

不插電的設備—探討陶製品的降溫效能

壹、研究動機

在看新聞時，發現印度的氣候很炎熱，有人製研究出一種在高溫天氣下陶土製的便宜風扇和冰箱，不只風扇可以吹出涼風，不必插電的冰箱更只要在隔層加水，影片宣稱可以降低10至20度，並保存蔬果2-3天，甚至還可以供應乾淨的飲用水。因為學校夏天時很熱，教室內也沒有冷氣，而且有燒製陶器的設備和陶藝老師，所以我們決定親自動手做做看。

(教材相關性：翰林版三年級水的變化)

貳、研究目的

- 一、探討空氣流過不同材質的陶管後降溫效果。
- 二、探討空氣接觸表面積對表面降溫效果的影響情形。
- 三、測量陶製冰箱降溫的效果。

參、研究設備、材料及器材

紅磚窗花、陶土、電風扇、紅外線溫度計、電子式溫度計、噴水器、木板、水

肆、研究過程及方法

一、應用原理：

陶土本身的孔隙很大，十分容易吸收並散失水份，在水分蒸發的同時，也將陶土表面的帶走，所以陶製品能形成比室溫還要低的溫度環境。

二、實驗一-1~探討空氣流通未經窯燒陶管後的降溫效果

(一) 實驗步驟：

- 1、以水電材料行買的水管當模具，將壓製成1公分陶土捲成圓筒狀，一共12支。

2、將陶管排列成圖 3 的樣子，電風扇距離陶管 50 公分，陶管出風口距離木板 30 公分，木板大小為 40 公分*40 公分。

3、打開讓電風扇的風流經陶管後吹向木板，測量木板上的溫度，測溫位置如圖 1。

4、在電風扇前用噴霧器製造水氣 30 秒，讓水氣通過陶管後測量溫度，實驗結果如表 1。

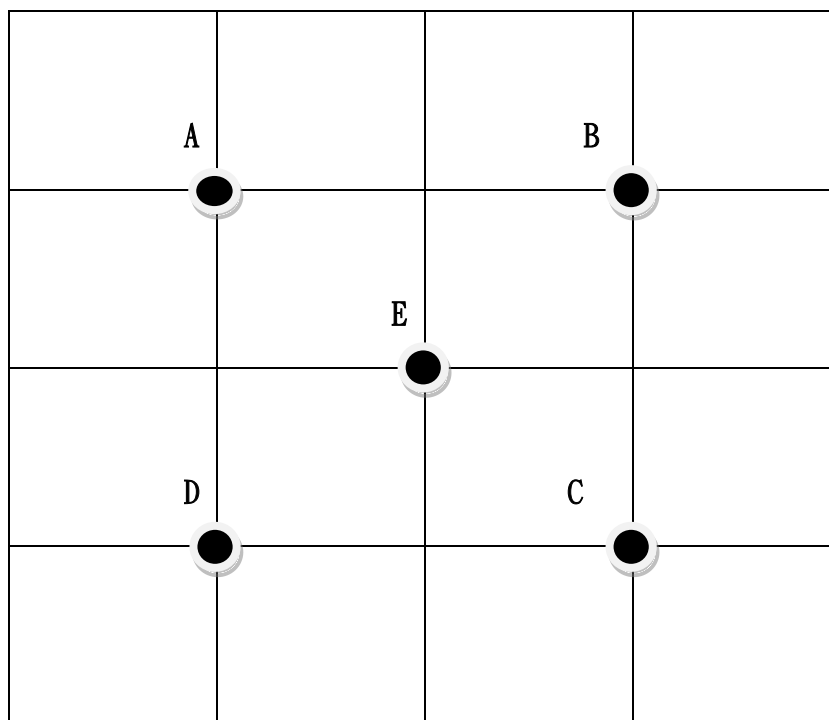


圖 1 木板的測量溫度位置

(二) 結果與討論

1、在圖 4 中，我們可以發現有加入水霧的降溫效果就可以有 1 度的差別，而陶管、電風扇、水霧的組合效果最佳，降溫可達 2 度。

2、未經燒製的陶土吸水性比燒製過的還差，所以可以推論使用窯燒過的陶製品效果會更好。



圖 2

學生使用水管做製作出相同管徑的陶管



圖 3

測量風通過陶管後的降溫效果

表一：未經過燒製陶管的降溫效果

| 測量點 組合 | A | B | C | D | E | 平均 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| 室溫 | 28.7 | 29.1 | 28.5 | 28.5 | 28.4 | 28.6 |
| 電風扇 | 28.2 | 28.3 | 28.1 | 28.1 | 28.1 | 28.2 |
| 電風扇+水 | 27.2 | 27.3 | 27.2 | 27.1 | 27.2 | 27.2 |
| 電風扇+陶管 | 27.8 | 27.8 | 27.5 | 27.6 | 27.6 | 27.7 |
| 陶管+電風扇+ 水 | 26.8 | 26.5 | 26.4 | 26.6 | 26.5 | 26.6 |

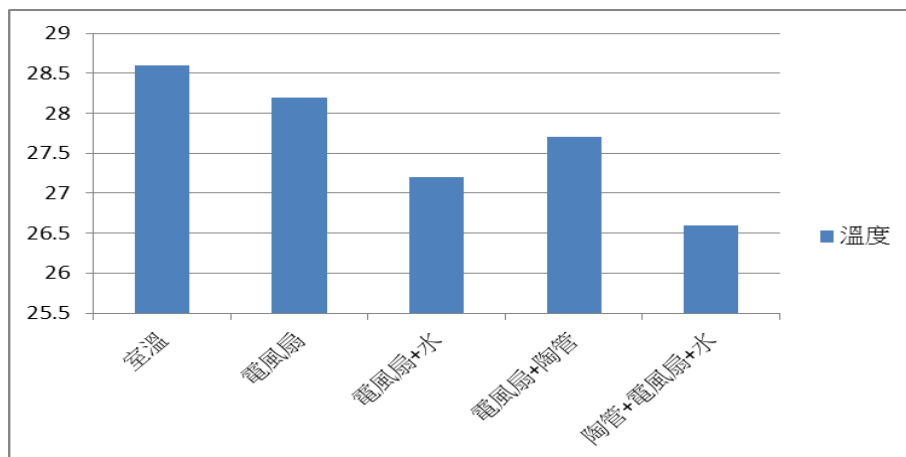


圖 4 未經過燒製陶管的降溫效果

三、實驗一-2~探討空氣流通窯燒陶製品後的降溫效果

(一)實驗步驟

- 1、將陶管及紅磚窗花各排成長 36 公分、寬 48 公分、高 34.5 公分，電風扇距離管子 50 公分，陶管出風口距離木板 30 公分。
- 2、測試的組合如下：
甲：室溫 乙：只用電風扇 丙：電風扇加水霧 丁：電風扇加水霧加紅磚窗花
戊：電風扇加水霧加紅磚窗花加燒製過的陶管
己：戊的組合，但陶管的出風口距離木板的長度從原先的 30 公分，加長至 230 公分。
- 3、將電風扇調到固定的風速後，往紅窗花及陶管內部吹。
- 4、等待 30 秒後，測量木板的溫度。
- 5、重複 3 次，取平均。(每一點的實驗記錄結果已是平均值)

(二)結果與討論

- 1、我們發現紅磚窗花、電風扇、水霧的組合效果可降溫達 2.9 度，若再加入燒製過的陶管，降溫效果更佳，降溫可達 3.4 度。
- 2、在窗花內加入陶管的降溫效果更好，可能是流動的空氣通過的表面積增加了，帶走表面更多的熱。
- 3、我們思考陶管出風口與木板的距離是否會影響降溫效果，於是將原本二者距離的 30 公分（戊）改成 230 公分（己），從上述的結果發現，距離出風口愈遠，降溫的效果愈差，也就是說離近一點就愈涼。

表 2: 空氣流過紅磚窗花、燒製過的陶管其降溫效果情形(單位:攝氏)

| 測量點 組合 | A | B | C | D | E | 平均 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 甲 | 28.8 | 28.7 | 28.7 | 28.6 | 28.6 | 28.7 |
| 乙 | 28.4 | 28.4 | 28.4 | 28.3 | 28.3 | 28.6 |
| 丙 | 28.0 | 28.0 | 26.6 | 27.7 | 27.5 | 27.6 |
| 丁 | 26.4 | 26.4 | 26.0 | 24.6 | 25.5 | 25.8 |
| 戊 | 25.4 | 25.8 | 25.0 | 24.9 | 25.2 | 25.3 |
| 己 | 25.7 | 26.1 | 25.8 | 25.0 | 26.4 | 25.8 |

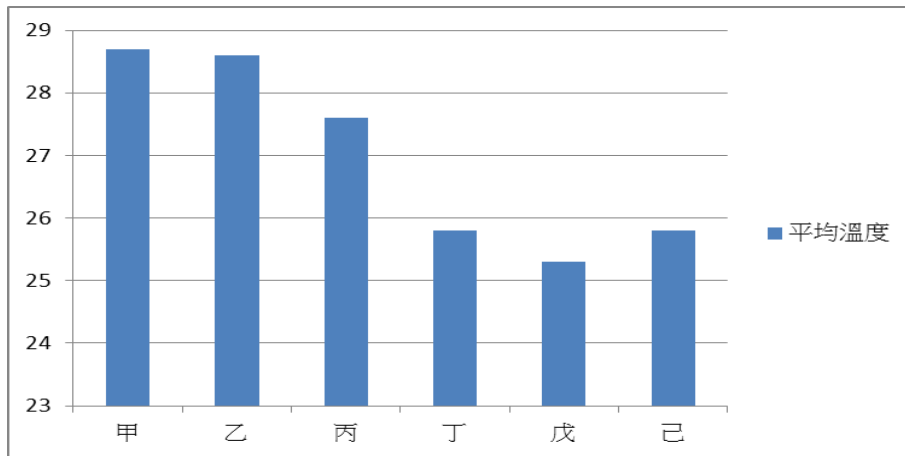


圖 5 紅磚窗花搭配燒製過陶管的降溫效果



圖 6

學生使用紅磚窗花排成的風扇



圖 7

紅磚窗花加入已燒製的陶管

四、實驗二-1~探討增加紅磚窗花及陶管的表面積對降溫結果的影響

從一-2 的實驗結果中，我們思考如果加倍整個組合的長度是否能做出比較好的效果，於是加長整個組合的長度來實驗。

(一)實驗步驟

- 1、將紅磚窗花加燒製過的陶管排成長 72 公分、寬 48 公分、高 34.5 公分，電風扇距離管子 50 公分，陶管出風口距離木板 30 公分。
- 2、將電風扇調到固定的風速後，往紅磚窗花及陶管內部吹。
- 3、等待 30 秒後，測量木板的溫度。
- 4、重複 3 次，取平均。(每一點的實驗記錄結果已是平均值)

表 3: 整個組合的長度加倍對降溫效果的影響。(單位:攝氏)

| 測量點 組合 | A | B | C | D | E | 平均 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 室溫 | 27.4 | 27.4 | 27.4 | 27.4 | 27.4 | 27.4 |
| 電風扇+燒製過陶管+窗花+ 水霧(長度 72 公分) | 25.8 | 25.6 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 25.5 |

(二)結果與討論

- 1、整個組合平均下降 1.9 度，原本長度卻可下降 3.4 度，並沒達到預期的效果。
- 2、如果增加陶製品的表面積，整體可下降的溫度應該會變多。

五、實驗二-2~利用陶條搭建的立體結構其降溫結果

從二-1 的實驗結果中，我們想增加陶製品接觸空氣的表面積，看看是否會有更好的降溫效果，於是想起以前用積木條搭房子，所以我們用陶土做成 1 公分*1 公分*20 公分的陶條。

(一)實驗步驟

- 1、將燒製過的陶條以井字搭成長 36 公分、寬 48 公分、高 18 公分長方體結構，電風扇距離管子 50 公分，陶管出風口距離木板 30 公分。
- 2、加入不同水量在陶條上，甲：500ml、乙：800ml、丙：1000ml、丁：1500ml、戊：2000ml。
- 3、將電風扇調到固定的風速後，往陶條長方體結構吹。
- 4、等待 30 秒後，測量木板的溫度。
- 5、重複 3 次，取平均。



圖 8

學生使用模板製作陶條



圖 9

陶條搭起的長方體結構

(二)結果與討論

- 1、整個實驗中，加入 2000ml 水的陶條結構在室溫 27.9 度、溼度 62%的條件下，降溫最多，達 4.9 度。
- 2、加入 500ml 水的實驗中，溼度在 88~90%之間，溼度高，降溫效果很差；在室溫 23~25 度，溼度 60~80%，降溫效果並沒有因水量不同而有明顯的差異。
- 3、在加入充足的水量的情況下，如果在溫度愈高（超過 27.5 度）、溼度愈低（65%以下），整體的降溫效果很好。

表 4:不同水量對陶條長方體結構降溫效果的影响。(單位:攝氏)

| 水量 ml | A | B | C | D | E | 平均 | 室溫 | 差距 | 溼度 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| 500 | 21.6 | 21.6 | 21.4 | 21.3 | 21.5 | 21.5 | 22 | 0.5 | 88% |
| 500 | 22 | 21.9 | 21.8 | 21.8 | 21.9 | 21.9 | 22.5 | 0.6 | 90% |
| 500 | 21.7 | 21.7 | 21.6 | 21.5 | 21.6 | 21.6 | 22.5 | 0.9 | 90% |
| 800 | 22.8 | 22.7 | 22.7 | 22.5 | 22.5 | 22.6 | 25 | 2.4 | 61% |
| 800 | 22.8 | 22.7 | 22.7 | 22.5 | 22.5 | 22.6 | 24 | 1.4 | 61% |
| 800 | 22.8 | 22.5 | 22.4 | 22.3 | 22.5 | 22.5 | 24.6 | 2.1 | 60% |
| 1000 | 23.9 | 24 | 23.6 | 23.6 | 23.7 | 23.8 | 24.6 | 0.8 | 86% |
| 1000 | 20.9 | 20.9 | 20.8 | 20.5 | 22.6 | 21.1 | 23 | 1.9 | 84% |
| 1000 | 21.7 | 21.7 | 21.3 | 21.3 | 21.6 | 21.5 | 23.9 | 2.4 | 82% |
| 1500 | 22.6 | 22.7 | 22.2 | 22.2 | 22.5 | 22.4 | 24 | 1.6 | 69% |
| 1500 | 21.3 | 21.2 | 20.8 | 22.7 | 23.1 | 21.8 | 23.6 | 1.8 | 68% |
| 1500 | 24.9 | 24.9 | 24.5 | 24.6 | 24.9 | 24.8 | 27.7 | 2.9 | 61% |
| 2000 | 23.3 | 23.3 | 22.8 | 22.7 | 23.1 | 23.0 | 27.9 | 4.9 | 62% |
| 2000 | 23.7 | 23.6 | 23.1 | 22.9 | 23.5 | 23.4 | 28 | 4.6 | 65% |
| 2000 | 23.8 | 23.7 | 22.2 | 22.2 | 22.5 | 22.9 | 24 | 1.1 | 69% |

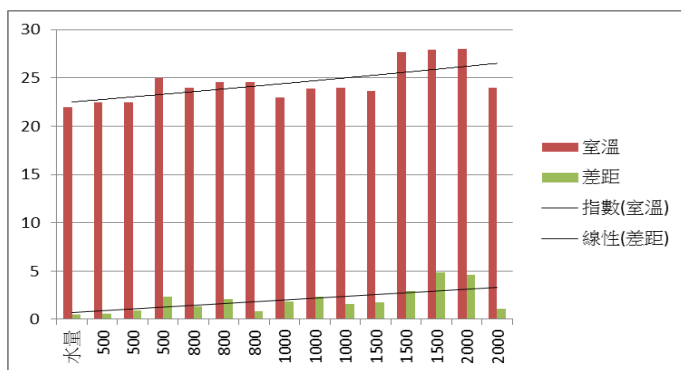


圖 10 加入不同水量的陶條結構在不同室溫的降溫效果

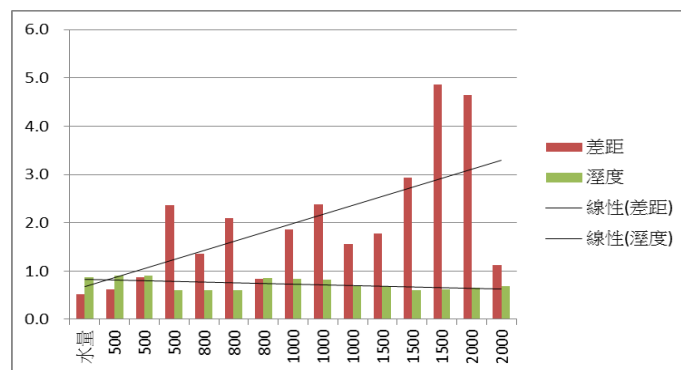


圖 11 加入不同水量的陶條結構在不同溼度下的降溫效果

六、實驗三-1~陶製冰箱在不同環境下的降溫效果

老師教導我們利用陶土製作了冰箱，裡面放置蔬果的內部與外層中還有夾層（見圖 12），可從上方孔洞加入水，讓整個陶製冰箱內、外溫度都低於室溫。由於上個實驗結果，我們知道陶製品降溫效果要好，溫度、風、溼度都有影響，所以我們先將陶製冰箱分別放在戶外（可照射到陽光的地方）、不通風環境測試降溫效果。

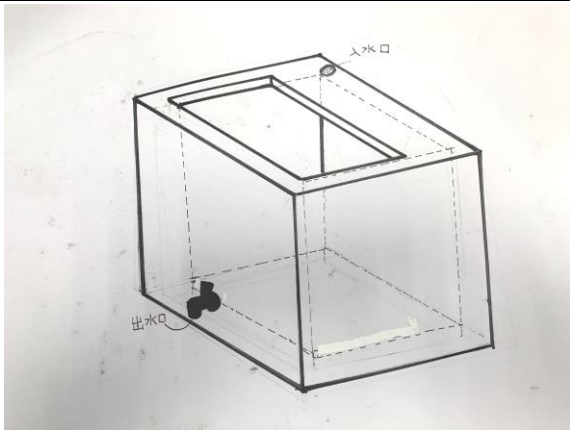


圖 12 陶製冰箱設計圖



圖 13 可在冰箱夾層加入水

(一) 實驗步驟

- 1、將二個相同尺寸的冰箱加入相同的水量，讓陶土縫隙吸收水分。
- 2、放置在不同地方，甲：陽光照射處的通風環境、乙：放在室內並用紙箱罩住（不通風密閉環境）。
- 3、重複測量 15 次，取平均。

(二) 結果與討論

- 1、從表 5 中可得知，在甲的環境下，平均降溫達 5.4 度，特別是在溫度 32.5 度的環境下，冰箱內部為 21.2 度，下降達 11.3 度，與網路影片談到的效果符合；而在乙組中，平均降溫僅有 0.8 度（如表 6），可能是缺乏風與高溫，加上密閉環境下，水份無法蒸發的原因，降溫效果十分有限。



圖 14 測量冰箱內外層溫度

表 5 在陽光照射下陶製冰箱降溫情形

| 室溫 | 外層溫度 | 內層溫度 | 與室溫 差距 |
|------|------|------|-----------|
| 28 | 25.9 | 22.5 | 5.5 |
| 26 | 22.9 | 22.1 | 3.9 |
| 25.8 | 22.5 | 22.2 | 3.6 |
| 25.5 | 22.6 | 22.3 | 3.2 |
| 25.2 | 22.7 | 22.3 | 2.9 |
| 24.9 | 22.7 | 22.2 | 2.7 |
| 29.5 | 24.4 | 27 | 2.5 |
| 27.3 | 24.1 | 27.1 | 0.2 |
| 29.1 | 24 | 19.7 | 9.4 |
| 32.5 | 27.7 | 21.2 | 11.3 |
| 30.2 | 30.1 | 23.8 | 6.4 |
| 34.2 | 32.4 | 25.8 | 8.4 |
| 35.8 | 31.4 | 28.5 | 7.3 |
| 36.5 | 35 | 29.1 | 7.4 |
| 34.9 | 32.5 | 28.4 | 6.5 |

平均

5.4

表 6 在密閉不通風環境下陶製冰箱降溫效果

| 室溫 | 外層溫度 | 內層溫度 | 與室溫 差距 |
|------|------|------|-----------|
| 21 | 20.6 | 20.6 | 0.4 |
| 22.3 | 21 | 20.4 | 1.9 |
| 23.2 | 21.3 | 20.9 | 2.3 |
| 23.5 | 22.1 | 22.2 | 1.3 |
| 24.6 | 22.6 | 21.6 | 3 |
| 19.5 | 19.4 | 19.5 | 0 |
| 18.8 | 18.5 | 18.2 | 0.6 |
| 18.7 | 18.4 | 18.1 | 0.6 |
| 18.5 | 18.2 | 18.6 | -0.1 |
| 17.1 | 17.5 | 16.9 | 0.2 |
| 17.5 | 17.3 | 17.3 | 0.2 |
| 18.3 | 17.7 | 17.1 | 1.2 |
| 17.9 | 18.9 | 18.1 | -0.2 |
| 17.1 | 17.1 | 16.9 | 0.2 |
| 16.9 | 17.2 | 16.7 | 0.2 |

平均

0.8

七、實驗三-2~模擬陶製冰箱在高溫環境下的降溫效果

為了模擬在印度的高溫環境，我們曾嘗試把陶製冰箱放在培養箱裡，高溫 40 度的環境下，結果冰箱內外部的溫度因為水分無法蒸發而呈現將近 40 度的高溫，完全無法降溫。因此，我們用打造了一個通風、高溫的環境來測試陶製冰箱的效能。

(一) 實驗步驟

- 1、在陶製冰箱內加入 4 公升的水，並於冰箱底部放置一個磅秤（冰箱重 20 公斤，加水後總重 24 公斤）。
- 2、放置在室內通風處，將陶製冰箱放在僅開一面、內部貼滿鋁箔紙的紙箱遮罩內，以打開紅外線燈提供熱能。

3、記錄冰箱內外部溫度及重量，重複 10 次，取平均。

(二) 結果與討論

1、從表 7 中可得知，陶製冰箱在平均溫度 38.5 度、平均溼度在 24.6%的環境下，平均降溫為 11.6 度。在高溫 41.8 度的環境中，更有下降 18.9 度的記錄，網路影片所說在印度使用可以降 10~20 度是的確有可能的。

2、從減少的水量得知，水分的蒸發能幫助陶製冰箱降溫；其中有數值為 0，有可能是磅秤無法判讀出來的誤差值。

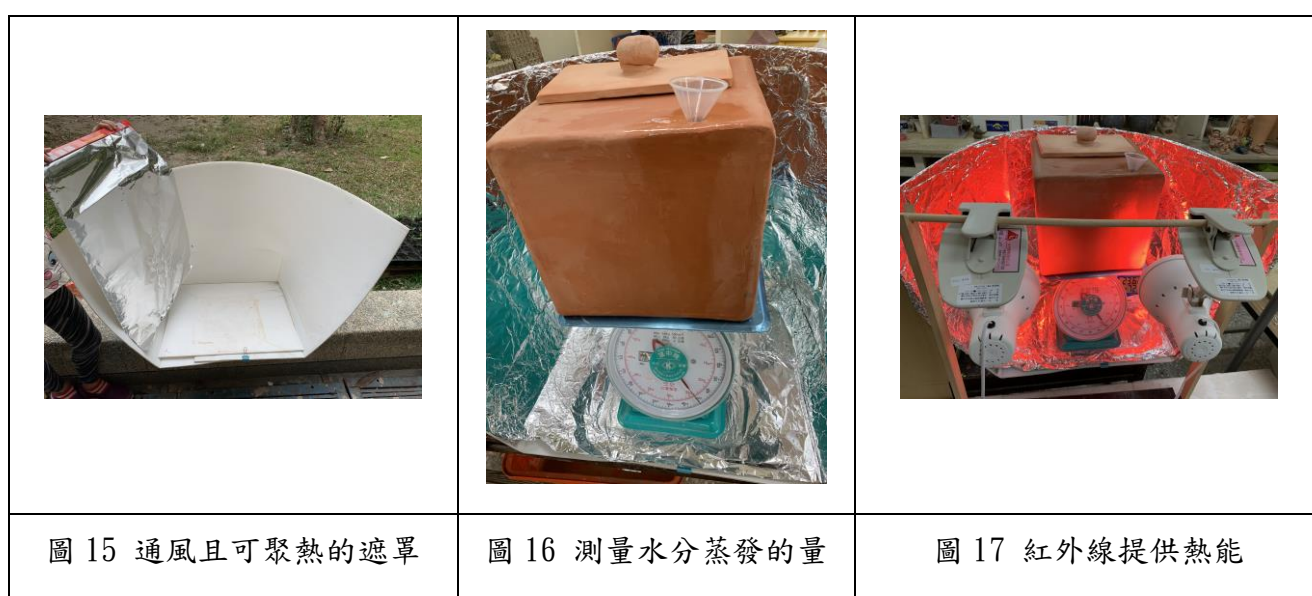


表 7 陶製冰箱在高溫環境下的降溫效果

| 次數 | 紅外線照射時間 (小時) | 遮罩內溫度 | 遮罩內溼度 | 冰箱外部溫度 | 冰箱內部溫度 | 降溫 | 減少水量 (公克) |
|----|--------------|-------|-------|--------|--------|------|-----------|
| 1 | 7 | 37.1 | 25% | 29.7 | 29.9 | 7.2 | 200 |
| 2 | 7 | 39.8 | 26% | 30.4 | 32 | 7.8 | 200 |
| 3 | 8 | 39.6 | 27% | 31.5 | 32.5 | 7.1 | 200 |
| 4 | 4 | 43.7 | 18% | 28.6 | 27.3 | 16.4 | 100 |
| 5 | 4 | 34.7 | 26% | 22.3 | 22.3 | 12.4 | 200 |
| 6 | 7 | 33.8 | 28% | 22.1 | 23.3 | 10.5 | 200 |
| 7 | 8 | 37.6 | 24% | 23.4 | 23.7 | 13.9 | 200 |
| 8 | 8 | 39 | 24% | 28.2 | 27.3 | 11.7 | 100 |
| 9 | 9 | 38.3 | 24% | 26.5 | 28.2 | 10.1 | 100 |
| 10 | 4 | 41.8 | 24% | 23.3 | 22.9 | 18.9 | 0 |
| 平均 | 6.6 | 38.54 | 24.6% | 26.6 | 26.94 | 11.6 | 150 |

伍、結論

- 一、陶製品可吸收水分，蒸發時會帶走熱，達到降溫的效果，燒製過的陶製品比未燒製過的降溫效果好。用紅磚窗花搭配燒製過的陶管降溫效果可達 3.4 度，且在出風口附近的風比較涼。
- 二、陶製品的表面積與降溫效果不太有絕對的關係，受環境的氣溫、溼度、風的影響比較大，在有風的環境，氣溫愈高、溼度愈低，其降溫效果愈好。
- 三、陶製冰箱的保冷效果確時有效，但要在通風、溼度低、溫度高的條件下才能發揮。超過 40 度、溼度 25% 以下，冰箱內部與外圍環境的溫差可達 15 度以上。

陸、建議

- 一、未來研究者可利用環保能源搭配陶製冰箱，讓效能更好，比一般家電更節能、便宜，供世界難民、落後貧窮地區使用，為地球居民帶來福祉。

柒、參考文獻

- 一、印度不插電冰箱網站：<https://miticool.com>
- 二、2016 年 06 月 21 日東森新聞網電子報《「黏土冰箱」免插電就能保冰 印度最強發明 網友讚翻！》

附錄：

一、陶製冰箱使用方法（官方網站翻譯）

- 1、在開始使用之前，在冰箱的夾層中加滿水，經過 12 小時之後再把水倒乾。第一次使用時，須等 12 個小時才有降溫效果。
- 2、開始使用的前三個月時，只需倒入 1 公升的水，這樣水才不會因為孔隙太大而漏入冰箱內部底層。
- 3、三個月之後，就可以慢慢地用 10 公升的水將冰箱夾層裝滿了。