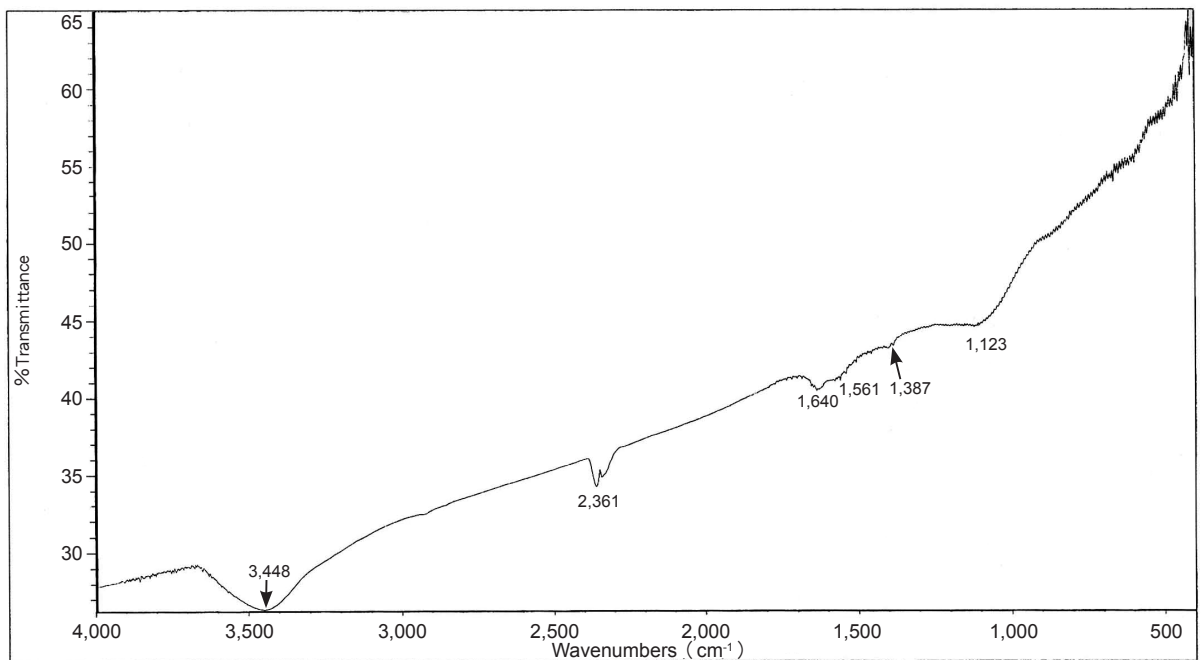


圖1 活性碳的FTIR圖。

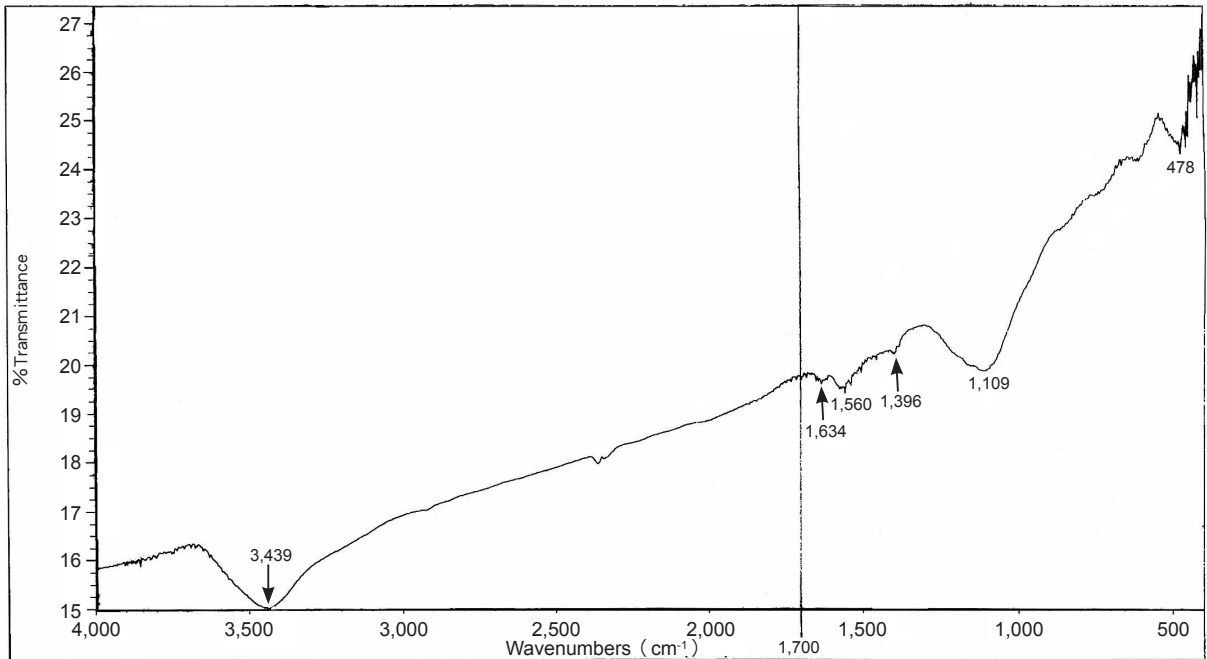


圖2 竹炭的FTIR圖。

但活性碳紅外線吸收光譜圖的最強吸收帶在  $1,109\text{ cm}^{-1}$ ，竹炭的最強吸收帶在  $1,640\text{ cm}^{-1}$ ，區別明顯

(3) 竹炭纖維製品剪取布料呈黑色或灰色的部位，依CNS 2339用化學溶劑溶解除去纖維成分、離心、洗滌、烘乾，烘乾殘渣含有竹炭95%以上，將其作成紅外線吸收光譜圖，如圖3所示，圖譜顯示出奈米竹炭之特性吸收帶  $1,633\text{ cm}^{-1}$ ， $1,623\text{ cm}^{-1}$ ， $1,560\text{ cm}^{-1}$ ， $1,380\text{ cm}^{-1}$ ， $1,358\text{ cm}^{-1}$ ， $1,103\text{ cm}^{-1}$ 、 $874\text{ cm}^{-1}$ 時，代表含有奈米竹炭成分。

(4) 圖4是林業試驗所自行燒製的椰子殼炭之紅外線吸收光譜圖，其特性吸收帶為  $1,633\text{ cm}^{-1}$ ， $1,402\text{ cm}^{-1}$ ， $1,400\text{ cm}^{-1}$ ， $1,388\text{ cm}^{-1}$ ， $1,270\text{ cm}^{-1}$ 、 $1,131\text{ cm}^{-1}$ 、

$1116\text{ cm}^{-1}$ 、 $872\text{ cm}^{-1}$ 。

(5) 圖5是林業試驗所自行燒製的竹炭之紅外線吸收光譜圖，其特性吸收帶為  $1,635\text{ cm}^{-1}$ 、 $1,622\text{ cm}^{-1}$ 、 $1,619\text{ cm}^{-1}$ ， $1,400\text{ cm}^{-1}$ ， $1,385\text{ cm}^{-1}$ ， $1,272\text{ cm}^{-1}$ 、 $1,165\text{ cm}^{-1}$ 、 $1,120\text{ cm}^{-1}$ 、 $1,063\text{ cm}^{-1}$ ， $874\text{ cm}^{-1}$ ， $813\text{ cm}^{-1}$ ， $745\text{ cm}^{-1}$ 。

## 五、竹炭含量之定量方法

竹炭管子、片狀竹炭、竹炭顆粒、竹炭粉的竹炭含量之定量，有下列三種方法：

(1) 第一種方法是先將試樣打碎，以電子天平精確秤取試樣 $3.0\text{ gm}$ ，在溫度 $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 之烘箱烘乾2小時，取出放冷20分鐘，待試樣溫度降至室溫後，秤重，計算求出試樣之水分含量，記錄水分含量。再依CNS 10824求出

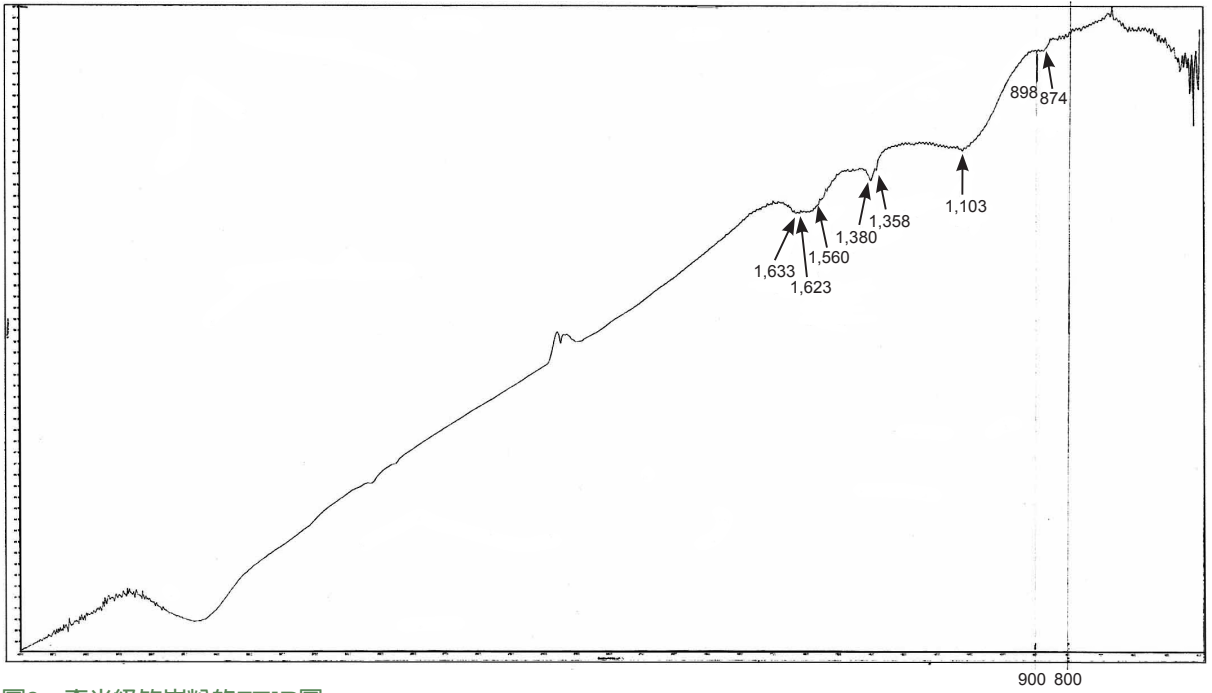


圖3 奈米級竹炭粉的FTIR圖。

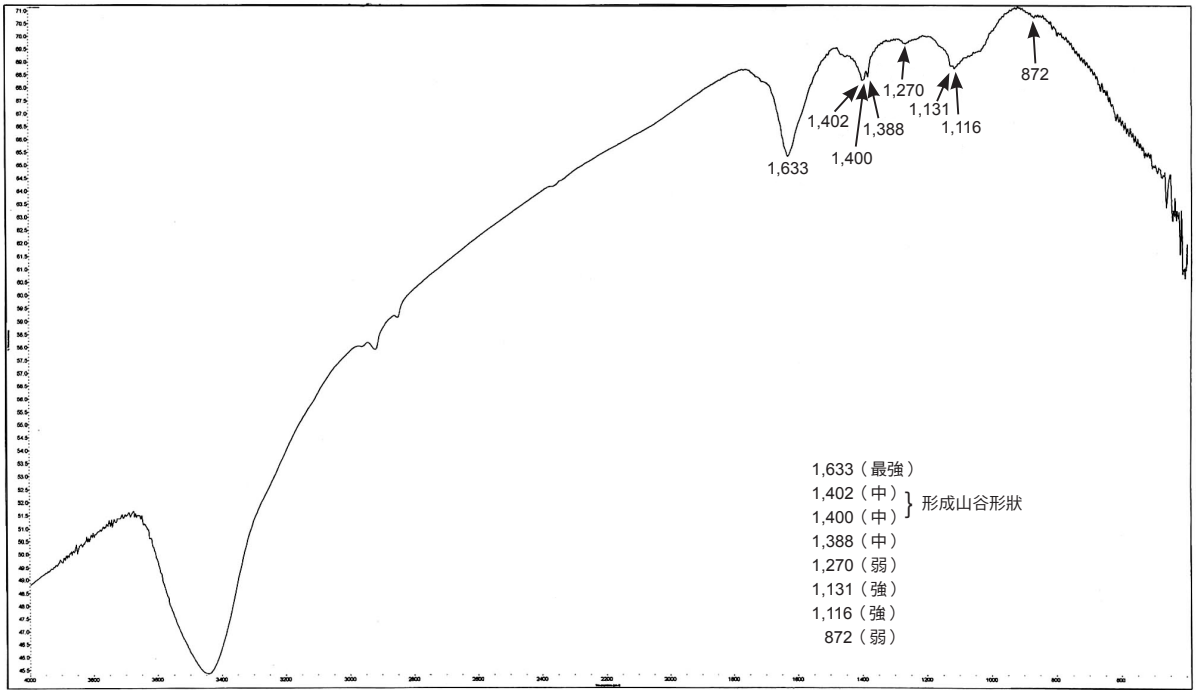


圖4 椰子殼炭粒的FTIR圖。

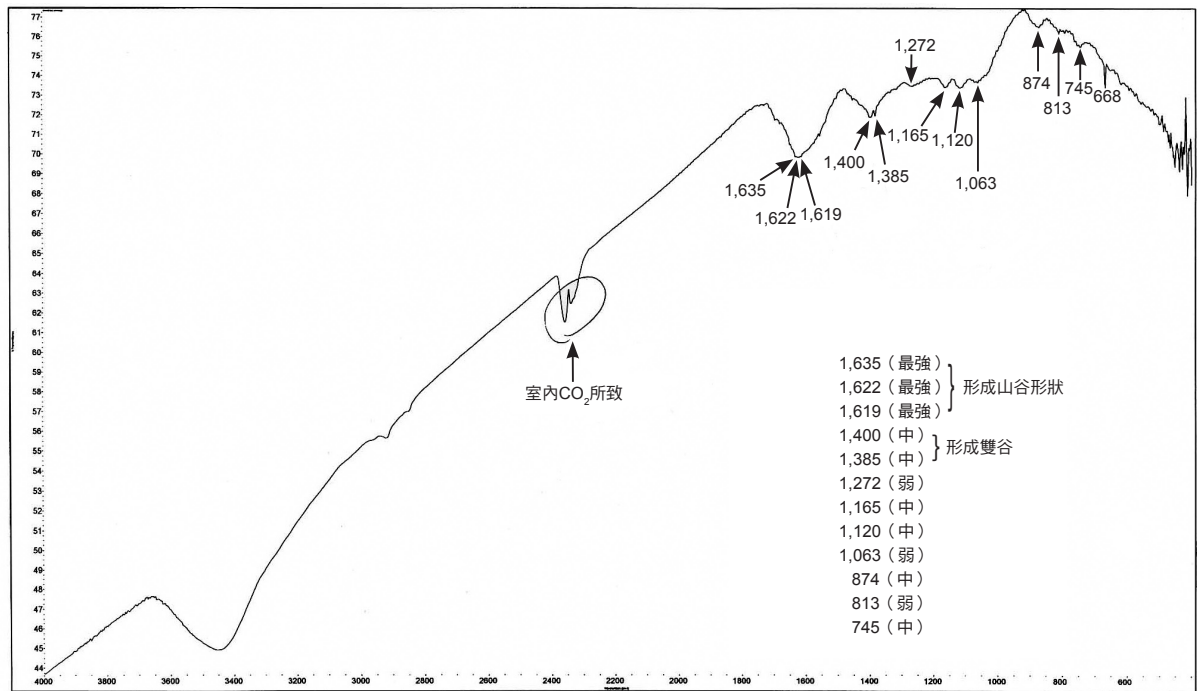


圖5 新品種竹炭的FTIR圖。

「固定碳」含量，固定碳含量就是竹炭內的碳含量。固定碳的含量等於100%減去水分、灰分、揮發分之殘值。灰分依照CNS 10822煤炭及焦炭之灰分定量法檢測；揮發分依照CNS 10823煤炭及焦炭之揮發分定量法檢測。

(2) 竹炭含量的第二種定量方法為熱重量分析法，竹炭粉體之炭含量檢測方法說明如下：使用熱重量分析儀TGA/SDTA 851e（儀器廠商 METTLER TOLEDO），其試驗方法係使用150  $\mu$ l之氧化鋁坩堝，坩堝和有洞坩堝蓋在使用前，須先在高溫爐以高溫1,000°C預先處理過，徐徐放冷至室溫後，才可使用。150  $\mu$ l之氧化鋁坩堝裝入試樣20~25 mg，蓋上坩堝蓋，由儀器自動天平自動秤重後，在流量20 ml/min的氮氣流中，以10°C/min的加熱速度加熱到1,000°C，試樣的殘重為

還原碳和灰分之總重量，上述試驗完畢，另外以石英坩堝秤取竹炭粉試樣2.2 gm~2.5 gm，放入高溫爐內，在溫度1,000°C灼燒3小時，所得的殘重為灰分之重量，前後二者之差值，即為碳含量。本試驗的熱重量分析曲線圖如圖6所示，竹炭粉秤取量為23.6570 mg，在氮氣流中灼燒到1,000°C後，還原碳和灰分之總重量由曲線圖讀出為19.85 mg，還原碳和灰分之含量 =  $19.85 \text{ mg} \div 23.6570 \text{ mg} \times 100\% = 83.9075\%$ 。

另取石英玻璃坩堝一只，石英玻璃坩堝先在高溫爐以高溫1,000°C預先處理過，徐徐放冷至室溫後，以電子分析天平秤坩堝空重為27.34544 gm，在坩堝內加入竹炭粉2.21489 gm，放入高溫爐內，控制4小時內均勻升溫至1,000°C，然後在1,000°C灼燒3小時，

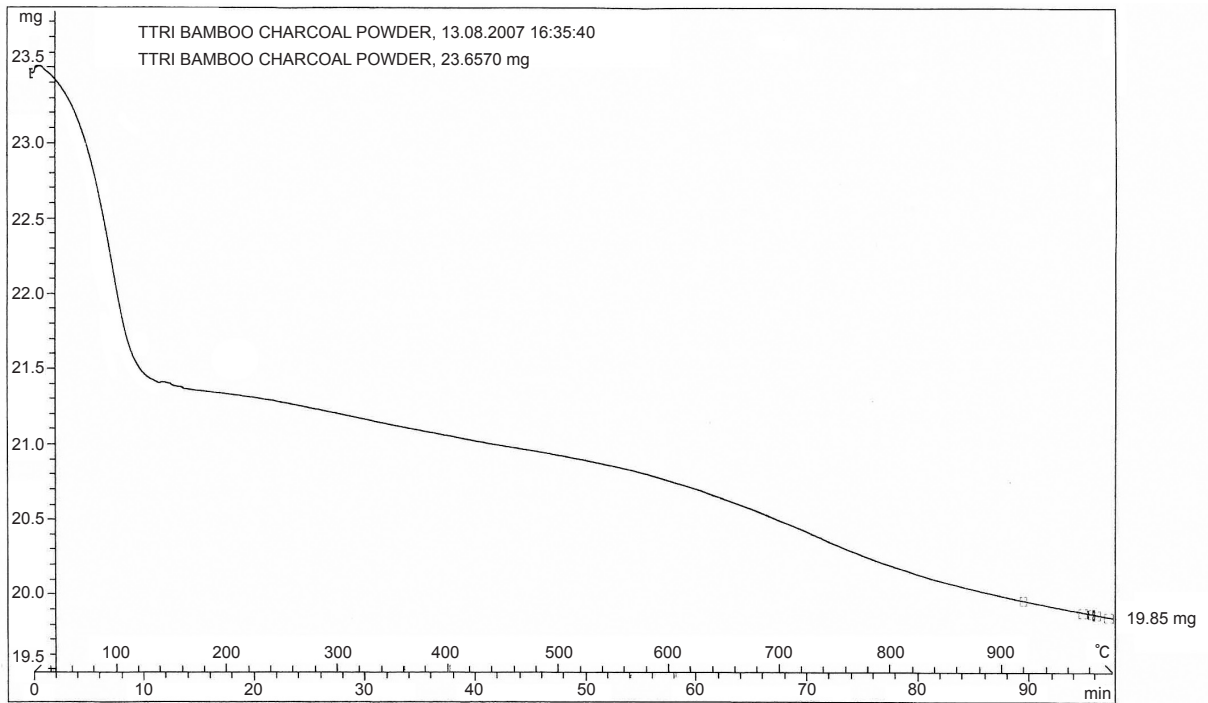


圖6 奈米級竹炭粉的TGA曲線圖。

徐徐放冷至室溫後，秤重為27.38218 gm，竹炭粉的灰分含量 = (27.38218 gm - 27.34544 gm) ÷ 2.21489 gm × 100% = 1.6588%。

竹炭粉的碳含量 = 83.9075% - 1.6588% = 82.2487%

(3) 竹炭含量的第三種定量方法為碘酸鉀分解法，方法是秤取相當5~15 mg碳含量的粉碎試樣，與固體碘酸鉀35 gm、磷酸100 mL，在溫度240°C以下加熱，使反應生成游離碘氣體，游離碘氣體用25 ml 0.1N亞硝酸標準溶液吸收，再以KBrO<sub>3</sub>或KMnO<sub>4</sub>或I<sub>2</sub>標準溶液標定此吸收溶液，求出被吸收的I<sub>2</sub>量，即可算出試樣中的竹炭含量。其反應方程式如下：



至於竹炭纖維製品的竹炭含量之定量，有下列兩種方法：

茲以竹炭聚酯纖維紗作為樣品，其竹炭含量檢測方法說明如下：

(1) 第一種定量方法是參照CNS 2339，將竹炭聚酯纖維紗試樣剪碎，在250 ml附有磨砂栓塞的錐形瓶，以電子天平精確秤取試樣1.0~1.1 gm，卸下栓塞的錐形瓶放入溫度105 ± 2°C之烘箱烘乾2小時，取出錐形瓶，蓋上栓塞，放冷20分鐘，待試樣溫度降至室溫後，秤重，計算求出試樣之水分含量。試樣必須先烘乾除去水分後，才可以加混合溶劑溶解、萃取。調製酚/四氯化碳 = 120 gm / 80 gm之混合溶劑，錐形瓶內加入試樣重量100倍的混合溶劑，蓋上栓塞，錐形瓶內的混合物以熱水浴加熱到溫度40°C~50°C，





振盪20分鐘，則PET聚酯纖維會完全溶解，奈米竹炭變成看不到粒子的黑色不透明溶液析出，將混合物移入100 ml已預先秤空重的第一支玻璃離心管內，用 $2,500 \pm 50$  rpm轉速離心20分鐘，上澄液吸取移入已預先秤空重的第二支100 ml玻璃離心管內，第一支離心管內的黑色殘渣，再加入混合溶劑50 ml洗滌，用細玻璃棒攪拌均勻，以 $2,500 \pm 50$  rpm轉速離心60分鐘，吸去上澄液，離心管連同內容物殘渣放入溫度 $187^{\circ}\text{C}$ 烘箱烘乾15小時，取出放冷20分鐘，待離心管溫度降至室溫後，秤重，計算求出竹炭淨重量 $x$ 。第二支玻璃離心管以 $2,500 \pm 50$  rpm轉速離心60分鐘，吸去上澄液，再加入混合溶劑30 ml洗滌，用細玻璃棒攪拌均勻，以 $2,500 \pm 50$  rpm轉速離心60分鐘，吸去上澄液，離心管連同內容物殘渣放入溫度 $187^{\circ}\text{C}$ 烘箱烘乾15小時，取出放冷20分鐘，待離心管溫度降至室溫後，秤重，計算求出竹炭淨重量 $y$ 。竹炭含量等於 $x$ 加 $y$ 之和，再除以試樣重量，再乘以100%，再乘以「奈米竹炭修正係數」1.8175，所得的結果即為竹炭含量。

至於「奈米竹炭修正係數」1.8175的涵意，是因為奈米竹炭粒子在混合溶劑內，經過離心20分鐘和1小時的離心沈澱過程，仍然有一部分奈米竹炭粒子會永遠保持在懸浮狀態，不能被離心力沈澱，其比例為一常數，此比例修正係數是用已知竹炭含量的竹炭纖維紗、或已知竹炭含量的竹炭纖維布當作樣品布，依照前述記載的萃取、離心、乾燥固定試驗條件、固定試驗過程，求出竹炭含量測值，已知

竹炭含量數值除以竹炭含量測值，所得的商，為一固定常數，稱之為「奈米竹炭修正係數」。

在前述「鑑別試驗」中，如果樣品的竹炭之紅外線吸收光譜圖與圖2相符，其「奈米竹炭修正係數」為1.8175；如果樣品的竹炭之紅外線吸收光譜圖與圖3相符，其「奈米竹炭修正係數」為1.8483。

(2) 樣品之竹炭含量的第二種定量方法為熱重量分析法，使用熱重量分析儀TGA/SDTA 851e（儀器廠商METTLER TOLEDO），其試驗方法係使用 $150 \mu\text{l}$ 之氧化鋁坩堝，坩堝和有洞坩堝蓋在使用以前，須先在高溫爐以高溫 $1,000^{\circ}\text{C}$ 預先處理過，徐徐放冷至室溫後，才可使用。 $150 \mu\text{l}$ 之氧化鋁坩堝裝入試樣 $4\sim 13$  mg，覆上坩堝蓋，由儀器自動天平自動秤重後，在流量 $20 \text{ ml}/\text{min}$ 的氮氣流中，以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的加熱速度加熱到 $1,000^{\circ}\text{C}$ ，試樣灼燒後的殘重為還原碳和灰分之總重量，熱重量分析曲線圖如圖7所示。上述試驗完畢，再以「殘重含量 vs. 竹炭含量」之檢量線比對。即可求出試樣之竹炭含量。至於「殘重含量 vs. 竹炭含量」之檢量線是如何做出來？它是用已知竹炭含量的竹炭纖維紗、或已知竹炭含量的竹炭纖維布當作樣品布，依照前述記載的熱重量分析法之固定試驗條件，測出「殘重含量 vs. 竹炭含量」測值數據，在 $X - Y$ 座標圖繪出檢量線，此檢量線為一直線。對具有紅外線吸收光譜圖圖3的奈米竹炭成分之竹炭纖維製品，有自己獨有的奈米竹炭檢量線，但市面的竹炭纖維製

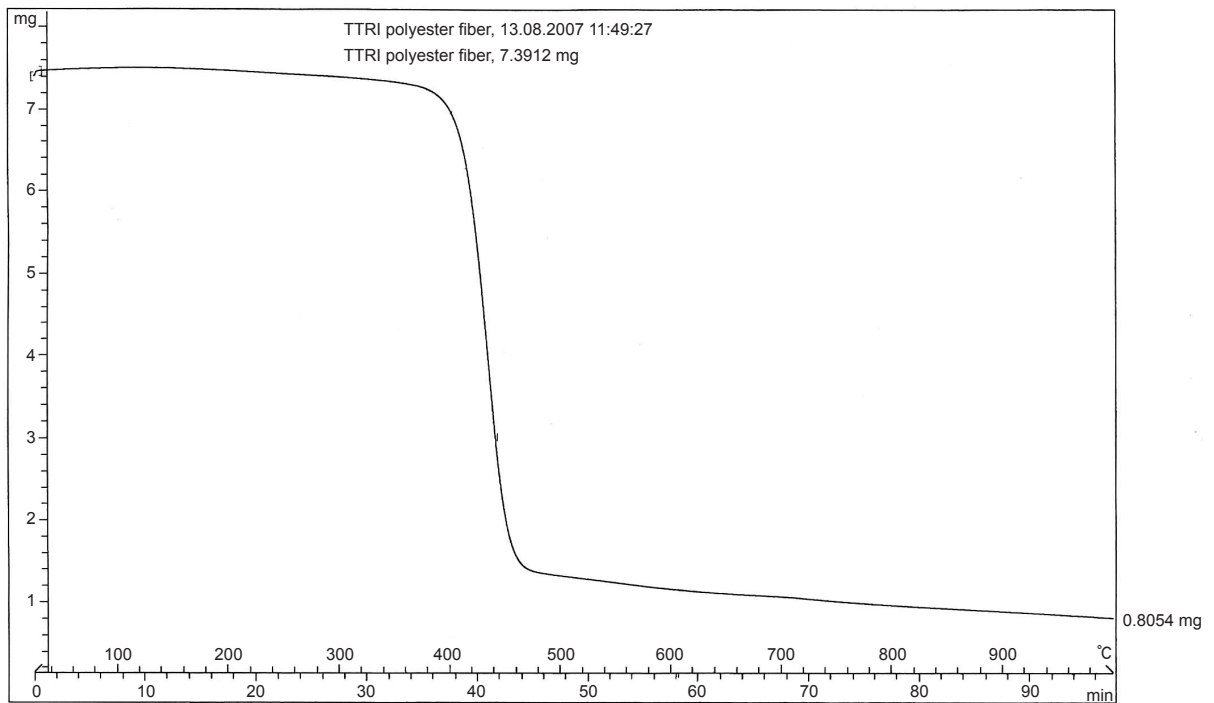


圖7 竹炭聚酯纖維紗的TGA曲線圖。

品，其竹炭成分有的是使用圖2普通竹炭粉形態，此種普通竹炭粉也有自己獨有的竹炭檢量線，兩者不可互相搞混誤用。

本試驗的上述第一種定量方法，竹炭聚酯纖維紗樣品秤取量1.0063 gm，250 ml錐形瓶、磨砂栓塞之總空重98.6251 gm，105°C烘乾2小時後，加蓋磨砂栓塞，放冷20分鐘，秤重99.5954 gm。竹炭聚酯纖維紗樣品的水分含量 =  $(98.6251 + 1.0063 - 99.5954) \div 1.0063 \times 100\% = 3.5775\%$ 。第一支100 ml玻璃離心管空重149.9988 gm，試驗後，烘乾的竹炭殘渣+玻璃離心管共重150.0067 gm。第二支100 ml玻璃離心管空重121.3854 gm，試驗後，烘乾的竹炭殘渣+玻璃離心管共重121.3873 gm。

竹炭聚酯纖維紗試樣的竹炭含量 =  $[(150.0067 - 149.9988) + (121.3873 - 121.3854)] \div 1.0063 \times 100\% \times 1.8175 = 1.77\%$

本試驗的上述第二種定量方法，竹炭聚酯纖維紗樣品秤取量7.3912 mg，熱重量分析曲線圖如圖7所示。試樣灼燒後的殘重由圖7讀出為0.8054 mg，殘重含量 =  $0.8054 \text{ mg} \div 7.3912 \text{ mg} \times 100\% = 10.8967\%$ 。再以「殘重含量 vs. 竹炭含量」之檢量線比對，求出試樣之竹炭含量為1.79%。

上述竹炭聚酯纖維紗樣品，委託單位敘明樣品的奈米竹炭實際添加量為1.80%，與檢驗結果數值1.77%、1.79%相符。顯示前述檢驗方法足可信賴。



## 六、建議與結論

本法採用紅外線吸收光譜分析法，作為竹炭成分之鑑定方法，紅外線吸收光譜儀是實驗室普遍使用之儀器，操作簡單，建議在將樣品與溴化鉀混合研磨，製成試片，透光掃描，作成光譜圖時，圖譜的Y軸「% Transmittance」數值作成在36%到60%之間，上限不要超過85%，如此可以使圖譜減少吸收雜訊，提高解析度。

竹炭粉體製成竹炭纖維，係先將竹炭粉體研磨成奈米粒子狀態，與聚酯樹脂粒混合，抽絲，切棉，製成竹炭紗（廠商在媒體廣告上稱之為竹炭纖維，正確的全名應叫做竹炭聚酯纖維紗）後，再與聚酯纖維、棉纖維或羊毛纖維等纖維之混紡紗，織造成布料；或由竹炭紗與上述其他纖維紗交織織造成布料；或由竹炭紗直接紡紗，織造成布料。不管是用上述三種方法的那一種織造成布料，竹炭纖維提到的竹炭成分，係指奈米竹炭粉而言。

工研院以掃描式電子顯微鏡觀察竹炭纖維表面及內部之黑色顆粒物質，並照相觀察黑色顆粒的粒子徑大小，然後以「能量X光分析儀」檢驗嵌在纖維表面的黑色顆粒成分是否為「碳」，此法只能判定嵌在纖維表面的黑色顆粒是否為「碳」，紅外線吸收光譜分析法是對黑色顆粒粉體之全部，鑑定是否為竹炭。「能量X光分析儀」只能對纖維表面的黑色顆粒，作局部檢測，以偏概全，無法確認在纖維內部的黑色顆粒成分是否為「碳」。

本方法的竹炭紅外線光譜圖，其吸收帶代表碳和各種無機化合物成分之特性吸收，

1,100  $\text{cm}^{-1}$ 附近位置代表二氧化矽成分，874  $\text{cm}^{-1}$ 代表鈣成分，其他吸收帶代表鎂、銅、錳、鈉、鉀之化合物成分，以及聚酯樹脂粒合成反應用的銻、鈦化合物之吸收。

竹炭含量的上述定量方法提到的「奈米竹炭修正係數」1.8175、1.8483，乃是實驗係數。一般工程用的校正係數，介於0到1之間。上述實驗係數與工程用的校正係數，並無任何關聯。

竹炭產業廠家長期期待政府能制定竹炭製品之國家標準，使業者有品質規範可資遵循，並讓消費者恢復對台灣竹炭產品的信心，在把關原料品質的CAS台灣優良林產品標章——一般竹炭之竹炭驗證、或紡織研究所之竹炭紡織品的機能性驗證之外，本方法提供竹炭成分鑑定、定量之具體可行方法，本法並經作者在國家實驗室，長期應用於受理竹炭商品檢驗，歷經數年驗證，功簡而賅，效神而速，不需奢談高遠，皆屬信而有徵。▲



（圖片／荷達文化 攝影／陳吉麟）