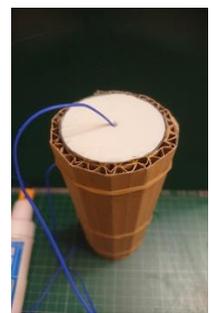
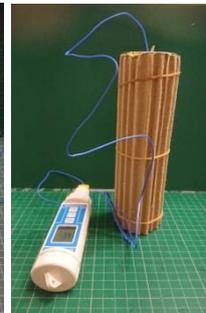


# 嘉義市第 37 屆國民中小學科學展覽會

## 作品說明書



科 別：生活應用科(2)

組 別：國小組

作品名稱：瓦楞紙保溫效果的探討

關 鍵 詞：瓦楞紙、保溫、熱傳播

編 號：

# 瓦楞紙保溫效果的探討

## 摘要

本研究以環保為題材，透過物流包裝上的微型瓦楞紙板中空結構，不但具有緩衝、吸音和減震作用，更是本研究對保溫效果探討的重點。主要想透過瓦楞紙的保溫功能，取代泡棉的材質。從實驗上更確認：瓦楞紙可代替泡棉做為保溫材料，且瓦楞紙再加銀材料的組合，優於市售以銀色材料再加泡棉的組合。研究上以瓦楞紙測試保溫效果時，先對「保溫」的定義作說明，保溫即在避免溫度的降低，或避免熱量的流失。若在單位時間內能讓溫差減少，就是保溫材質越好。

本研究共分：「瓦楞紙的材質」、「容器的影響」、「特殊材質的作用」及「生活實際的應用」等四大部分 19 個實驗。第一部分「瓦楞紙的材質」共 9 個實驗，主要在探討瓦楞紙的厚度、顏色、AB 楞，或以壓扁、去面紙、塞排孔、垂直或水平放置等不同方式，對壓克力管內水溫流失情形作探究。

第二部分「容器的影響」對保溫效果的研究共 5 個實驗，主要在探討以瓦楞紙包覆容器的高度、管徑、厚度、水位或包覆不足等因素對保溫效果的影響。第三部分「特殊材質的作用」共 3 個實驗，主要用鋁箔紙、泡棉和瓦楞紙等不同組合，試圖研究出更好和更環保的保溫材料。第四部份「生活實際的應用對保溫效果的研究」共 2 個實驗，主要在探討「瓦楞紙盒空間對保溫效果的影響」和「生活上瓦楞紙絕佳應用的保溫效果」等，透過實驗後研發後，找出更好的保溫材料組合，以達到環保概念和生活的應用。

# 瓦楞紙保溫效果的探討

## 壹、研究動機

由於天氣逐漸變冷，就想買一件較保暖的外套，於是請爸爸帶我到體育用品店挑選。無意中聽到老闆對爸爸提到羽絨衣外套非常保暖，它有許多空氣成份所以較輕，所以可以保留身體的體溫不易散失。這讓我聯想到，有許多空氣在裡面的瓦楞紙是不是也同樣具有保溫的效果。於是請教自然老師協助研究，如何利用瓦楞紙來作為保溫的材料。

## 貳、研究目的

- 一、分析不同材質的瓦楞紙對保溫效果的影響。
- 二、研究瓦楞紙包覆的容器條件差異對保溫效果的影響。
- 三、探究若加入特殊材質增進瓦楞紙的保溫效果。
- 四、改進瓦楞紙保溫在生活實際的應用。

## 參、研究設備及器材

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| (1)熱電偶溫度計 2 支。                   | (2)壓克力管高 30cm 厚 3mm 管徑 5cm 1 支。  |
| (3)橡皮筋 20 條。                     | (3)壓克力管高 20cm 厚 3mm 管徑 5cm 3 支。  |
| (5)珍珠板套 16 個。                    | (6)壓克力管高 10cm 厚 3mm 管徑 5cm 1 支。  |
| (7)透明膠帶 1 捲。                     | (8)壓克力高 20cm 厚 2mm 管徑 4cm 1 支。   |
| (9)瓦楞紙板一批。                       | (10)壓克力管高 20cm 厚 2mm 管徑 5cm 1 支。 |
| (11)壓克力管高 20cm 厚 2mm 管徑 3cm 1 支。 |                                  |

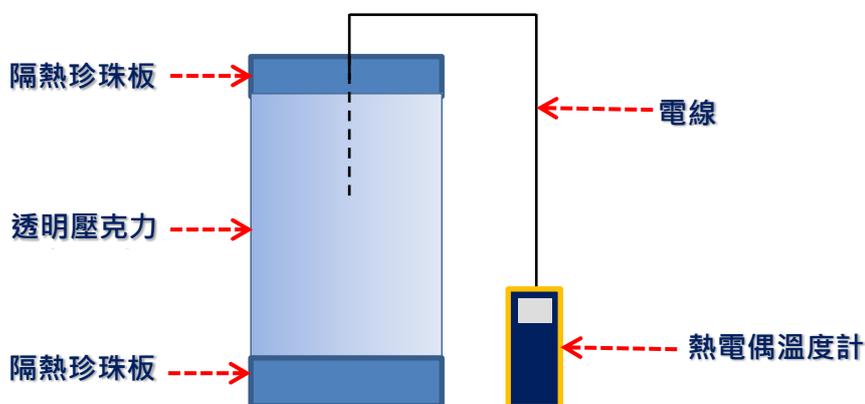
## 肆、研究過程或方法

本研究均以透明壓克力管做為容器(如下圖)，管內上下均以 1 公分的珍珠板蓋做為隔熱的材質，在管內盛裝熱水後再包覆不同材質的瓦楞紙。將熱電偶溫度計的電線插入筒內 5cm，做為測試保溫效果的裝置。實驗上，以定時紀錄壓克力筒內熱水溫度變化，了解溫度流失的情形。

本研究以瓦楞紙應用在保溫效果的測試。因此「保溫」的定義即在避免筒內溫度降低，或避免熱量流失。而熱量流失或傳播方式主要是傳導、對流及輻射等三種。因此，若能避免傳導、對流或輻射等熱傳播方式的發生，就能減少單位時間內的溫度降低，即能讓保溫效果越好。也就是說單位時間內溫差越少，保溫的材質就是越好。

研究上因瓦楞紙保溫效果的變因繁多，但受制時間的有限，因此為研究上的方便，

本研究僅將實驗分成「瓦楞紙的材質」、「容器的影響」、「特殊材質的作用」及「生活實際的應用」等四大部分進行探討。其餘部分待往後有更多的時間，再進行更深入的探究。



## 一、「瓦楞紙的材質」對保溫效果的研究

瓦楞紙材質對保溫效果的研究包含：「瓦楞紙厚度對保溫效果的影響」、「壓扁瓦楞紙對保溫效果的影響」、「瓦楞紙去面紙對保溫效果的影響」、「牛皮紙與瓦楞紙對保溫效果的比較」、「瓦楞紙芯紙方向對保溫效果的影響」、「芯紙塞住空氣對保溫效果的影響」、「瓦楞紙外部溫度與水溫的比較」、「瓦楞紙顏色對保溫效果的影響」、「AB 瓦楞紙內外對保溫效果的影響」等 9 個實驗。研究過程及方法說明如下：

### (一)瓦楞紙厚度對保溫效果的影響

市售瓦楞紙厚度依楞型可分成 A 楞(4.5~5mm)、B 楞(2.5~3mm)、C 楞



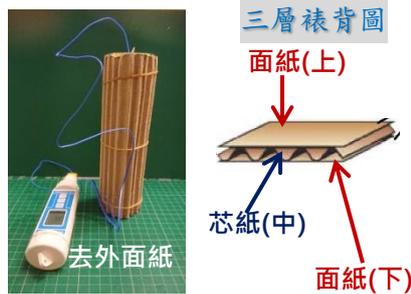
(3.5~4.0mm)、E 楞(1.1~1.6mm)、F 楞(0.8~1.0mm)等。為研究瓦楞紙厚度對保溫效果的影響，取 4 種不同厚度的瓦楞紙各包住壓克力管，內裝熱水，在固定的時間內水溫下降的影響。

### (二)壓扁瓦楞紙對保溫效果的影響



為了解瓦楞紙受外力因素導致原來的厚度降低，可能會影響保溫效果。因此實驗上取二種厚度的瓦楞紙進行壓扁，並與原來未壓扁的瓦楞紙進行保溫效果的分析比較，了解對水溫的影響。

### (三)瓦楞紙去面紙對保溫效果的影響



三層裱背的瓦楞紙若去除一層面紙，可能會影響保溫效果。因此實驗上各取二種不同厚度的瓦楞紙進行去除一層面紙，並與原來未去除面紙的瓦楞紙進行保溫效果的分析比較，了解瓦楞紙去面紙對保溫效果的影響。

### (四)牛皮紙與瓦楞紙對保溫效果的比較

具芯紙的瓦楞紙因空氣含量多，保溫效果可能會勝過紮實而未含大量空氣的牛皮紙。因此實驗上將牛皮紙多層而紮實的包住壓克力管，管中放入熱水後測溫度的變化，並與原來等厚瓦楞紙進行保溫效果的分析比較。

### (五)瓦楞紙芯紙方向對保溫效果的影響



瓦楞紙芯紙波浪方向與壓克力管呈現垂直或水平的不同，可能會影響保溫效果，是值得研究的問題。因此實驗上各取二種不同厚度的瓦楞紙進行水平包覆壓克力管，放入熱水後測試溫度變化，並與原來芯紙垂直方式進行保溫效果的分析比較，了解瓦楞紙芯紙包覆的方向對保溫效果的影響。

### (六)芯紙塞住空氣對保溫效果的影響

瓦楞紙內部空氣若因受熱而上升，可能易和外在的空氣形成對流，降低瓦楞紙內部的保溫效果。因此實驗上將芯紙的內部空氣給予封住，可能會增加保溫效果。因此，實驗上各取二種不同厚度的瓦楞紙，對芯紙內的空氣進行上下封住，待放入熱水後與原來同厚度的瓦楞紙進行保溫效果的分析比較，了解芯紙塞住空氣對保溫效果的影響。

### (七)瓦楞紙外部溫度與水溫的比較

為了解不同厚度的瓦楞紙受熱後，紙的外部溫度是否會一直上升，或者因與外部冷空氣接觸，溫度上升有限。因此，實驗上在壓克力筒內放入熱水後測試瓦楞紙外部溫度值，並與內部水溫變化進行分析比較。

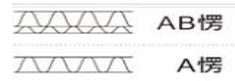
## (八)瓦楞紙顏色對保溫效果的影響

同材質的瓦楞紙受熱後是否會受紙質顏色的不同，產生不同的保溫效果。因此，到書局購置同材質但不同顏色的瓦楞紙，各自包覆在具有熱水的壓克力筒上，了解瓦楞紙顏色的差異對保溫效果的影響。

## (九)AB 瓦楞紙內外對保溫效果的影響



取一種五層裱背的 AB 瓦楞紙，將 A 楞 (波浪大) 放置在接觸壓克力筒，B 楞 (波浪小) 放置在外側；並與 B 楞 (波浪小) 放置在接觸壓克力筒，A 楞 (波浪大) 放置在外側進行比較，並在與原來 A 楞 (波浪大) 同厚度的瓦楞紙做保溫效果的比較，了解 AB 瓦楞紙的保溫效果是否優於 A 楞瓦楞紙。



## 二、「容器的影響」對保溫效果的研究

以瓦楞紙包覆容器來進行保溫效果的研究，容器差異也是本研究重要的變因。因此本研究包含：「容器高度對保溫效果的影響」、「容器管徑對保溫效果的影響」、「容器厚度對保溫效果的影響」、「容器水位對保溫效果的影響」、「容器包覆不足對保溫效果的影響」等 5 個實驗。過程及方法說明如下：

### (一)容器高度對保溫效果的影響



取相同厚度及直徑但不同高度的透明壓克力筒，各放入熱水後各用二種不同厚度的瓦楞紙完全包覆壓克力筒後，測量筒內溫度的變化，了解容器高度對保溫效果的影響。

### (二)容器管徑對保溫效果的影響



取相同厚度及高度但管徑不同的透明壓克力管，放入熱水後各用二種不同厚度的瓦楞紙完全包覆，測試筒內溫度變化值，了解容器管徑對保溫效果的影響。

### (三)容器厚度對保溫效果的影響

取相同高度及直徑但不同厚度的透明壓克力筒，放入熱水後各用二種不同厚度的瓦楞紙完全包覆，測試筒內溫度變化值，了解容器厚度對保溫效果的影

響。

#### (四)容器水位對保溫效果的影響

取相同高度、直徑及厚度的透明壓克力筒，放入不同高度的熱水後，各用二種不同厚度的瓦楞紙完全包覆，測試筒內溫度變化值，了解不同高度水位對保溫效果的影響。

#### (五)容器包覆不足對保溫效果的影響

取相同高度、直徑及厚度的透明壓克力筒，在相同水位的筒中，包覆不同高度的瓦楞紙，測試容器包覆不足對保溫效果的影響。

### 三、「特殊材質的作用」對保溫效果的研究

熱的三種傳播方式包含輻射、傳導和對流等方式進行。在壓克力管上加蓋，是防止對流逸散到空氣；實驗上考慮用鋁箔紙包覆，是在防止輻射；用泡棉包覆壓克力管是在防止傳導。因此，本研究繼續以「特殊材質的作用」做探究，包含：「銀色材質為底加瓦楞紙對保溫效果的影響」、「泡棉材質和瓦楞紙對保溫效果的影響」、「瓦楞紙為底加銀色材質對保溫效果的影響」等 3 個實驗。

#### (一)銀色材質為底加瓦楞紙對保溫效果的影響



取相同高度、直徑及厚度的透明壓克力管，包覆鋁箔紙後分別再包住不同厚度的瓦楞紙，待筒內放入熱水後測試水溫變化，了解以銀色材質為底加瓦楞紙對保溫效果的影響。

#### (二)瓦楞紙為底加銀色材質對保溫效果的影響



取相同高度、直徑及厚度的透明壓克力管，包覆不同厚度的瓦楞紙後，再包住一層鋁箔紙，做為銀質的材料。待筒內放入熱水後測試水溫變化，瓦楞紙為底加銀色材質對保溫效果的影響。

#### (三)泡棉材質和瓦楞紙加在一起

取相同高度、直徑及厚度的透明壓克力管，包覆泡棉後分別再放入不同厚度的瓦楞紙，待筒內放熱水後測試溫度變化，了解泡棉材質和瓦楞紙加在

一起對保溫效果的影響。

#### 四、「生活實際的應用」對保溫效果的研究

生活實際的應用對保溫效果的研究主要在探討:「瓦楞紙盒空間對保溫效果的影響」、「生活上瓦楞紙絕佳應用的保溫效果」等 2 個實驗。

##### (一)瓦楞紙盒空間對保溫效果的影響

取相同高度、直徑及厚度的透明壓克力管，放入相同厚度的紙盒，紙盒與壓克力管的距離有差別，測試若以瓦楞紙製作紙盒，是否需考量空間距離。

##### (二)生活上瓦楞紙絕佳應用的保溫效果

取同高度、直徑、厚度的透明壓克力管，其中二個管子分別瓦楞紙與鋁箔紙不同包覆法，待放入厚瓦楞紙盒內後裝熱水，紀錄 7 小時內每 30 分鐘累計溫差，並與不包覆及不放入盒子做比較，了解生活上瓦楞紙應用的可行性。

### 伍、研究結果

#### 一、「瓦楞紙的材質」對保溫效果的實驗

##### 實驗 1-1、不同厚度瓦楞紙對保溫效果的影響

##### 1.實驗步驟:

- (1)取直徑 5cm 高 20cm 厚 3mm 透明壓克力管加蓋，並包覆長 19cm、高 22cm，厚度分別為 0.8mm(F 楞)、2.4mm (B 楞)、3.6 mm(C 楞)和 5mm(A 楞)的瓦楞紙，並與不包覆瓦楞紙和不加蓋做比較。
- (2)筒內各裝 18 cm 高的上熱開水後，紀錄 70 分鐘內筒內累算水溫變化。
- (3)測量三次求平均值，再以每 5 分鐘累算計溫差填入下表(表 5-1)。

##### 2.實驗結果:

表 5-1 不同厚度瓦楞紙每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

時間	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
不加蓋	10.8	17.3	21.7	26	29.4	31.7	35.7	38.6	40.5	42.5	44.4	46.3	47.9	49.6
加蓋不包覆瓦楞紙	7.4	10.8	14.7	18.2	21.3	24.4	27.3	30.0	32.9	35.1	37.5	39.5	41.5	43.2
加蓋+0.8mm 瓦楞紙	8	11.4	14.4	18.6	21.3	23.5	26.1	28.4	30.9	32.5	34.9	35.9	37.8	39.6
加蓋+2.4mm 瓦楞紙	7.3	11	13.8	16.4	18.7	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35.1	36.4
加蓋+3.6mm 瓦楞紙	7.4	10.8	13.5	16.1	18.5	20.5	22.6	24.3	26.8	28.2	30.1	31.9	33.5	35.2
加蓋+5mm 瓦楞紙	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0

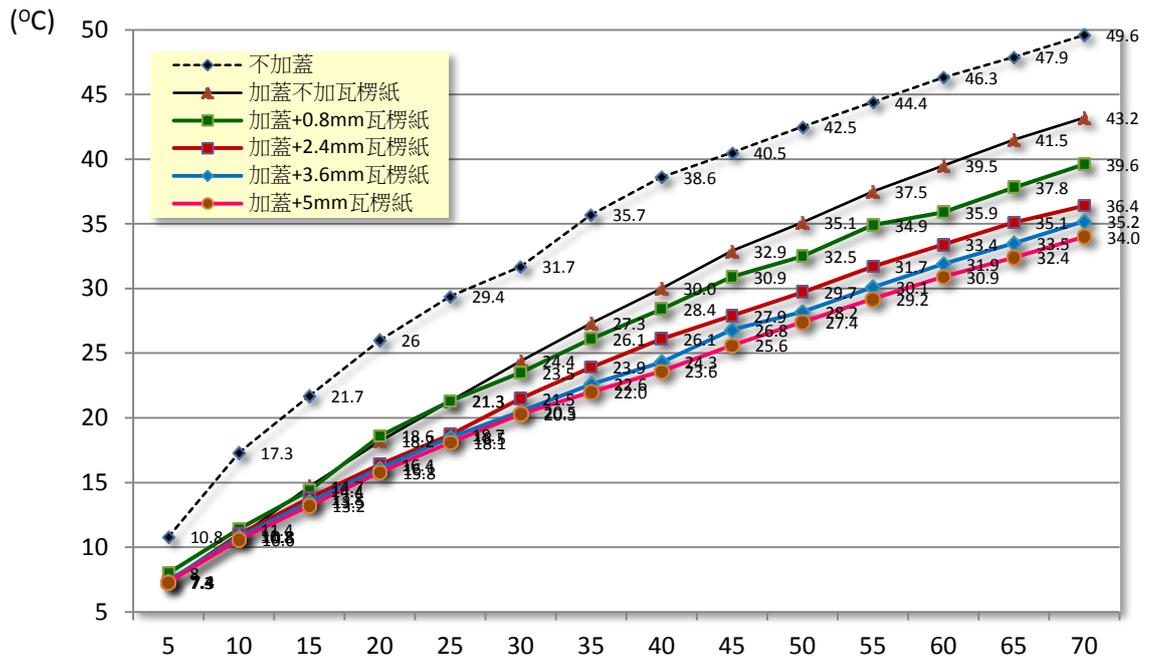


圖 5-1 不同厚度瓦楞紙每 5 分鐘累計溫差折線圖

(分)

## 實驗 1-2、壓扁瓦楞紙對保溫效果的影響

### 1. 實驗步驟：

- (1)取直徑 5cm、高 20cm、厚 3mm 的透明壓克力管 2 個，將長 19cm、高 22cm 厚度分別為 5mm 和 2.4mm 的瓦楞紙壓扁後包覆在壓克力筒上。
- (2)筒內各裝上 18 cm 高的熱開水後，記錄 70 分鐘內筒內水溫的變化。
- (3)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-2)。

### 2. 實驗結果

表 5-2 瓦楞紙壓扁後每 5 分鐘累計溫差紀錄表

(單位:°C)

厚度	方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
5mm	不壓扁	7.3	11	13.8	16.4	18.7	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0
	壓扁	7.9	11.1	14.1	16.9	19.5	21.0	22.9	24.9	26.7	28.5	30.1	31.7	33.3	34.7
2.4mm	不壓扁	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35.1	36.4
	壓扁	6.5	10.9	13.8	16.4	18.8	21.8	24.0	26.2	28.2	30.0	31.8	33.5	35.0	36.5

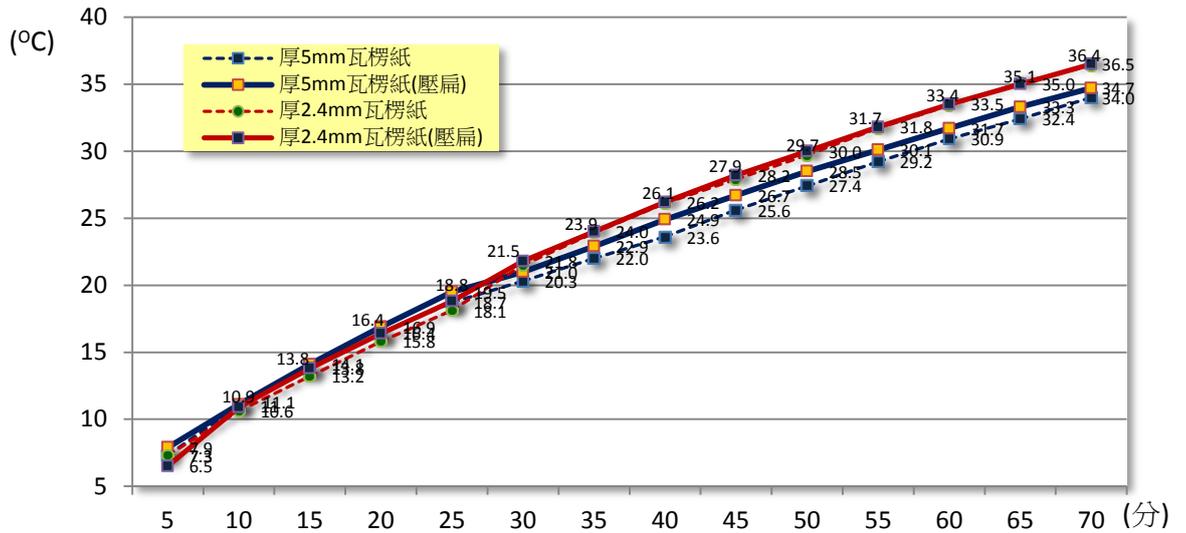


圖 5-2 瓦楞紙壓扁後每 5 分鐘累計溫差折線圖

### 實驗 1-3、瓦楞紙去一層面紙對保溫效果的影響

#### 1. 實驗步驟：

- (1) 取直徑 5cm 高 20cm、厚 3mm 的透明壓克力筒 2 個，將長 19cm、高 22cm，厚度分別 5mm 和 2.4mm 厚的瓦楞紙去一層面紙。
- (2) 分成二批測量溫度變化：第一次將有留面紙的面朝外，第二次將有留面紙的面朝內。
- (3) 筒內均裝上 18 cm 高的熱開水後，記錄 70 分鐘內筒內每 5 分鐘水溫。
- (4) 測量三次後求平均值，並與原厚度未去面紙的瓦楞紙做比較(如表 5-3)。

#### 2. 實驗結果

表 5-3 瓦楞紙去一層面紙後每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

厚度	方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
5mm	不剝皮	4.4	7.7	10.3	12.9	15.2	17.4	19.1	20.7	22.7	24.5	26.3	28.0	29.5	31.1
	外剝皮	4	7.1	9.8	12.5	14.9	17.3	19.5	21.6	23.6	25.4	27.3	28.9	30.6	32.1
	內剝皮	5.6	8.8	11.6	14.1	16.6	18.9	20.7	22.4	24.4	26.3	28.1	29.9	31.5	33.1
2.4mm	不剝皮	7.3	11	13.8	16.4	18.7	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35.1	36.4
	外剝皮	7.2	10	13	15.9	18.5	21.0	23.5	25.7	27.7	29.8	31.7	33.5	35.2	36.7
	內剝皮	9.4	12.2	14.4	17.4	19.6	22.2	24.0	26.2	28.2	29.7	31.3	33.1	34.4	37.0

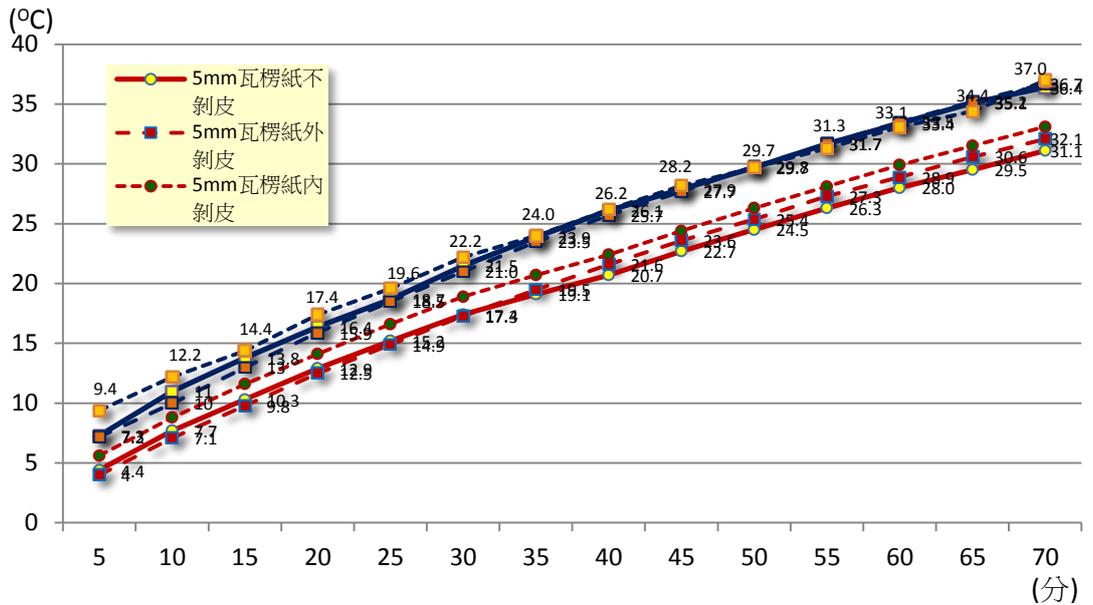


圖 5-3 瓦楞紙去一層面紙後每 5 分鐘累計溫差折線圖

## 實驗 1-4、牛皮紙與瓦楞紙對保溫效果的比較

### 1. 實驗步驟：

- (1)取直徑 5cm、高 20cm、厚 3mm 的透明壓克力筒 2 個，一個用 22cm 牛皮紙繞壓克力管成 2.4mm 厚，另一個以長 19cm 高 22cm 厚 2.4mm 的瓦楞紙包覆壓克力管。
- (2)筒內均裝上 18 cm 高的熱開水後，記錄 70 分鐘內筒內每 5 分鐘水溫變化。
- (3)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-4)。

### 2. 實驗結果

表 5-4 瓦楞紙與牛皮紙每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
瓦楞紙	7.3	11	13.8	16.4	18.7	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35	36.4
牛皮紙	7.3	10.5	13.4	16	18.3	20.6	22.7	24.6	26.5	28.2	29.9	31.6	33	34.5

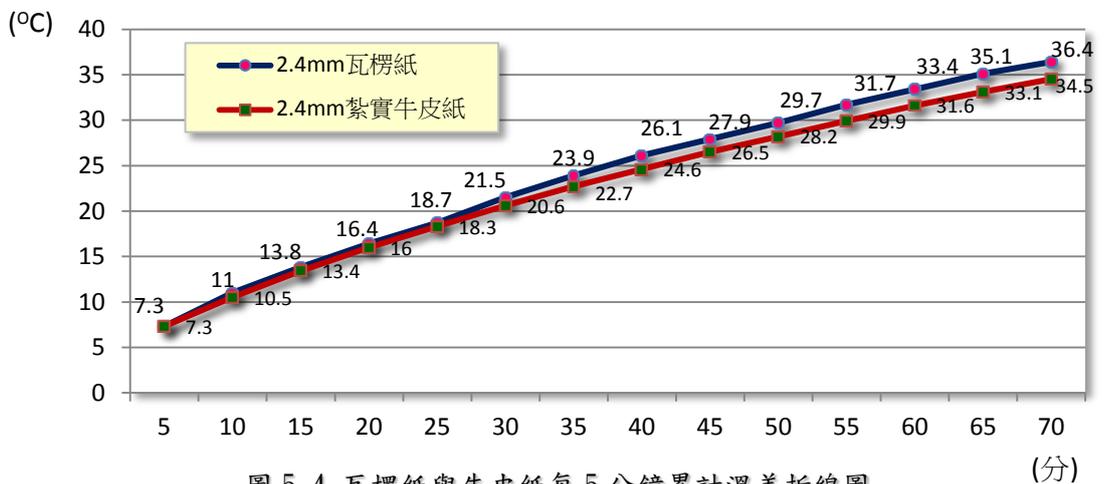


圖 5-4 瓦楞紙與牛皮紙每 5 分鐘累計溫差折線圖

## 實驗 1-5、瓦楞紙芯紙方向對保溫效果的影響

### 1.實驗步驟：

- (1)分別取 5mm 和 2.4mm 的瓦楞紙以橫向的方式(芯紙波浪紋與壓克力筒垂直)分別包覆在直徑 5cm 高、20cm、厚 3mm 的透明壓克力筒上。
- (2)筒內均裝上 18 cm 高的熱開水後，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘水溫變化。
- (3)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-5)。

### 2.實驗結果

表 5-5 瓦楞紙芯紙方向紙每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

厚度	方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
5mm	直式	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0
	橫式	3.9	7.4	9.7	12.4	14.7	17.1	19.1	20.8	22.5	24.7	26.4	28.0	29.4	31.2
2.4mm	直式	7.3	11	13.8	16.3	19.1	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35.1	36.4
	橫式	6.9	10.5	13.6	16.4	19	21.4	23.6	25.9	27.8	30.1	31.7	33.2	34.8	36.3

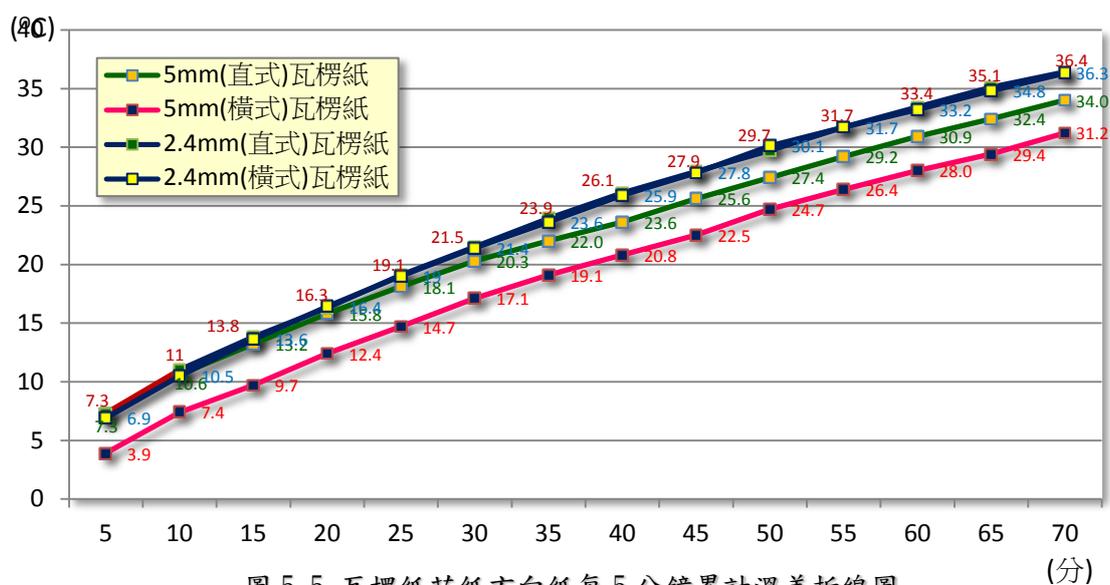


圖 5-5 瓦楞紙芯紙方向紙每 5 分鐘累計溫差折線圖

## 實驗 1-6、芯紙塞住空氣對保溫效果的影响

### 1.實驗步驟：

- (1)取長 19cm、高 22cm 而厚度分別為 5mm 和 2.4mm 的瓦楞紙各一個，在瓦楞紙上有波浪狀的二邊分別用透明膠帶封住，其後分別包覆在高 20cm、厚 3mm、直徑 5cm 的透明壓克力筒上。將
- (2)筒內均裝上 18 cm 高的熱開水後，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘水溫變化。
- (3)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-6)。

### 2.實驗結果

表 5-6 塞住瓦楞紙排孔每 5 分鐘累計溫差紀錄表

(單位:°C)

厚度	方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
5mm	未塞住	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0
	塞住	6.7	9.9	12.7	15.1	17.3	19.4	21.4	23.4	25.2	27.3	29.0	30.2	31.6	33.1
2.4mm	未塞住	7.3	11	13.8	16.4	18.7	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35.1	36.4
	塞住	7.3	10.8	13.7	16.4	18.9	21.3	23.6	25.7	27.6	29.6	31.8	33.4	35.1	36.6

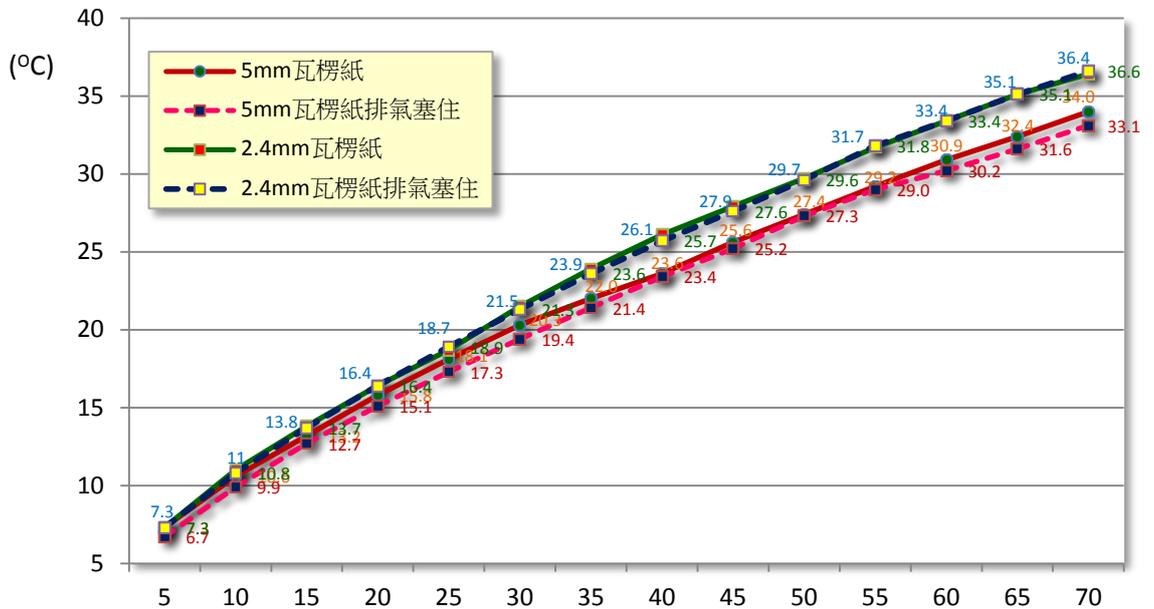


表 5-6 塞住瓦楞紙排孔每 5 分鐘累計溫差折線圖

(分)

### 實驗 1-7、瓦楞紙外部溫度與水溫的比較

#### 1. 實驗步驟：

- (1)將長 19cm、高 22cm 而厚度分別為 5mm 和 2.4mm 的瓦楞紙在有波浪狀的 2 邊分別用透明膠帶封住，其後分別包覆在高 20cm、厚 3mm、直徑 5cm 的透明壓克力管上。
- (2)筒上裝 18 cm 高的熱水後，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘水溫變化。
- (3)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-7)。

#### 2. 實驗結果

表 5-7 瓦楞紙外部溫度與水溫每 5 分溫度記錄表

(單位:°C)

厚度	方式	原始	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
5mm	水溫	91.3	84	80.7	78.1	75.5	73.2	71.0	69.3	67.7	65.7	63.9	62.1	60.4	58.9	57.3
	內芯紙	27.6	50	51.3	53.5	53.2	51.3	51.1	50.0	48.1	48.0	46.8	46.1	44.1	44.1	43.5
	面紙外	25.7	43.5	44.6	44.4	44.3	43.8	44.7	43.0	42.7	43.7	42.1	41.1	39.4	41.0	40.8
2.4mm	水溫	90.5	83.2	79.5	76.7	74.2	71.4	69	66.6	64.4	62.6	60.8	58.8	57.1	55.4	54.1
	內芯紙	25.4	58.5	57.9	57.6	56.7	53.9	53.3	51	50.3	48.8	48.7	46.9	44.7	43.4	44.4
	面紙外	25.7	52.7	52.9	53.5	53.0	50.0	49.8	47.6	47.2	46.1	46.2	44.6	42.1	40.8	41.8

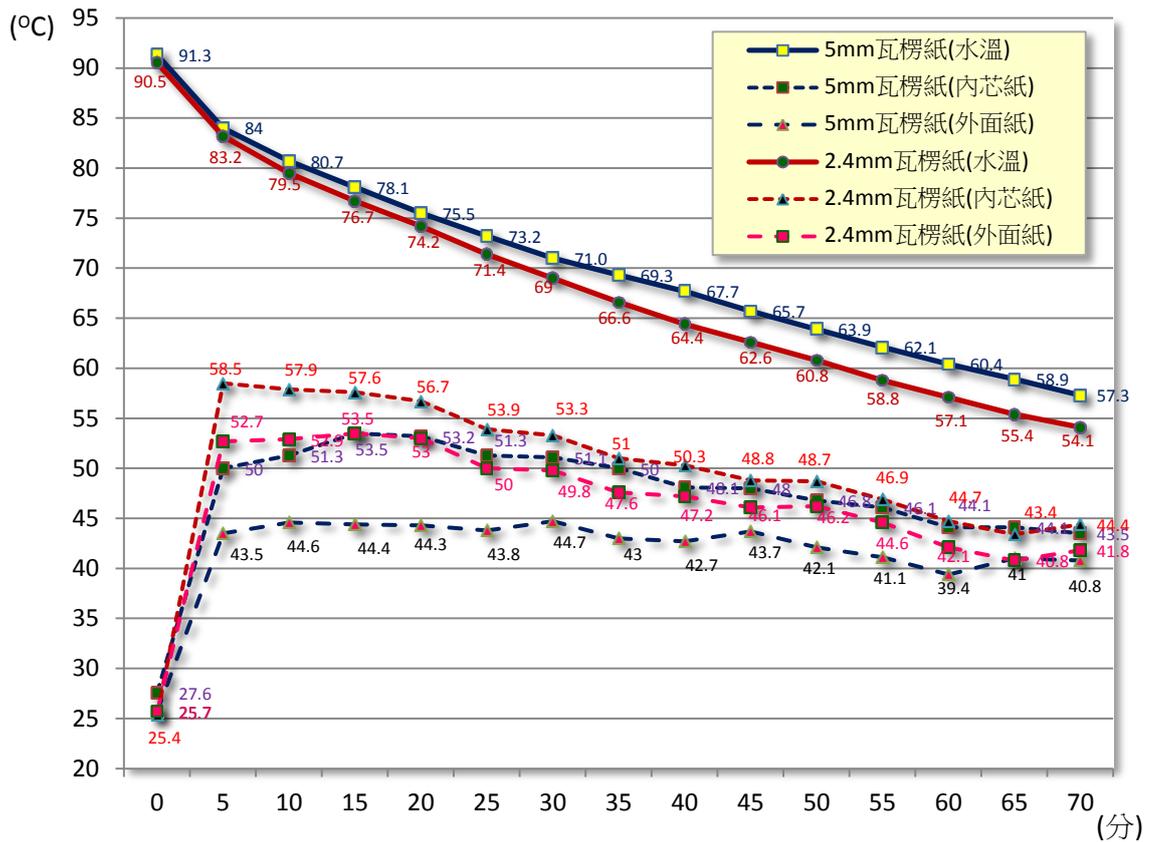


圖 5-7 瓦楞紙外部溫度與水溫每 5 分鐘溫差紀錄表

## 實驗 1-8、瓦楞紙顏色對保溫效果的影響

### 1. 實驗步驟：

- (1) 取長 19cm、高 22cm 的瓦楞紙，顏色分別為銀、白、紅、黃、藍，各分別包覆在高 20cm、厚 3mm、直徑 5cm 的透明壓克力管上。
- (2) 筒內均裝上 18 cm 高的熱開水後，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘水溫變化。
- (3) 測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-8)。

### 2. 實驗結果

表 5-8 不同顏色瓦楞紙對水溫每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

顏色	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
銀色	6.5	9.7	12.5	15.2	17.7	20.2	21.8	23.9	25.9	27.8	29.6	31.4	33	34.5
白色	5.9	9	12.2	15	17.6	20.1	21.9	24	26	27.9	29.7	31.5	33.1	34.7
紅色	7.5	10.8	13.8	16.4	19.1	21.8	24	26.2	28.1	30	31.7	33.4	35	36.5
黃色	6.4	9.8	12.8	15.5	18.1	20.6	22.9	25.1	27.3	30.3	31.2	32.9	34.5	36.1
藍色	7.1	10.8	14	16.7	19.5	22.1	24.3	26.6	28.7	30.5	32.3	34.1	35.8	37.4

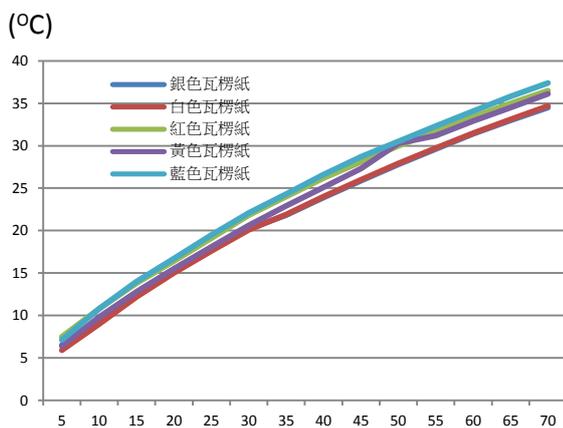


圖 5-8 不同顏色瓦楞紙對水溫每 5 分鐘累計溫差折線圖表

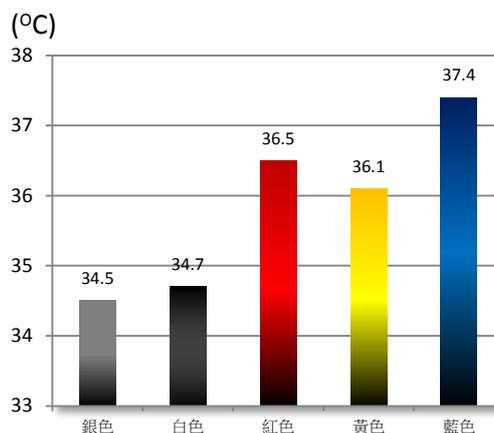


圖 5-9 不同顏色瓦楞紙在 70 分鐘時溫差長條圖

### 實驗 1-9 、AB 瓦楞紙內外對保溫效果的影響

#### 1. 實驗步驟：

- (1)取長 19cm、高 22cm、厚度為 7mm 的 AB 瓦楞紙 2 塊，分別將大波浪在外側、小波浪在內側；以及大波浪在內側、小波浪在外側，各包覆在高 20cm、厚 3mm、直徑 5cm 的透明壓克力管上。
- (2)筒內各裝上 18 cm 高的熱開水後，記錄 70 分鐘內管內水溫的變化。
- (3)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-9)。

#### 2. 實驗結果

表 5-9 AB 瓦楞紙內外每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

顏色	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
5mm 瓦楞紙	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0
5mm 內；2mm 外	8.3	12	15	17.7	20.2	22.5	24.6	26.5	28.3	30.0	31.5	33.0	34.6	35.8
5mm 外；2mm 內	8.5	12.2	15.2	17.9	20.3	22.6	24.7	26.5	28.3	30.0	31.6	33.1	34.5	35.8

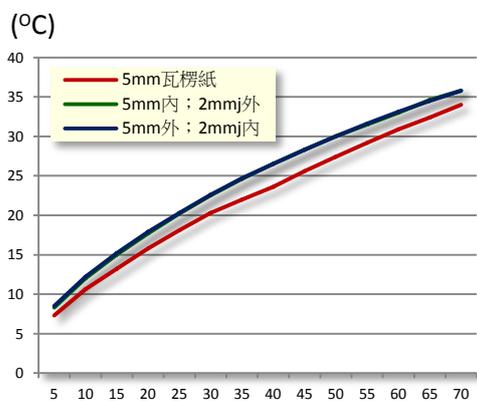


圖 5-10 AB 瓦楞紙內外每 5 分鐘累計溫差折線圖

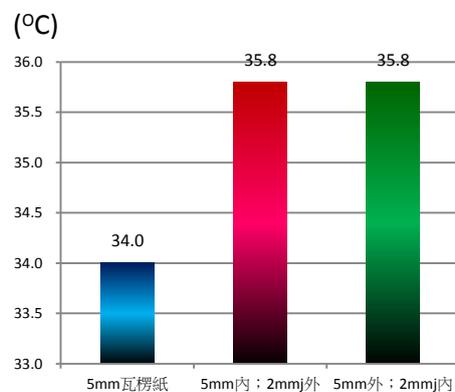


圖 5-11 AB 瓦楞紙內外 70 分鐘後累計溫差長條圖

## 二、「容器的影響」對保溫效果的實驗

### 實驗 2-1、容器高度對保溫效果的影響

#### 1. 實驗步驟：

- (1)取厚度 3mm 直徑 5cm 高度分別為 30、20 及 10cm 的透明壓克力各 1 個。
- (2)取長 19cm、高 22cm、厚度各為 2.4mm 和 5mm 瓦楞紙包覆透明壓克力管。
- (3)管內各裝上 18 cm 高熱開水後，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘筒內水溫變化。
- (4)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-10)。

#### 2. 實驗結果

表 5-10 不同容器高度每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

高度	時間	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
30cm	不加蓋	9.9	15	19.1	23.2	26.7	29.6	32.5	35.1	37.4	40.0	41.7	43.5	45.4	46.8
	加蓋	6.6	10	13.8	18.1	20.6	23.7	26.5	29.3	31.9	34.3	36.5	39.0	40.6	42.3
	加蓋+5mm 瓦楞紙	7.3	10.5	13.3	15.7	18.0	20.1	22.2	23.9	25.9	27.7	29.2	31.0	32.5	33.9
20cm	不加蓋	10.8	17.3	21.7	26	29.4	31.7	35.7	38.6	40.5	42.5	44.4	46.3	47.9	49.6
	加蓋	7.4	10.8	14.7	18.2	21.3	24.4	27.3	30.0	32.9	35.1	37.5	39.5	41.5	43.2
	加蓋+5mm 瓦楞紙	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0
10cm	不加蓋	15.1	21.6	27.7	33	36.6	40.0	42.8	45.0	47.1	48.8	51.0	52.1	53.4	53.6
	加蓋	7.6	12.7	17.1	21	24.4	27.5	30.6	33.6	36.5	39.1	41.4	42.4	45.2	46.9
	加蓋+5mm 瓦楞紙	7.3	11.6	14.9	17.5	20.7	23.2	25.6	27.9	30.0	32.1	34.0	35.8	37.5	39.1

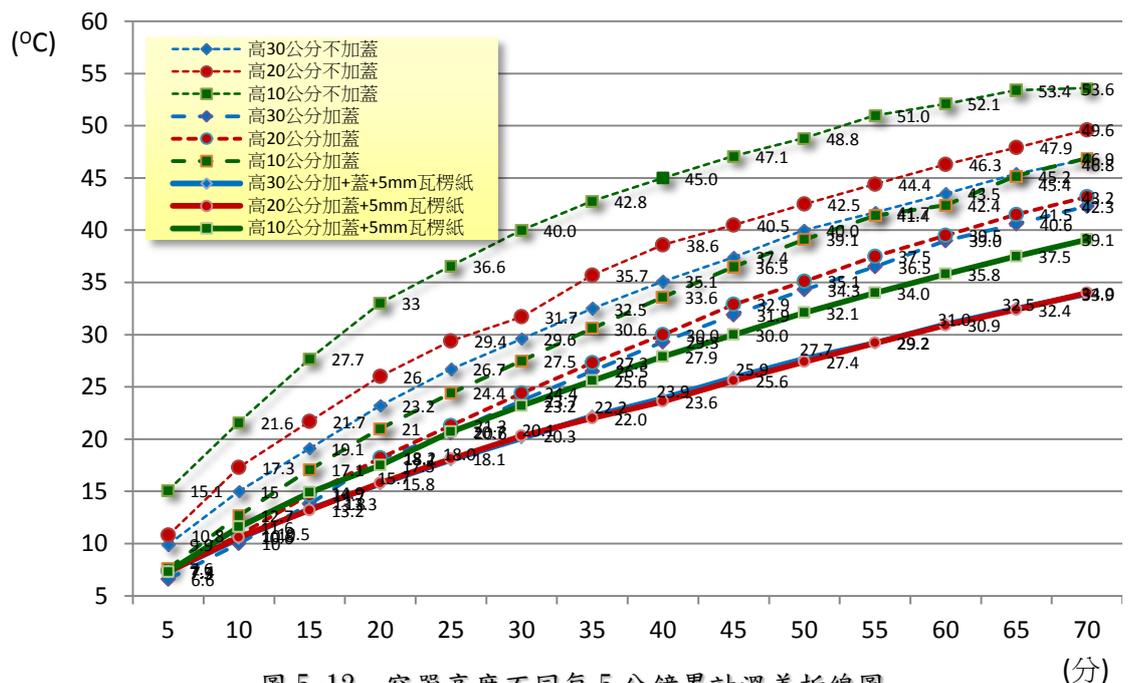


圖 5-12 容器高度不同每 5 分鐘累計溫差折線圖

## 實驗 2-2、容器管徑對保溫效果的影響

### 1. 實驗步驟：

- (1)取厚度 2mm 高度 20cm 直徑分別為 5、4、3cm 透明壓克力管各 1 個。
- (2)用長 19cm、高 22cm、厚度各為 2.4mm 和 5mm 的瓦楞紙包覆透明壓克力管。
- (3)筒內各裝 18 cm 高熱開水後加蓋，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘水溫變化。
- (4)測量 3 次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-11)。

### 2. 實驗結果

表 5-11 不同容器管徑每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
直徑 3cm	9.9	15.5	20.2	24.2	27.6	30.8	33.6	36.1	38.4	40.4	42.5	44.4	46.1	47.7
直徑 4cm	7.3	11.8	15.5	18.8	21.6	24.4	26.9	29.3	31.5	33.5	35.5	37.4	39.1	40.8
直徑 5cm	6	10.1	13.4	15.9	19.2	22.1	24.2	26.4	28.3	30	32.1	33.6	35.2	36.6

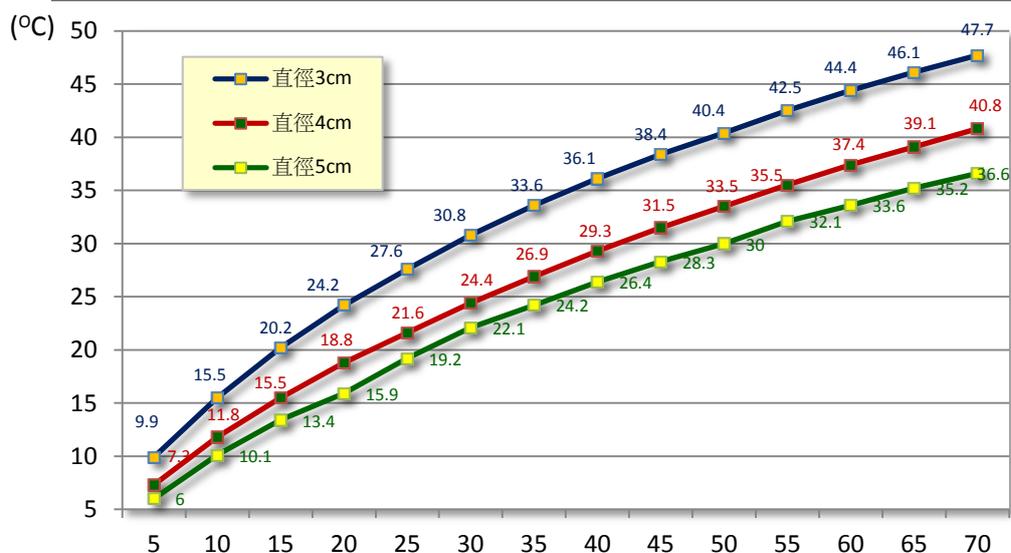


圖 5-13 容器管徑不同每 5 分鐘累計溫差折線圖 (分)

## 實驗 2-3、容器管厚度對保溫效果的影響

### 1. 實驗步驟：

- (1)取高度 20cm 直徑 5cm 而厚度分別為 2、3mm 的透明壓克力管各 1 個。
- (2)用長 19cm、高 22cm、厚度各為 2.4mm 和 5mm 的瓦楞紙包覆透明壓克力管。
- (3)管內各裝 18 cm 高熱開水，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘管內水溫變化。
- (4)測量 3 次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-12)。

## 2.實驗結果

表 5-12 不同容器厚度每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

厚度	時間	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
3mm	無瓦楞紙	7.4	10.8	14.7	18.2	21.3	24.4	27.3	30.0	32.9	35.1	37.5	39.5	41.5	43.2
	5mm 瓦楞紙	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0
2mm	無瓦楞紙	6.3	10.6	14.8	20.1	23.1	26.3	29.1	32.4	34.6	37.3	39.3	41.3	42.9	44.9
	5mm 瓦楞紙	6	10.1	13.4	15.9	19.2	22.1	24.2	26.4	28.3	30.0	32.1	33.6	35.2	36.6

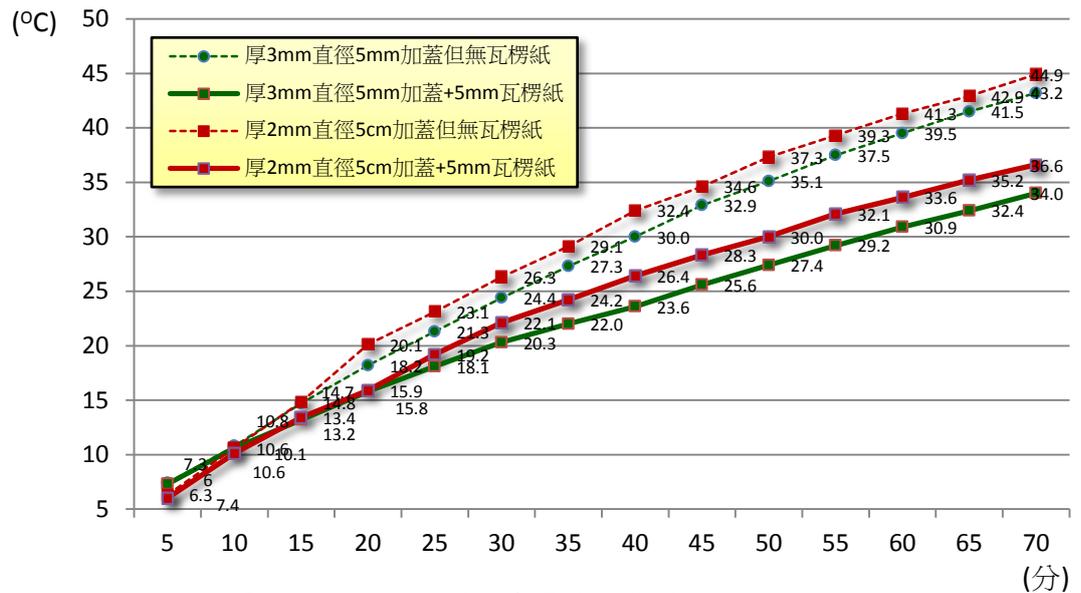


圖 5-14 不同容器厚度每 5 分鐘累計溫差折線圖

### 實驗 2-4、容器水位對保溫效果的影響

#### 1.實驗步驟：

- (1)取高度 20cm 直徑 5cm 厚度 3mm 的透明壓克力管 3 個。
- (2)用長 19cm、高 22cm、厚度各為 2.4 和 5mm 瓦楞紙包覆透明壓克力管。
- (3)筒內裝 6、12 和 18cm 熱開水後，記錄 70 分鐘內每 5 分鐘水溫變化。
- (4)測量 3 次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-13)。

#### 2.實驗結果

表 5-13 容器不同水位每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

時間	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
18cm 水位	4.4	7.7	10.3	12.9	15.2	17.4	19.1	20.7	22.7	24.5	26.3	28.0	29.5	31.1
12cm 水位	11.9	16.8	20.4	23.9	26.8	29.3	31.6	33.6	35.6	37.3	38.9	40.4	41.8	43.2
6cm 水位	14.6	20.5	25.1	28.7	31.7	34.4	36.8	39.0	40.9	42.5	44.2	45.5	46.9	48.2

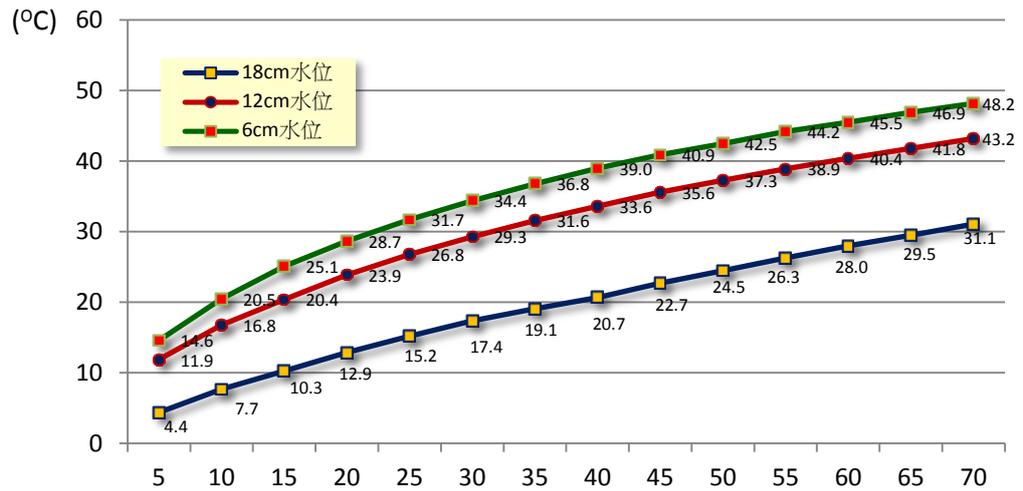


圖 5-15 容器不同水位每 5 分鐘累計溫差折線圖

## 實驗 2-5、容器包覆不足對保溫效果的影響

### 1. 實驗步驟：

- (1) 取高度 20cm 直徑 5cm 厚度 3mm 的透明壓克力筒 3 個。
- (2) 用長 19cm、厚度 2.4mm、高分別為 6cm、12cm、18cm、的瓦楞紙包覆在透明壓克力管。
- (3) 筒內裝上 18 公分的熱開水後，記錄 70 分鐘內筒內每 5 分鐘水溫變化。
- (4) 測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-14)。

### 2. 實驗結果

表 5-14 容器包覆不足每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

包覆高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
包覆 20cm	7.3	11	13.8	16.4	18.7	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35.1	36.4
包覆 15cm	8	12.2	15.7	18.8	21.6	24.2	26.8	29.1	31.2	33.3	35.2	37.1	38.7	40.2
包覆 10cm	7.2	11.8	15.5	18.8	21.8	24.6	27.2	29.7	32	34	36	37.9	39.6	41.2

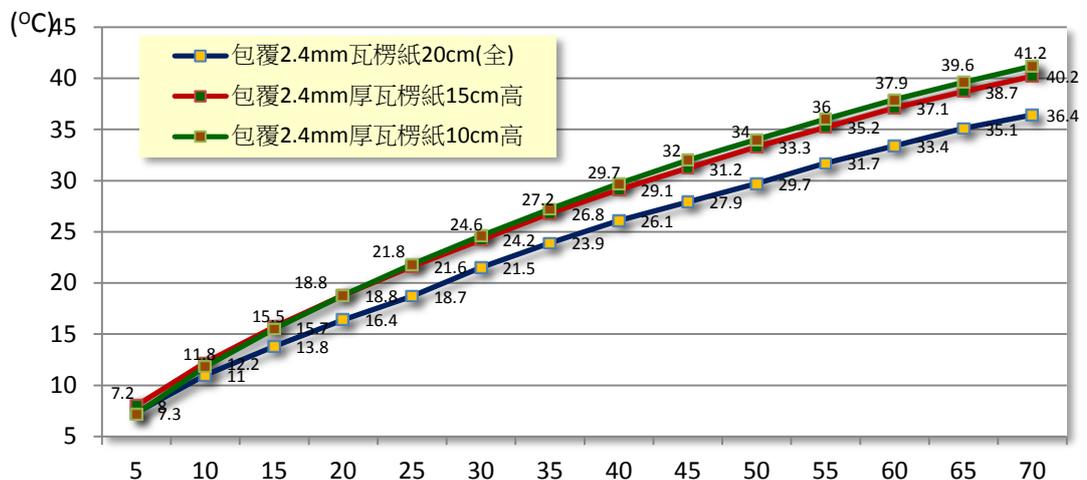


圖 5-16 容器包覆不足每 5 分鐘累計溫差折線圖 (分)

### 三、特殊材質的作用」對保溫效果的實驗

#### 實驗 3-1、銀色材質為底和瓦楞紙對保溫效果的影響

##### 1.實驗步驟：

- (1)取高度 20cm、直徑 5cm、厚度 3mm 透明壓克力管 3 個，各包覆鋁箔紙。
- (2)再用長 19cm、高 22cm、厚度分別為 2.4mm、5mm 瓦楞紙包覆在銀色鋁箔紙上。
- (3)筒內裝上 18 公分熱開水後，記錄 70 分鐘內管內每 5 分鐘水溫變化。
- (4)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-15)。

##### 2.實驗結果

表 5-15 鋁箔紙為底加瓦楞紙每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

包覆高度	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
包覆鋁箔紙	4.8	7.8	10.5	13.3	15.7	18.1	20.2	21.7	23.9	26	28	29.9	31.7	33.3
鋁箔再加 2.4mm 瓦楞紙	5.5	8.5	11.3	13.9	16.5	19	21.3	23.3	25.3	27.1	29	30.6	32.4	33.9
鋁箔再加 5mm 瓦楞紙	4.2	7	9.6	12.2	14.5	16.7	18.8	20.9	22.8	24.6	26.4	28.1	29.6	31.2
2.4mm 瓦楞紙再加鋁箔	7.5	10	12.2	14.3	16.3	18.2	20	21.8	23.4	25	26.6	28	29.2	30.4
5mm 瓦楞紙再加鋁箔	4.2	6.6	8.8	10.8	12.9	14.8	16.6	18.4	20.1	21.7	23.2	24.7	26	27.3

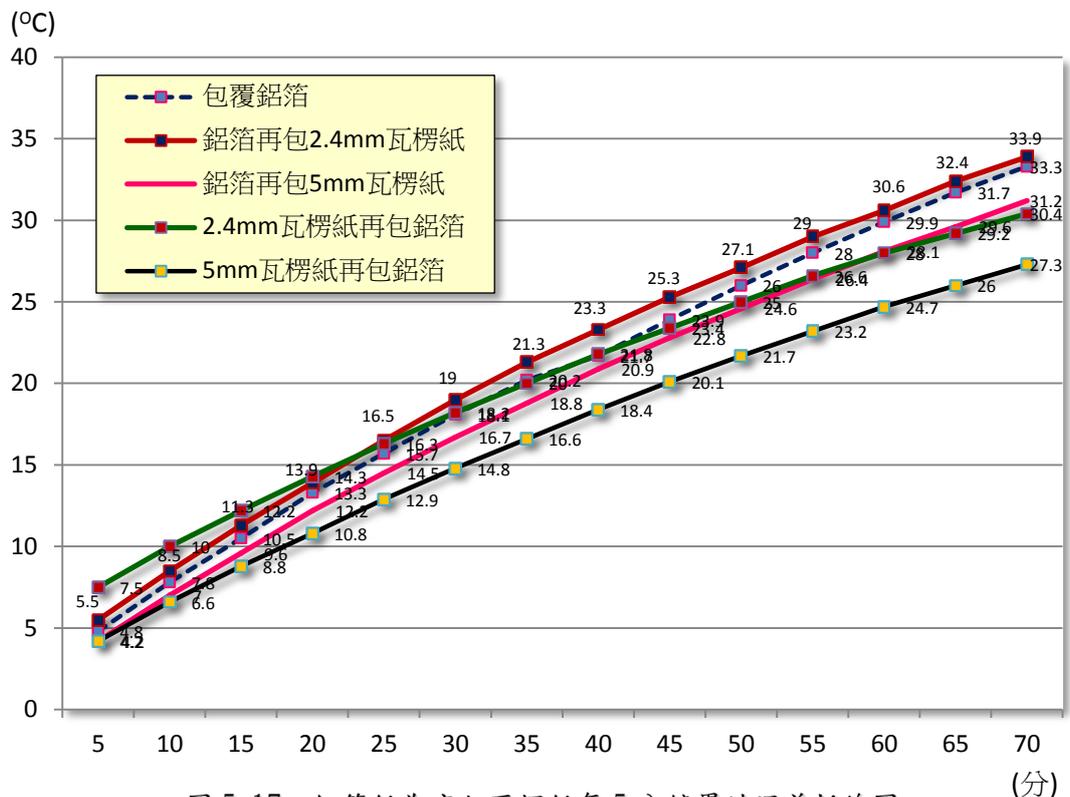


圖 5-17 鋁箔紙為底加瓦楞紙每 5 分鐘累計溫差折線圖

### 實驗 3-2、瓦楞紙為底加銀色材質對保溫效果的影響

#### 1.實驗步驟：

- (1)取高度 20cm、直徑 5cm、厚度 3mm 的透明壓克力管 3 個。
- (2)用長 19cm 高 22cm 厚度分別為 2.4mm、5mm 瓦楞紙包覆在壓克力管上。
- (3)管內裝上 18 公分熱開水後記錄 70 分鐘內管內每 5 分鐘水溫變化。
- (4)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-16)。

#### 2.實驗結果

表 5-16 瓦楞紙為底加鋁箔紙每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
直接包鋁箔紙	4.8	7.8	10.5	13.3	15.7	18.1	20.2	21.7	23.9	26	28	29.9	31.7	33.3	
2.4mm 瓦楞紙	不包鋁箔紙	7.3	11	13.8	16.4	18.7	21.5	23.9	26.1	27.9	29.7	31.7	33.4	35.1	36.4
	包鋁箔紙	7.5	10	12.2	14.3	16.3	18.2	20	21.8	23.4	25	26.6	28	29.2	30.4
5mm 瓦楞紙	不包鋁箔紙	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34
	再包鋁箔紙	4.2	6.6	8.8	10.8	12.9	14.8	16.6	18.4	20.1	21.7	23.2	24.7	26	27.3

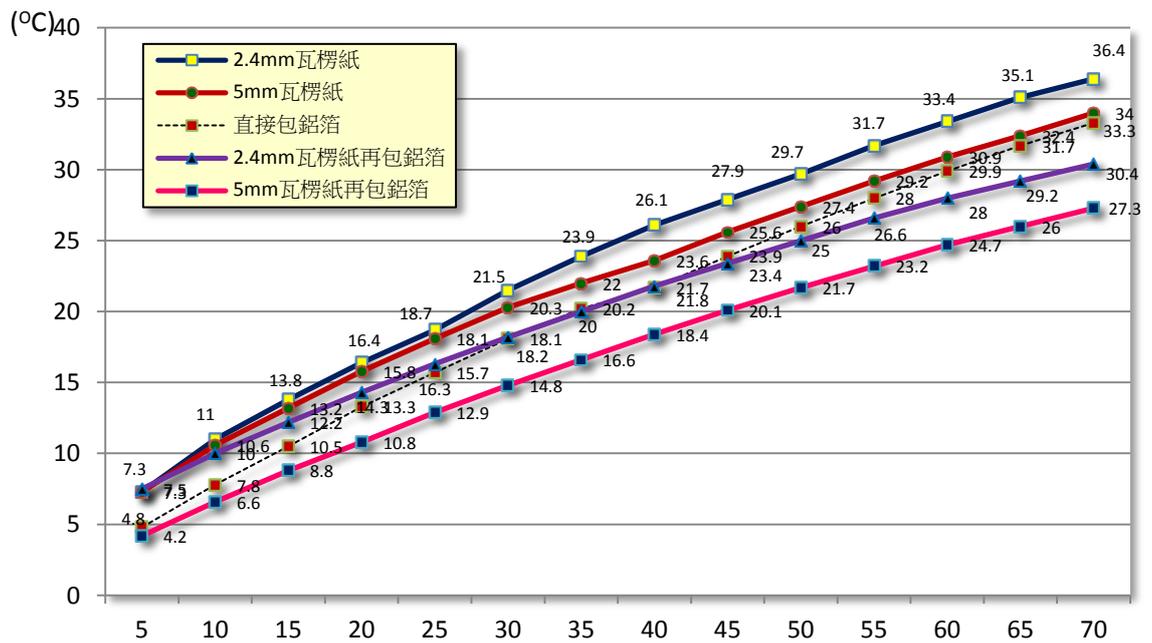


圖 5-18 瓦楞紙為底加鋁箔紙每 5 分鐘累計溫差折線圖 (分)

### 實驗 3-3、泡棉材質和瓦楞紙對保溫效果的影響

#### 1.實驗步驟：

- (1)取高度 20cm、直徑 5cm、厚度 3mm 的透明壓克力管 3 個，各包覆長 19cm、高 22cm 泡棉材料。

- (2)再用長 19cm、高 22cm，厚度分別 2.4mm、5mm 瓦楞紙包覆在泡綿上。
- (3)另一管則將銀色鋁箔紙包覆在泡棉上
- (4)筒內裝上 18 公分的熱開水後，記錄 70 分鐘內管內每五分鐘水溫變化。
- (5)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-17)。

## 2.實驗結果

表 5-17 泡棉材質加瓦楞紙每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

包覆量	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
不包覆	7.4	10.8	14.7	18.2	21.3	24.4	27.3	30.0	32.9	35.1	37.5	39.5	41.5	43.2
包覆泡棉	6.4	10	13.5	16.6	19.4	22.2	24.7	27.0	29.2	31.4	33.3	35.0	36.8	38.3
包覆泡綿 加鋁箔紙	4	6	8.2	10.4	12.4	14.3	16.1	17.8	19.4	21.1	22.8	24.4	25.9	27.2
包覆泡棉 加 2.4mm 瓦楞紙	6.9	10.2	13.1	15.5	17.8	20.0	22.0	24.0	25.9	27.6	29.3	30.9	32.4	33.8
包覆泡棉 加 5mm 瓦 楞紙	7.4	10.4	13	15.4	17.4	19.5	21.4	23.1	24.9	26.5	28.4	29.9	31.4	32.8

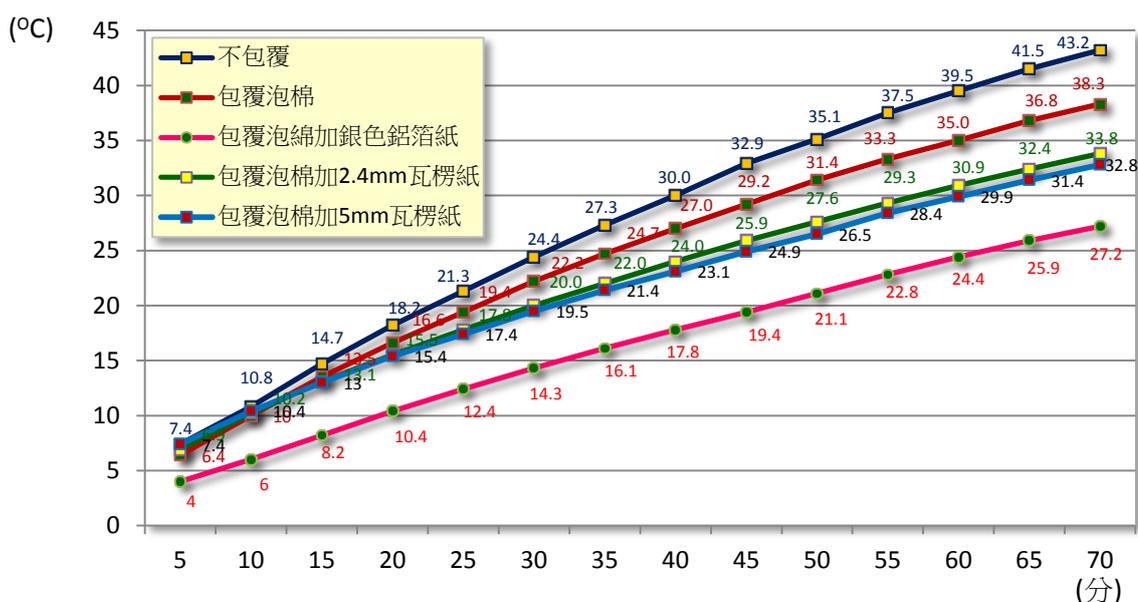


圖 5-19 泡棉材質加瓦楞紙每 5 分鐘累計溫差折線圖

## 四、「生活實際的應用」對保溫效果的實驗

### 實驗 4-1、瓦楞紙盒空間對保溫效果的影響

#### 1.實驗步驟：

- (1)取高度 20cm、直徑 5cm、厚度 3mm 的透明壓克力管 3 個。
- (2)其中二個放入高 22cm 底面積分別為 7cm×7cm、9 cm×9cm 長方柱內。
- (3)另一管則直接在空氣中。

- (4)3 個筒均裝入 18 公分的熱開水後，記錄 70 分鐘內每五分鐘水溫變化。
- (5)測量三次後求平均值，再以每 5 分鐘累計溫差填入下表(表 5-18)。

## 2.實驗結果

表 5-18 瓦楞紙盒空間保溫效果每 5 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

方式	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
包瓦楞紙	7.3	10.6	13.2	15.8	18.1	20.3	22.0	23.6	25.6	27.4	29.2	30.9	32.4	34.0
盒內筒與盒 間隔 1cm	6.8	9.1	11.7	14.1	16.4	18.0	19.9	21.9	23.7	25.5	27.1	28.7	30.3	31.8
盒內筒與盒 間隔 2cm	6.3	9.6	12.4	15	17	19.3	21.5	23.5	25.4	27.2	29.0	30.4	32.2	33.7

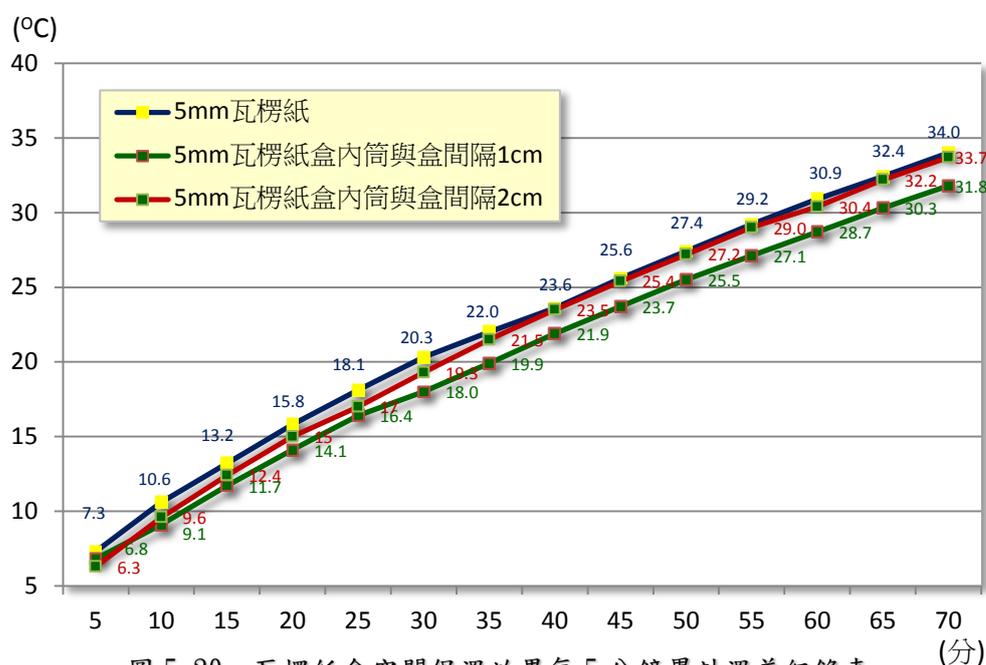


圖 5-20 瓦楞紙盒空間保溫效果每 5 分鐘累計溫差紀錄表

### 實驗 4-2、生活上瓦楞紙絕佳應用的保溫效果

#### 1.實驗步驟：

- (1)取高度 20cm、直徑 5cm、厚度 3mm 的透明壓克力管 3 個。
- (2)其中二個管子準備放入高 22cm 厚 5mm 而底面積分別為 7cm×7cm 的長方柱內。
- (3)一管以 5mm 瓦楞紙外包鋁箔紙，另一管先包鋁箔紙再包 5mm，二管裝熱水後放入盒內；
- (4)另一管不包覆任何物品，直接放在盒外。
- (5)3 個管子均裝入 18 公分的熱開水後，記錄 7 小時內的水溫變化。
- (6)測量三次後求平均值，再以每 30 分鐘累計溫差填入下表(表 5-18)。

## 2.實驗結果

表 5-19 瓦楞紙盒空間保溫效果每 30 分鐘累計溫差紀錄表 (單位:°C)

方式	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420
不包覆	24.4	39.5	48	53.7	57.9	61.3	63.6	65.3	66.3	66.4	66.4	66.5	66.5	66.5
5mm 瓦楞紙 再包鋁箔紙	14.8	24.7	31.4	37.1	42.1	46.3	50.1	52.8	54.9	56.7	58.2	59.5	60.6	61.5
鋁箔紙再包 5mm 瓦楞紙	16.7	28.1	34.6	41.1	46.7	51.4	55.4	58.4	60.8	62.7	64.3	65.7	66.3	66.5

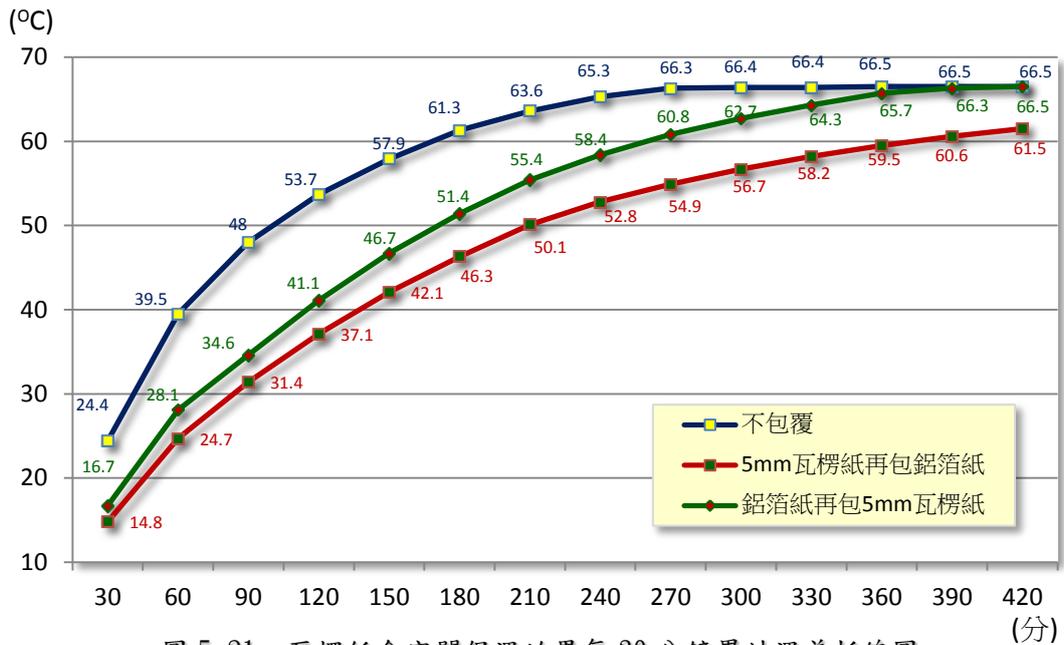


圖 5-21 瓦楞紙盒空間保溫效果每 30 分鐘累計溫差折線圖

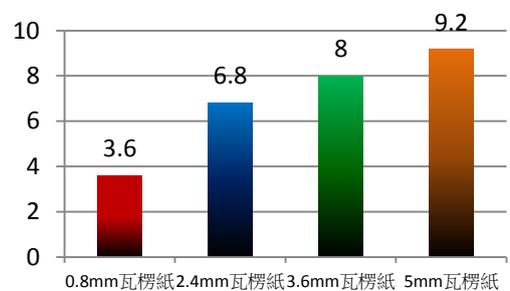
## 陸、討論

### 一、「瓦楞紙的材質」對保溫效果的實驗

#### 實驗 1-1、不同厚度瓦楞紙對保溫效果的影響

1.若加熱水但不加蓋，熱量易以對流方式向周圍空氣逸散。實驗上在 70 分鐘內，加蓋比不加蓋可減少約 6.5°C 的熱量流失。

2.依表 5-1 結果，同樣加蓋後，瓦楞紙厚度越厚，越能減少溫度流失。例如:0.8mm 瓦楞紙僅可減少 3.6 °C 的熱量的流失，但 5mm 瓦楞紙可減少 9.2 °C 的熱量逸散。



3.但瓦楞紙的厚度增加，減少熱量流失的效益是有限。若以減少溫度除以厚度:發現在 70 分鐘內，0.8mm 瓦楞紙為 4.5°C/mm；2.4mm 瓦楞紙為

2.8 °C/mm 瓦楞紙；3.6mm 瓦楞紙為 2.2°C/mm；5mm 為 1.84°C/mm。  
隨後度增加，保溫的熱效益越有限。

### 實驗 1-2、壓扁瓦楞紙對保溫效果的影響

- 1.從表 5-2 發現，原來厚度的瓦楞紙壓扁，對保溫效果不大影響。例如在 70 分鐘後壓扁 2.4mm 瓦楞紙與原來厚度的瓦楞紙是一樣，而壓扁 5mm 瓦楞紙與原來厚度的瓦楞紙保溫效果僅差 0.7 °C，僅比原來 34 °C 略降 2%。
- 2.這二個結果說明，壓扁瓦楞紙中間芯紙，造成芯紙內的空間被破壞，可能會造成空氣不能像原來完整的瓦楞紙一樣，讓熱空氣順利流出。所以，雖然空間減少，但因破壞空間的完整性，反而有助於瓦楞紙的保溫效果。所以是否有壓扁瓦楞紙，具有大約一樣的保溫效果。

### 實驗 1-3、瓦楞紙去一層面紙對保溫效果的影響

- 1.從表 5-3 得知，保溫效果來說:不剝面紙>面紙在內(面紙與管接觸)>面紙在外(面紙與空氣接觸)。
- 2.但整體來說，少了一層面紙，保溫的效益並非減少一半，反而僅減少一少部分。例如在 70 分鐘時，2.4mm 瓦楞紙外無面紙的溫度流失是原來 36.4 °C 的 1%(0.3°C)、內無面紙的溫度流失是原來的 2%(0.6°C)；而 5mm 瓦楞紙的溫度流失是原來 31.1 °C 的 3%(1°C)、內無面紙的溫度流失是原來的 2%(2°C)。

### 實驗 1-4、牛皮紙與瓦楞紙對保溫效果的比較

- 1.在網紮牛皮紙的紙質是以書局所販售薄的牛皮紙，割成與管同高 22 公分，在纏繞壓克力管 25 圈的厚度，接近與 2.4mm 瓦楞紙同厚度。
- 2.從表 5-4 得知，瓦楞紙在 70 分鐘內溫度流失比牛皮紙多 1.9°C。這可能牛皮紙在纏繞 25 圈時並非非常紮實，而是也有保留一些空氣，就相當具有保留溫度的功能，紮實牛皮紙的保溫功能就不輸瓦楞紙。

### 實驗 1-5、瓦楞紙芯紙方向對保溫效果的影響

- 1.從表 5-5 得知，在 2.4mm 瓦楞紙以直、橫方式包覆壓克力筒溫水時，在 70 分鐘的溫差是幾乎一樣，僅相差 0.1 °C。
- 2.在 5mm 瓦楞紙直、橫方式包覆壓克力筒的溫水時，在 70 分鐘的溫差是

倒有較明顯的溫差，相差 2.8 °C，橫式包覆的方式較好。

3.5mm 瓦楞紙橫向包覆壓克力筒的方式較直式減少 8%，可能直式方式的芯紙因上下排列，空氣受熱後易從芯紙上方逸散；橫式因繞一圈，造成芯紙的開口被封住，空氣被鎖在瓦楞紙內，空氣不易流通逸散。所以橫式比直式包覆較具有保溫效果。

#### 實驗 1-6、芯紙塞住空氣對保溫效果的影響

1. 從表 5-6 得知，2.4mm 瓦楞紙不管是否有塞住芯紙的空氣孔，保溫效果居乎相等，70 分鐘僅相差 0.2 °C，佔原來溫差的 1%。
2. 2.5mm 瓦楞紙不管是否有塞住芯紙的空氣孔，保溫效果稍有差異，70 分鐘僅相差僅少於原來溫差的 2%。
3. 可見瓦楞紙中間的芯紙排孔是否有刻意塞住，對原來沒有塞住時的保溫效果，差異不大。

#### 實驗 1-7、瓦楞紙外部溫度與水溫的比較

1. 從表 5-7 得知，5mm 瓦楞紙內壓克力管的水溫和瓦楞紙面紙外部的溫度最開始相差 65.6 °C，但在五分鐘內迅速下降至 40.5 °C。2.4mm 瓦楞紙內壓克力管的水溫和瓦楞紙面紙外部的溫度最開始相差 64.8 °C，但在五分鐘內迅速下降至 30.5 °C。越厚的瓦楞紙，水溫與外部溫差越大。（如下表 6-1）

表 6-1 不同厚度瓦楞紙管內水溫與內部溫差每 5 分溫度記錄表 (單位:°C)

厚度	方式	原始	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
5mm	面紙外	65.6	40.5	36.1	33.7	31.2	29.4	26.3	26.3	25	22	21.8	21	21	17.9	16.5
	內芯紙	63.7	34	29.4	24.6	22.3	21.9	19.9	19.3	19.6	17.7	17.1	16	16	14.8	13.8
2.4mm	面紙外	64.8	30.5	26.6	23.2	21.2	21.4	19.2	19	17.2	16.5	14.6	14.2	15	14.6	12.3
	內芯紙	65.1	24.7	21.6	19.1	17.5	17.5	15.7	15.6	14.1	13.8	12.1	11.9	12	12	9.7

2. 從表 6-1 得知，15 分鐘後每五分鐘溫差僅 1~2 度，但較不穩度。可能和瓦楞紙外部已傳導到熱度，但容易和冷空氣接觸而降低溫度。
3. 隨管內溫度的減少，瓦楞紙外部的溫度也從較高的溫度遞減。如 5mm 瓦楞紙的芯紙由第 5 分鐘的 50 °C 遞減到 70 分鐘的 43.5 °C，溫差僅 6.5 °C；5mm 瓦楞紙的面紙外部溫度由第 5 分鐘的 43.5 °C 遞減到 70 分鐘的 40.8 °C，溫差僅 2.7 °C；2.4 mm 瓦楞紙的面紙外部溫度由第 5 分鐘的 58.5 °C 遞減到 70 分鐘的 44.4 °C，溫差僅 14.1 °C；2.4mm 瓦楞紙的面紙外部溫度由第 5 分鐘的 52.7 °C 遞減到 70 分鐘的 41.8 °C，溫差僅

10.9°C。表示瓦楞紙越厚，紙質的溫度變化反而較小。

### 實驗 1-8、瓦楞紙顏色對保溫效果的影響

- 1.從圖 5-8 得知，顏色對保溫的影響不大。依表 5-8 的 70 分鐘內的溫差分析，紅、黃、藍的溫差較接近；銀色和白色較接近。
- 2.從圖 5-9 得知，銀色和白色保溫效果高於紅、黃、藍色。依 70 分鐘的統計分析排序保溫效果:銀>白>黃>紅>藍。
- 3.銀色可能較能減少輻射，在 70 分鐘內比藍色減少 8%的溫度流失，白色保溫效果次於銀色，但比銀色的保溫效果僅多 1%，但優於藍色 7%。

### 實驗 1-9、AB 瓦楞紙內外對保溫效果的影響

- 1.從表 5-9 得知，AB 瓦楞紙(7mm)並沒有比 A 楞瓦楞紙有更加的保溫效果，反而增加 5%的溫度流失。
- 2.以 AB 瓦楞紙(7mm)做保溫材料，不管以 A 楞(較厚)或 B 楞(較薄)接觸壓克力管，保溫效果均相同。
- 3.從圖 5-11 得知，以雙層作為保溫材料並不會有更好的保溫效果。可能因為更厚需要傳導的方式更多，反而降低利用空氣的傳導性差來做保溫。

### 實驗 2-1、容器高度對保溫效果的影響

- 1.從表 5-10 得知，在 70 分鐘內同厚度的壓克力管不管是否加蓋或是否加瓦楞紙，10cm 高管子的溫度流失是最大，20cm 次之、30cm 較少。
- 2.10cm 高在 70 分鐘時，不管事不加蓋、有加蓋子或加蓋子再加 5mm 瓦楞紙做保溫，其溫差均比高度 30cm 的管子多了 15%的溫度流失。
- 3.實驗表示容器較高，若再加上有包覆瓦楞紙，更有利於保溫效果。

### 實驗 2-2、容器管徑對保溫效果的影響

- 1.從表 5-11 得知，在 70 分鐘內在同高度和同厚度的情況下，管徑 5cm 的保溫效果比管徑 4cm 多 12.6%、比管徑 3cm 多 30%。
- 2.從圖 5-13 得知，管徑大小的保溫效果為管徑 5cm>4cm>3cm。雖在同高度下，管徑 3cm 的體積為管徑 5cm 的 36%、管徑 4cm 的體積為管徑 5cm 的 64%，但溫度流失並不隨體積的比例而增加。

### 實驗 2-3、容器管厚度對保溫效果的影響

- 1.從表 5-12 得知，70 分鐘內，壓克力管越薄溫度流失較多。如未包覆瓦

- 楞紙時，厚度 2mm 比 3mm 多了 4%(1.7 °C)的溫度流失；若再包覆 5mm 厚度的瓦楞紙時，管子厚度 2mm 比 3mm 多了 8%(2.6 °C)的溫度流失。
- 2.從圖 5-14 得知，管厚對初期的的保溫較不利。如最先前 5 分鐘內，管厚 2mm 的溫度流失僅 6 °C 或 6.3°C，但管厚 3mm 的溫度流失為 7.3 °C 及 7.4°C。管厚 3mm 的溫度流失的比例是 2mm 的 22%。可能越厚越容易在初期受傳導因素的影響，溫度流失較快。

#### **實驗 2-4、容器水位對保溫效果的影響**

- 1.從表 5-13 得知，同厚度同管徑但裝的水位不同，保溫效果差異較大。在 70 分鐘內，管內 6cm 高的水位比 18cm 高的水位多流失了 55%(17.1°C) 管內 12cm 高的水位比 18cm 多流失了 40%(12.1°C)。
- 2.從圖 5-15 得知，同厚度同管徑但裝熱水的水位不同，保溫效果為 18cm > 12cm > 6cm。
- 3.可能管內水位高，所裝的熱水較多，熱量較多，會造成溫度流失的速度變慢。

#### **實驗 2-5、容器包覆不足對保溫效果的影響**

- 1.從表 5-14 得知，壓克力管在同高度同厚度同水位時，因 2.4mm 厚度瓦楞紙的包覆量不足，溫差會加劇。如以 70 分鐘來說，15cm 為 20cm 的四分之三倍的包覆量，溫度流失多了 10.4%(3.8°C)；10cm 為 20cm 的二分之一倍的包覆量，溫度流失多了 13.2%(4.8 °C)
- 2.包覆量不族不會因與原來面積的比例而等比例的溫度流失。可能部分熱量不是透過傳導方式進行，可能是透過輻射方式進行。輻射方式讓熱量流失，並不受制於瓦楞紙張的面積或材質，可能部分是以整個管子的面積。
- 3.從實驗得知，包覆量的不足而造成壓克力管直接與空氣接觸，並不是唯一造成溫度流失的管道，也不會以窠空的比例而成等比例造成溫度流失，而是有其它讓熱量流失的方式。

#### **實驗 3-1、銀色材質為底和瓦楞紙對保溫效果的影響**

- 1.從表 5-15 得知，壓克力管包鋁箔在 70 分鐘內溫差為 33.4°C，包覆 5mm 厚瓦楞紙的溫差為 34 °C，包鋁箔紙比瓦楞紙有較好的保溫效果。
- 2.在 70 分鐘內不管先包瓦楞紙再包鋁箔紙，或先包鋁箔紙再加瓦楞紙的方式，都優於只有鋁箔紙或只有 5mm 厚的瓦楞紙。

- 3.若瓦楞紙和鋁箔紙一起包覆，先包 5mm 厚的瓦楞紙再包鋁箔紙比僅只有包覆鋁箔紙的溫度流失可減少 18%(6 °C)。
- 4.若瓦楞紙和鋁箔紙一起包覆，先包鋁箔紙再加 5mm 厚的瓦楞紙的方式比僅只有包覆鋁箔紙的溫度流失可減少 6%(2.1 °C)。
- 5.先包覆 5mm 厚瓦楞紙再包鋁箔紙優於先包鋁箔紙再加 5mm 厚的瓦楞紙的方式，從實驗可知道能降低 12%的熱量流失。

### **實驗 3-2、瓦楞紙為底加銀色材質對保溫效果的影響**

- 1.從表 5-16 得知，2.4mm 厚的瓦楞紙包鋁箔紙比未包覆鋁箔紙在 70 分鐘可減少 20%(6 °C)的溫度流失。
2. 5mm 厚的瓦楞紙包鋁箔紙比未包覆鋁箔紙在 70 分鐘可減少 21%(5.7 °C)的溫度流失。
- 3.不管瓦楞紙的厚度，只要先包覆瓦楞紙再包鋁箔紙，均可減少溫度流失約 20%以上。

### **實驗 3-3、泡棉材質和瓦楞紙對保溫效果的影響**

- 1.從表 5-17 得知，包覆泡棉比未包覆時可降低溫度流失 13%(4.9 °C)，若泡棉加鋁箔紙可比未包覆泡棉時多了 60%(16 °C)的溫度流失。
- 2.以作為保溫材料而言。瓦楞紙加上泡綿紙比直接包覆泡棉，增加 16.8%(5.5 °C)的溫度流失量，但比不上泡棉加上鋁箔紙。但以環保概念，泡棉加鋁箔紙的溫差與 5mm 瓦楞紙加鋁箔紙的溫差都是 27.7 °C，優於其他各種包覆法，且又環保。

### **實驗 4-1、瓦楞紙盒空間對保溫效果的影響**

1. 從表 5-18 得知，直接將瓦楞紙包覆在裝有熱水的筒子的保溫效果比不上筒子離瓦楞紙有一段距離，可能空氣層更厚，有利保溫。
2. 若以盒子保溫效果而言，並非裝有熱水的筒子離盒子的距離越大越好，反而離 2cm 比離盒子 1cm 的包溫效果降低，反而減少 6%(1.9 °C)的溫度流失量。
3. 從圖 5-20 得知，在 70 分鐘內的保溫效果: 離盒子 1cm>離盒子 2cm>直接包覆在壓克力管子上。

### **實驗 4-2、生活上瓦楞紙絕佳應用的保溫效果**

- 1.從表 5-18 得知，不包覆任何材料時，在約二個半小時可讓筒內的熱水已

接近常溫，但有特別加入鋁箔紙和瓦楞紙後再放入盒子中，在七小時的時後仍未達到常溫。

2.從圖 5-21 得知，先包 5mm 瓦楞紙再包鋁箔紙後放入紙盒中的方式，在七小時後仍未達常溫，也比先包包鋁箔紙後再包 5mm 瓦楞紙後再放入紙盒中的方式好。

## 柒、結論

### 一、「瓦楞紙的材質」對保溫效果的實驗

- 1.瓦楞紙厚度越厚，對保溫效果越好，能減少溫度的流失。但隨著厚度的增加，單位厚度的熱量流失效益降低。
- 2.原來厚度的瓦楞紙壓扁，對保溫效果影響不大。壓扁可能會造成空氣不能像原來完整的瓦楞紙一樣，讓熱空氣順利流出，有助於瓦楞紙的保溫效果。
- 3.保溫效果來說:不剝面紙>面紙在內(面紙與管接觸)>面紙在外(面紙與空氣接觸)。
- 4.牛皮紙在纏繞在管子上，因纏繞上會有保留一些空氣，相當具有保留溫度的功能，使得紮實牛皮紙的保溫功能不輸瓦楞紙。
- 5.瓦楞紙以直、橫方式包覆壓克力筒內溫水時，造成得溫差是幾乎一樣 C。
- 6.瓦楞紙中間的芯紙排孔是否有刻意塞住，對原來沒有塞住時的保溫效果，差異不大。
- 7.越厚的瓦楞紙，初期水溫與瓦楞紙外部的溫差就越大。待 15 分鐘後每五分鐘溫差僅 1~2 度，但較不穩度。
- 8.瓦楞紙的顏色對保溫的影響不大，保溫效果:銀>白>黃>紅>藍，可能銀色較能減少輻射，而白色僅乎與銀色的包溫效果非常接近。
- 9.以 AB 瓦楞紙(7mm)做保溫材料，不管以 A 楞(較厚)或 B 楞(較薄)接觸壓克力管，保溫效果均相同。

### 二、「容器的影響」對保溫效果的實驗

- 1.管子越短，溫度的流失越大。也就是說容器較高，若再加上有包覆瓦楞紙，更有利於保溫效果。
- 2.在同高度厚度情況下，管徑越大小越有利保溫效果，實驗上保溫效果為管徑 5cm>4cm>3cm，但溫度流失並不隨體積的比例而增加。
- 3.壓克力管越薄，溫度流失較多。但管厚對初期的保溫效果較不利。可能越厚越

容易在初期受傳導因素的影響，溫度流失較快。

- 4.同厚度同管徑但裝的水位不同，保溫效果差異較大。管內水位高，所裝的熱水較多，熱量較多，會造成溫度流失的速度會變慢。
- 5.壓克力管在同高度同厚度同水位，因包覆量不足，溫差會加劇。但包覆量不族不會因與原來面積的比例而等比例的溫度流失。

### 三、特殊材質的作用」對保溫效果的實驗

- 1.包鋁箔紙比瓦楞紙有較好的保溫效果，若二者在一起，先包覆 5mm 厚瓦楞紙再包鋁箔紙比先包鋁箔紙再加 5mm 厚瓦楞紙的方式，有更好的保溫效果。
- 2.不管瓦楞紙的厚度，只要先包覆瓦楞紙再包鋁箔紙，均可大大減少溫度流失。
- 3.瓦楞紙加上泡綿紙比不上泡棉加上鋁箔紙，泡棉加鋁箔紙的溫差與 5mm 瓦楞紙加鋁箔紙的溫差幾乎相同。若以環保概念而言，5mm 瓦楞紙代替泡棉再加上鋁箔紙作為保溫材料，是一種非常環保的保溫方式。

### 四、「生活實際的應用」對保溫效果的實驗

- 1.直接將瓦楞紙包覆在裝有熱水的筒子的保溫效果比不上筒子離瓦楞紙有一段距離，可能空氣層更厚，若以盒子保溫效果而言離盒子 1cm>離盒子 2cm>直接包覆在壓克力管子上。
- 2.不包覆任何材料時，在約二個半小時可讓筒內的熱水已接近常溫，但有特別加入鋁箔紙和瓦楞紙後再放入盒子中，在七小時的時後仍未達到常溫。尤其先包 5mm 瓦楞紙再包鋁箔紙後放入紙盒中的方式，在七小時後仍未達常溫，是非常好的保溫方式。

### 捌、建議

- 1.牛皮紙在纏繞在管子上，本會因熱因傳導而減少溫度，但實驗上因纏繞時無法非常紮緊，反而會造成保留一些空氣，使得具有保留溫度的功能，讓紮實牛皮紙的保溫功能不輸瓦楞紙。若實驗用更厚的牛皮紙，相信保溫的功能就可能比瓦楞紙差，因為傳導可能越多，而保留溫度的空氣成分越少。不過這需待有更多的時間在進一步做實驗驗證。
- 2.在尋求以環保的保材料，本實驗是一種不錯的選擇。並經過實驗，將需要保溫的物品用瓦楞紙包住，再包住鋁箔紙，較有保溫效果。打破市售保溫材料，為方便清洗，先將保溫物品放在鋁箔材質上，再加上泡綿材料。這方式會稍微降低保溫效果。