

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

第二名

030822

省錢！再省錢！螺旋燈管散熱之研究

學校名稱：桃園縣立楊光國民中(小)學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 國二 盧偉承 國二 黃姿涵 國二 賴佳慧 | 指導老師： 張聰陽 彭淑媛 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：光衰、螺形導熱片、散熱風扇

省錢！再省錢！螺旋燈管散熱之研究

摘要

常溫下正常使用的螺旋省電燈管平均壽命與包裝上的有一段落差，玻璃罩罩住的平均壽命也比常溫下的少很多。研究結果顯示燈管的螺旋內部平均溫度偏高，且與螺旋外 0.50 公分的溫差頗大；而燈管於溫度長期過高的環境或因螺旋內外溫差過高，燈管承受不住而破裂壞掉，為平衡螺旋內外溫度，使用最佳的 2 個螺旋節導熱片來調節溫度平衡，在封閉的實驗環境中，可將對流速率增加 43%；此導熱片適用於正立的螺旋燈管，而倒立的螺旋燈管則可用小型的散熱風扇，兩者皆可將溫度控制在 35°C 以下，有效改善過熱及溫差過大的問題。

壹、研究動機

某天，我寫功課時，突然發現頭頂上有一個螺旋省電燈管變得比其它的燈管暗，好像快壞的樣子，過了幾天，果真不出所料，它壞了！可是它不是幾個月前才剛裝上去的嗎？怎麼這樣就壞了？這壞的頻率也太高了吧！省電燈不是都很長壽嗎？是燈管自己自然壞掉，還是品質本來就不好？於是我們為了找出螺旋燈管壞掉的原因，設計實驗，探討問題所在，並研究如何改善問題，延長它們的壽命。

貳、研究目的

- 一、探討螺旋燈管壽命與光衰的相互成因
- 二、探討溫度與螺旋燈管的關係變化
- 三、探討提高螺旋燈管壽命的方法

參、研究設備及器材

螺旋省電燈泡、黑色箱子、照度計、碼表、燈座、圓形玻璃缸、測溫槍、烤箱、水銀溫度計、塑形銅片、圓形淺盤、線香、焊接器材、5V 小型風扇

肆、研究過程或方法

近年來 LED 開始發展，但是礙於成本高、單價高，而且在高光度下效率較低、光源面積較小、分佈集中，在日常生活中至今還未能全面普及，所以由價格較低、較普及、在高光度下效率較高、光源面積較大的螺旋省電燈管著手研究。

一、螺旋燈管壽命與光衰，探討光衰與壽命之關係

電子式省電燈管都會有光衰現象，照度會隨使用的時間越來越小，所以我們將全新的螺旋燈管在常溫下實驗，一直不間斷的開著燈，直到壞掉為止；並在開燈測量壽命實驗中測量照度，得知螺旋省電燈管的平均壽命與光衰程度，再進一步得知燈管壽命與光衰程度的關係。

(一)、使用固定時間螺旋燈管開燈時照度與時間的變化

【過程】

- 1.將使用過的螺旋燈管以 30 天測量一次照度。
- 2.旋上並用測量照度的自製箱子蓋住。
- 3.開燈測量照度時，每 50 秒為單位紀錄，將紀錄到的照度平均，如下圖示意：

表 4-1-1 全新與使用 30 天螺旋燈管照度的平均變化

| 全新開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 688.5 | 1012.5 | 1167 | 1218.5 | 1239 | 1247 | 1234.5 | 1218 | 1199.5 | 1183 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 1174.5 | 1172 | 1178 | 1168 | 1156 | 1157.5 | 1157.5 | 1155.5 | 1155 | 1156 |
| 使用 30 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 732 | 1068 | 1134.5 | 1193 | 1218.5 | 1216.5 | 1208 | 1189 | 1168.5 | 1145.5 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 1125 | 1116 | 1111.5 | 1106 | 1107 | 1106.5 | 1106 | 1106.5 | 1108 | 1107.5 |

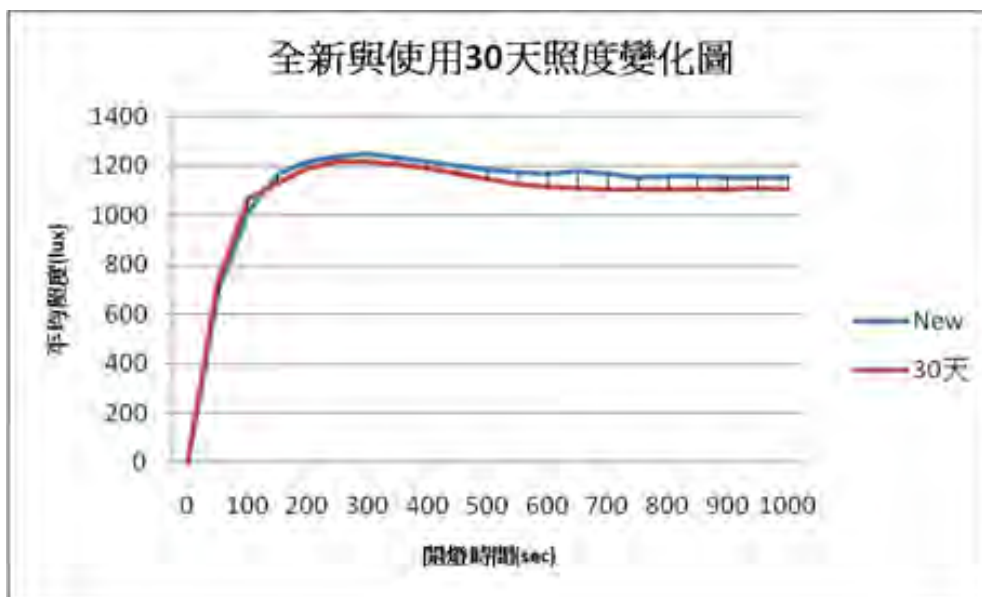


表 4-1-2 使用 60 天螺旋燈管照度的平均變化

| 使用 60 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 1033 | 1020.5 | 1009.5 | 1005.5 | 1003.5 | 1002 | 1004 | 1006.5 | 1004.5 | 1005.5 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 848.5 | 1003 | 1039 | 1082 | 1105.5 | 1110 | 1103.5 | 1138.5 | 1068.5 | 1052.5 |

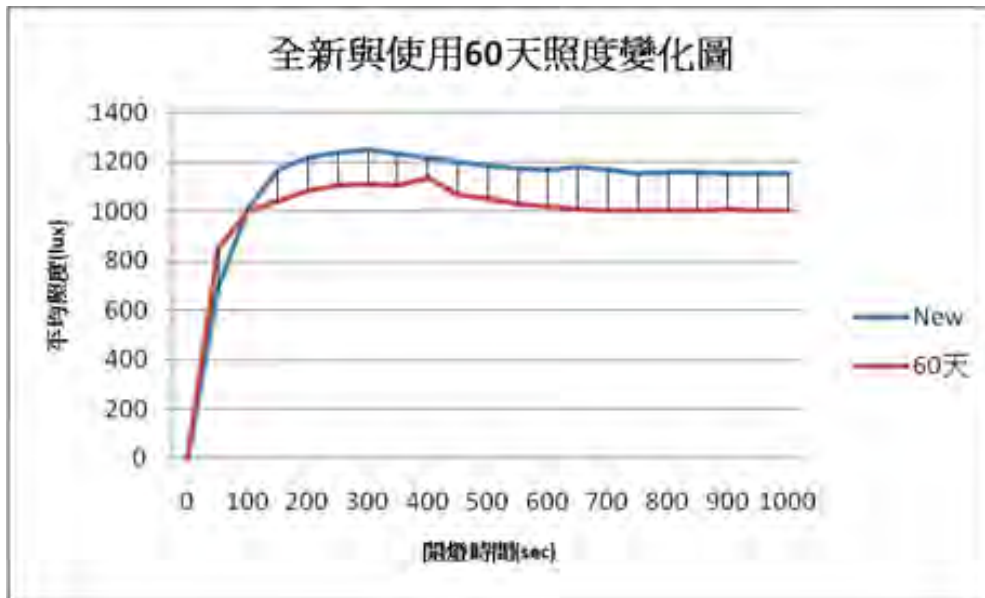


表 4-1-3 使用 90 天螺旋燈管照度的平均變化

| 使用 90 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 743 | 1039.5 | 1061 | 1084 | 1090.5 | 1079 | 1057 | 1033.5 | 1017.5 | 1000 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 988 | 984 | 980.5 | 969 | 968 | 968 | 966.5 | 967 | 966.5 | 966 |

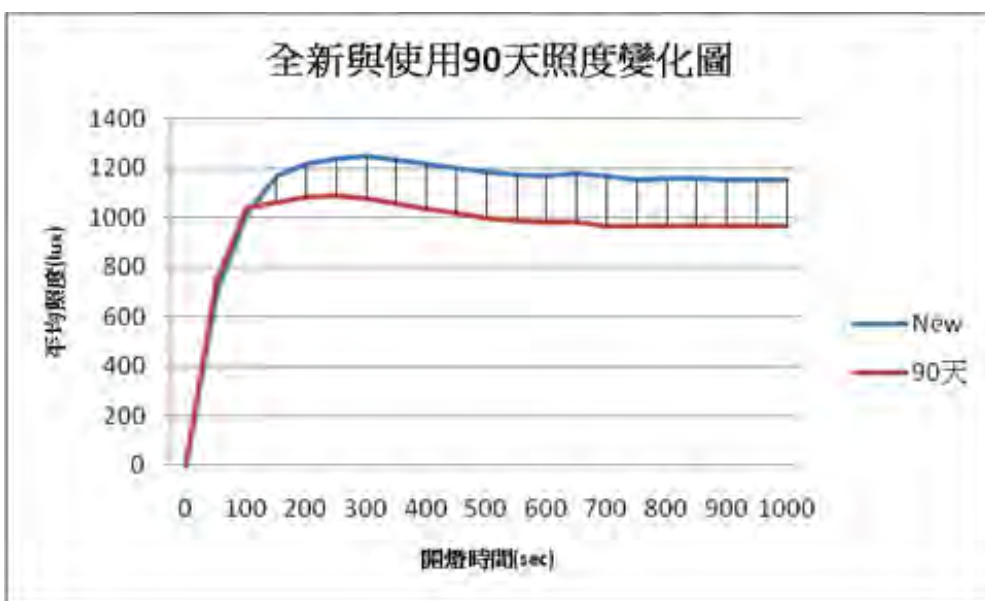


表 4-1-4 使用 120 天螺旋燈管照度的平均變化

| 使用 120 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 523 | 811.5 | 950 | 993 | 1019 | 1040.5 | 1048.5 | 1046 | 1037 | 1021.5 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 1007 | 992 | 986 | 977 | 957.5 | 953.5 | 944 | 937 | 933 | 930.5 |

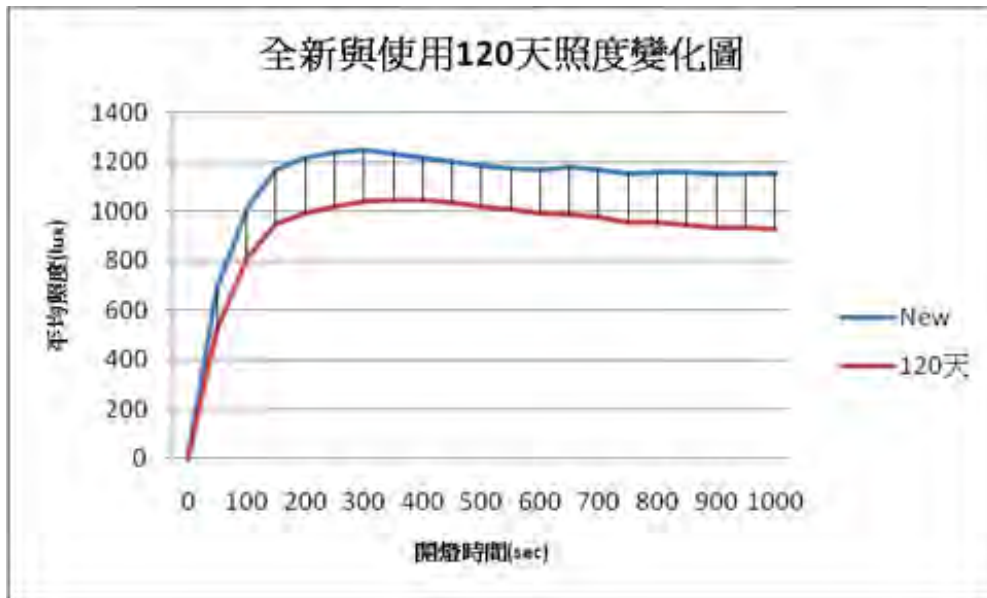


表 4-1-5 使用 150 天螺旋燈管照度的平均變化

| 使用 150 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 728 | 944 | 961.5 | 966.5 | 967.5 | 970.5 | 964 | 953 | 941.5 | 928.5 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 918.5 | 914 | 908 | 902.5 | 897 | 894.5 | 892 | 888.5 | 885 | 884 |

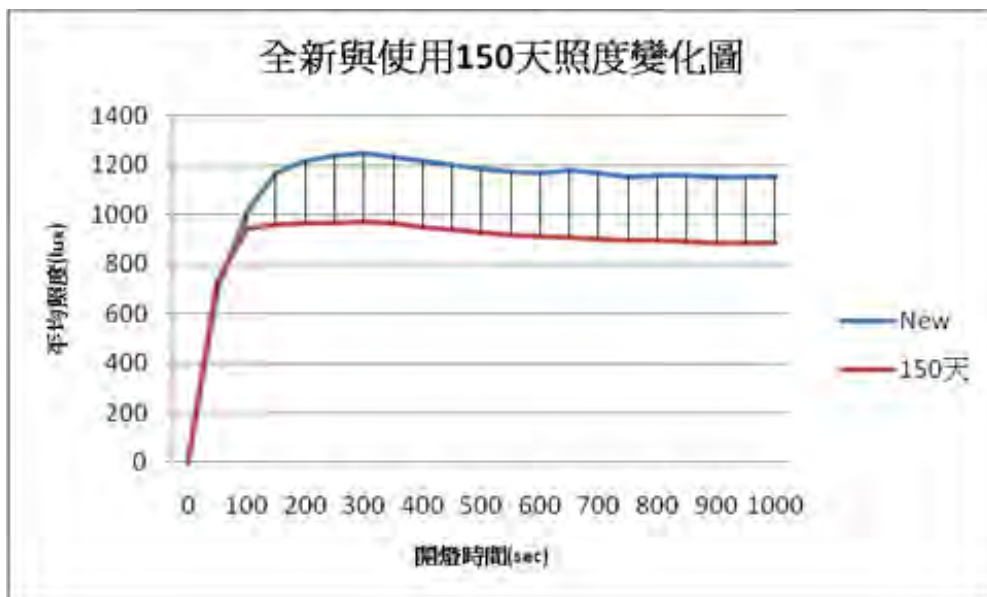


表 4-1-6 使用 180 天螺旋燈管照度的平均變化

| 使用 180 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 739 | 888.5 | 922.5 | 915.5 | 908 | 914.5 | 914 | 910 | 911 | 905.5 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 899.5 | 893 | 889.5 | 884 | 879.5 | 875 | 870 | 868 | 867 | 864.5 |

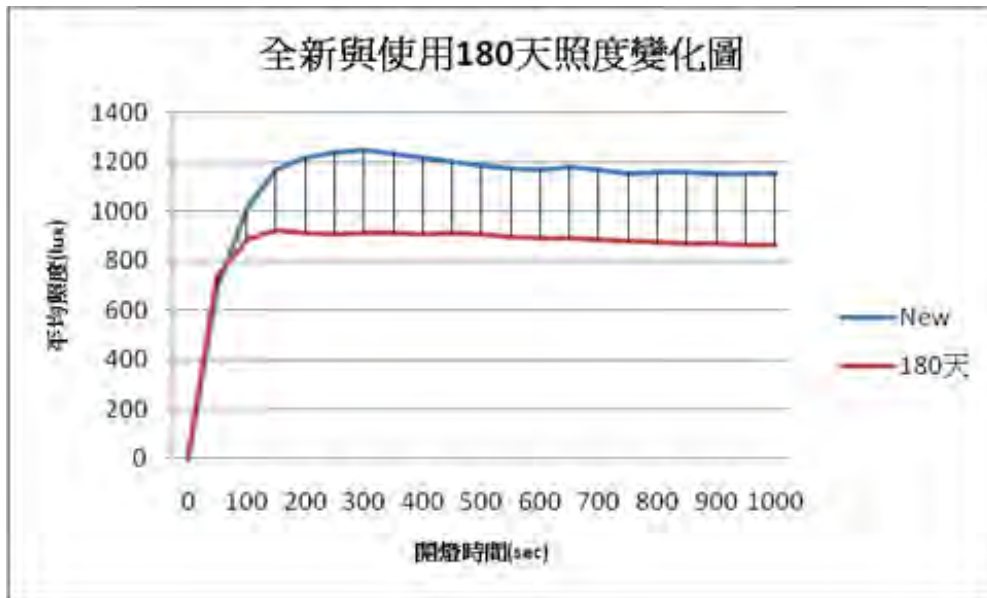


表 4-1-7 使用 210 天螺旋燈管照度的平均變化

| 使用 210 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 729.5 | 778 | 795 | 838 | 869 | 901 | 906 | 905 | 900 | 894 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 870.5 | 865 | 867.5 | 870 | 866.5 | 867.5 | 869 | 865 | 867 | 866.5 |

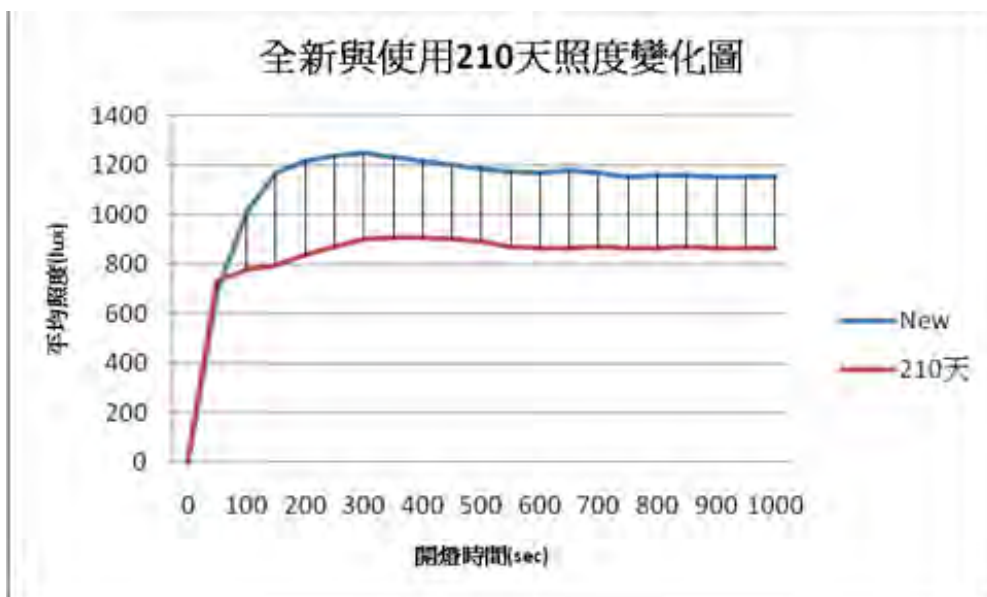
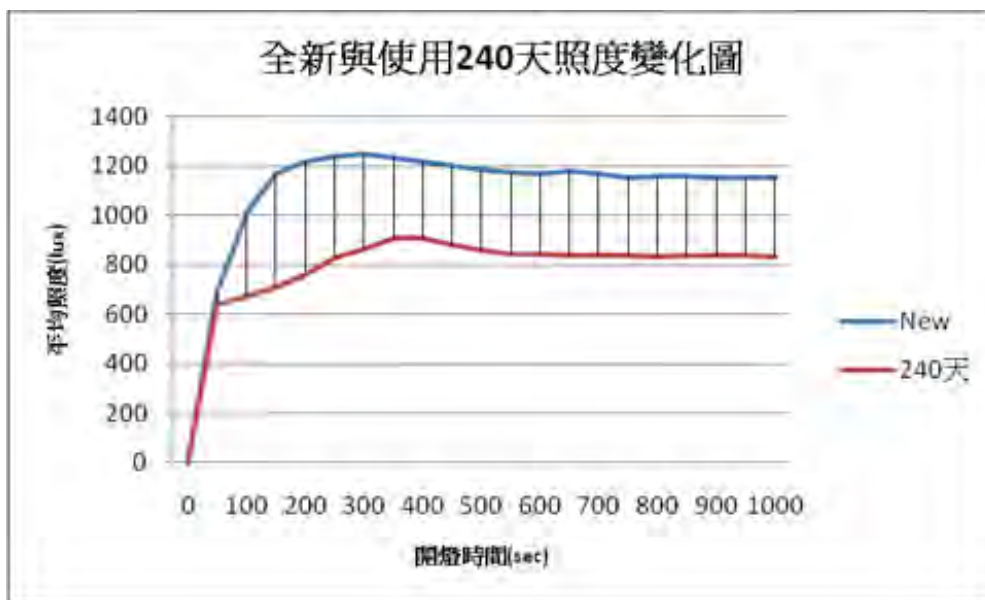


表 4-1-8 使用 240 天螺旋燈管照度的平均變化

| 使用 240 天開燈時平均照度變化 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 50 秒 | 100 秒 | 150 秒 | 200 秒 | 250 秒 | 300 秒 | 350 秒 | 400 秒 | 450 秒 | 500 秒 |
| 642.5 | 673 | 708 | 758 | 828.5 | 862.5 | 906 | 907 | 881 | 858 |
| 550 秒 | 600 秒 | 650 秒 | 700 秒 | 750 秒 | 800 秒 | 850 秒 | 900 秒 | 950 秒 | 1000 秒 |
| 845 | 841.5 | 839 | 836 | 836.5 | 835.5 | 837.5 | 837 | 838 | 835 |



圖組 4-1-1 全新與使用過不同時間燈管的照度比較圖



圖 4-1-2 測量照度的實驗



圖 4-1-3 螺旋燈管的光衰現象

這是在完全無光害的暗室中所觀察到的光衰現象，圖 4-1-3 左圖是使用 120 天的燈管，光衰現象較不明顯；圖 4-1-3 中間的是使用 240 天的，光衰現象明顯比使用 120 天的嚴重；而圖 4-1-3 右圖是使用 60 天與全新的螺旋燈管，右邊使用過 60 天的比左邊的全新燈管暗一些。

(二)、螺旋燈管光衰與壽命關係

【過程】

1. 將編上編號後的螺旋燈管旋在燈座上，為了模擬裝燈罩的燈管，所以分為常溫下裸露與玻璃缸罩住的。
2. 於同一時間開燈實驗。
3. 記錄各燈管壞掉的時間，並將實驗中的螺旋燈管以實驗一(開燈時間與照度的變化)的方法，每 30 天測量一次照度，測量時從 0 到 1000 秒，每 50 秒為一個間隔測量，把 700 秒以後的照度平均，得到該燈管的平均照度。





圖 4-1-4 測量螺旋燈管壽命的實驗

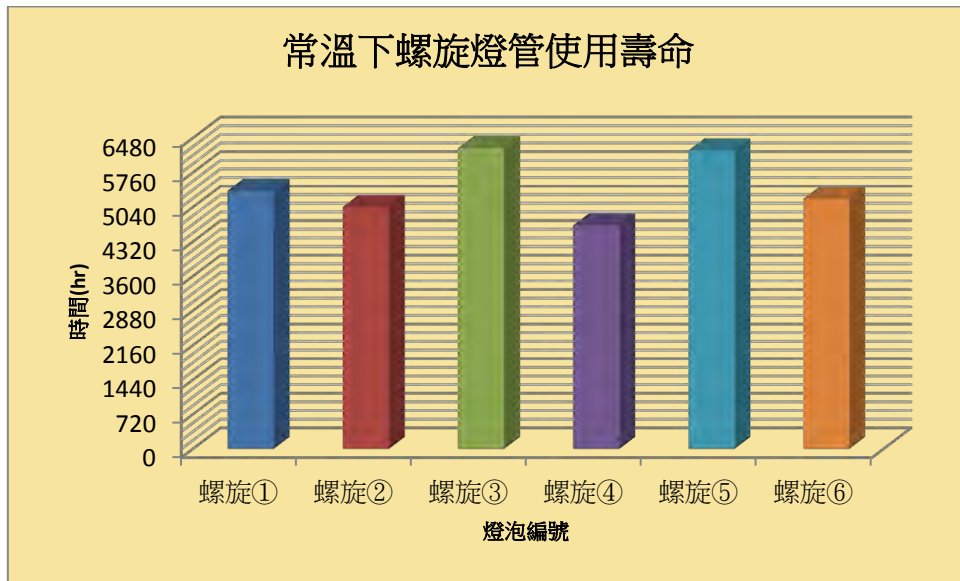


圖 4-1-5 常溫下螺旋燈管的壽命

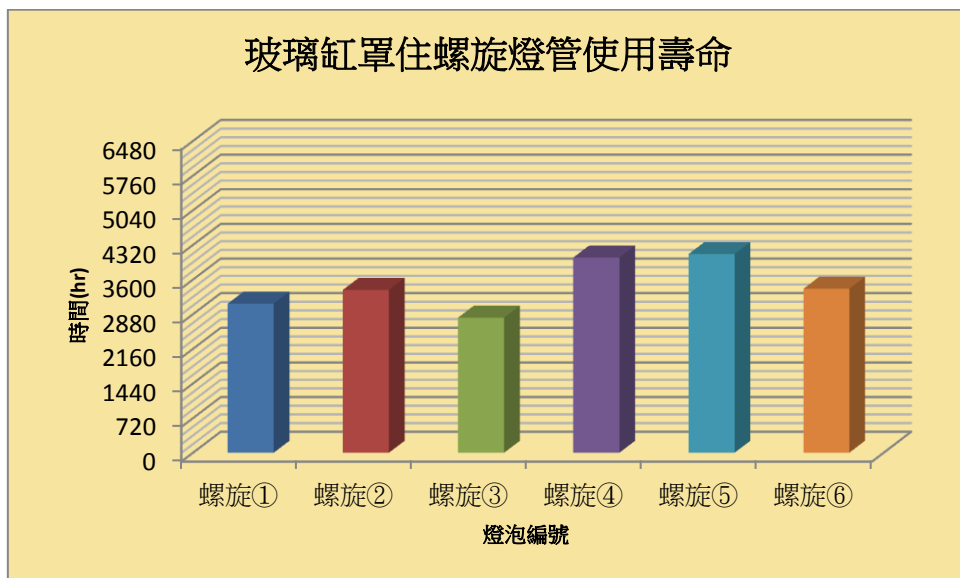


圖 4-1-6 罩住時螺旋燈管的壽命

我們把罩玻璃缸實驗中壞掉的燈管拿起來紀錄時，發現燈管下面的塑膠內部好像有東西掉了的感覺，搖一搖會有東西碰撞的聲音。

由定期測量燈管照度會得到下圖：

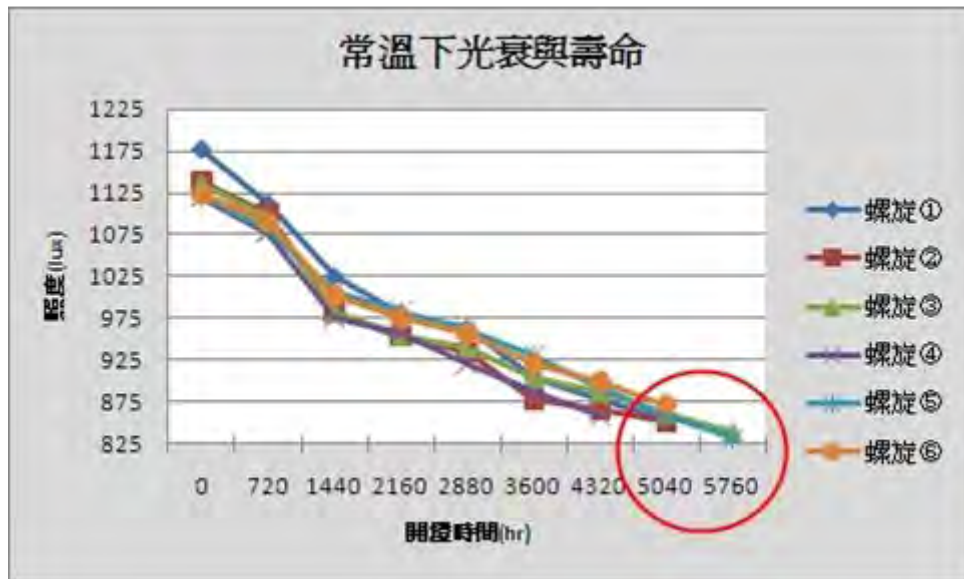


圖 4-1-7 常溫下燈管的光衰與壽命

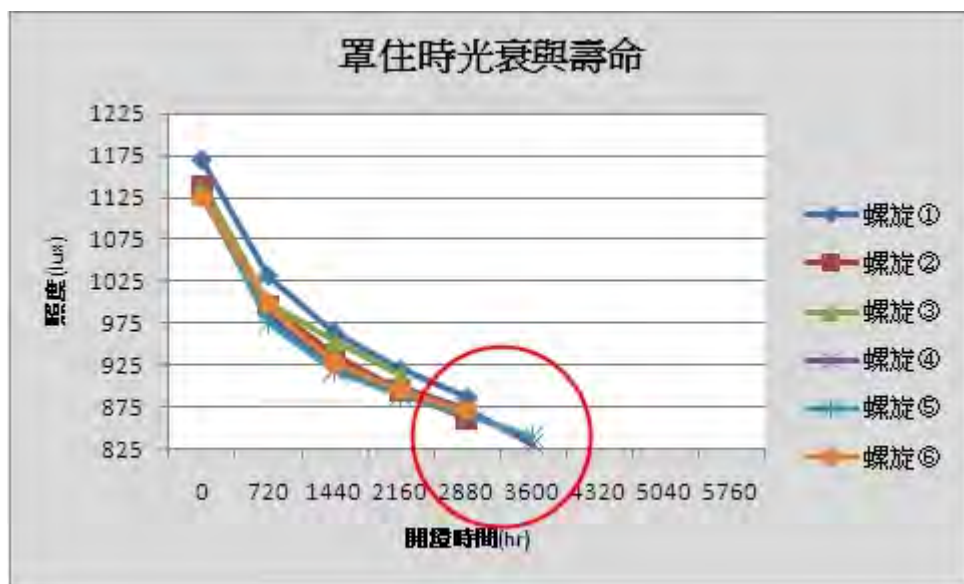


圖 4-1-8 罩住時燈管的光衰與壽命

從以上紅圈圈起來的地方可以知道：罩玻璃缸時，壽命明顯比常溫下的短，且光衰也會隨著燈管壽命較短而速度較快。

二、 溫度與螺旋燈管的關係

由以上的壽命實驗可以知道，有罩玻璃缸的燈管壽命明顯比常溫下的還要短很多，因此有極大的可能是長期溫度過高所致，因此我們探討螺旋燈管在開燈時各位置的散熱情形，並將燈管在固定溫度下開燈，測量燈管在固定溫度下開燈，燈管的溫度變化的時間，進一步探討螺旋燈管壞掉的原因。

(一)、螺旋燈管各位置散熱情形

【過程】

- 1.在燈管內、外依 0.5 公分、1.0 公分、2.0 公分……設置銅片。
- 2.為減緩氣流干擾，所以周圍用保麗龍板圍上。
- 3.查出未磨光銅片的放射率 0.78，調整測溫槍放射率，再以腳架固定。
- 4.開燈測量溫度，每 60 秒測量一次。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 在燈管內設置銅片 | 燈管外固定距離設置銅片 | 周圍用保麗龍板隔開 |
|  |  |  |
| 調整放射率 | 利用腳架固定測溫槍 | 觀察溫度的變化 |

圖 4-2-1 螺旋燈管各位置散熱的實驗

表 4-2-1 螺旋燈管各位置的溫度變化

| 燈管螺旋內 | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 時間 (sec) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| 溫度 (°C) | 18.4 | 31.92 | 43.58 | 49.92 | 55.58 | 60.86 | 60.6 | 62.6 | 64.72 | 67.5 | 69.62 |
| 燈管螺旋外 0.5 公分 | | | | | | | | | | | |
| 時間 (sec) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| 溫度 (°C) | 18.4 | 24.26 | 25.08 | 26.62 | 28.66 | 30.24 | 34.38 | 35.62 | 39.52 | 41.32 | 46.48 |
| 燈管螺旋外 1 公分 | | | | | | | | | | | |
| 時間 (sec) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| 溫度 (°C) | 18.4 | 19.32 | 22.36 | 25.26 | 26.3 | 28.36 | 28.18 | 29.72 | 32.76 | 34.3 | 36.92 |
| 燈管螺旋外 2 公分 | | | | | | | | | | | |
| 時間 (sec) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| 溫度 (°C) | 18.4 | 19.24 | 21.08 | 21.8 | 24.04 | 24.8 | 25.8 | 25.86 | 25.98 | 27.52 | 29.16 |
| 燈管螺旋外 3 公分 | | | | | | | | | | | |
| 時間 (sec) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| 溫度 (°C) | 18.4 | 19.48 | 19.68 | 20 | 20.72 | 21.28 | 21.32 | 21.46 | 20.72 | 21.44 | 21.82 |
| 燈管螺旋外 4 公分 | | | | | | | | | | | |
| 時間 (sec) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| 溫度 (°C) | 18.4 | 18.88 | 19.38 | 19.68 | 19.68 | 19.84 | 20.16 | 20.1 | 20.36 | 20.6 | 20.68 |
| 燈管螺旋外 5 公分 | | | | | | | | | | | |
| 時間 (sec) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| 溫度 (°C) | 18.4 | 19 | 18.94 | 18.9 | 19.3 | 19.52 | 19.96 | 20.08 | 20.78 | 20.4 | 21.08 |

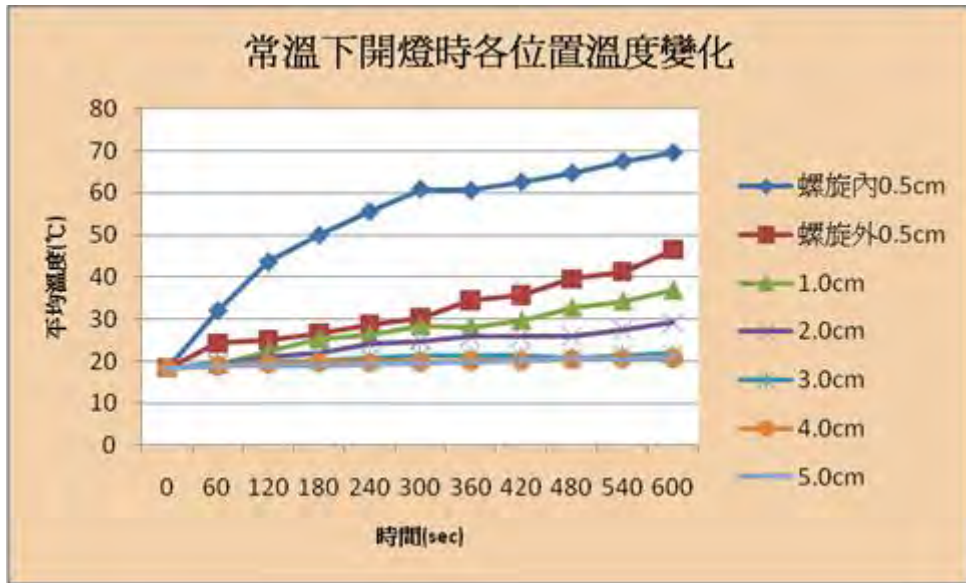


圖 4-2-2 常溫下螺旋燈管開燈時的溫度變化

(二)、固定溫度開燈時燈管的溫度變化

【過程】

- 1.將烤箱溫度固定在 30°C、45°C、60°C…等溫度下開燈。
- 2.查出燈管玻璃的放射率 0.85，調整測溫槍放射率，再以腳架固定。
- 3.每升高 5°C時記錄一次時間，直到溫度不再升高。

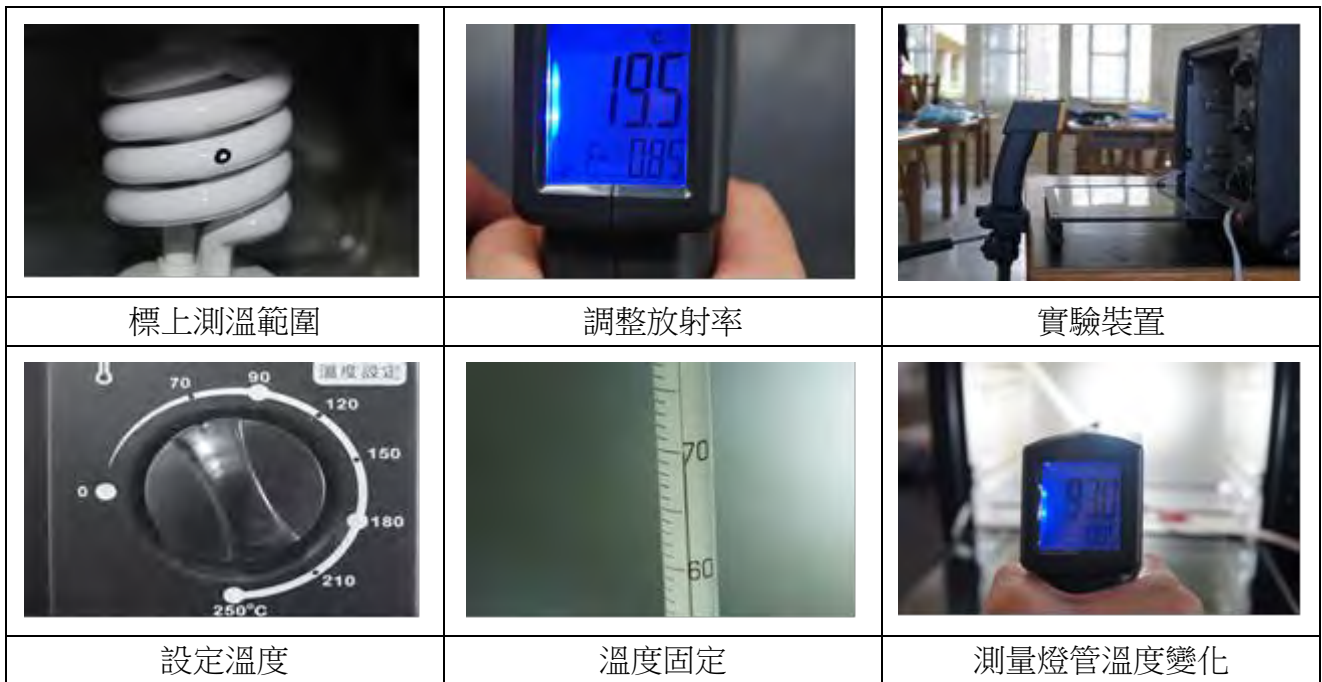
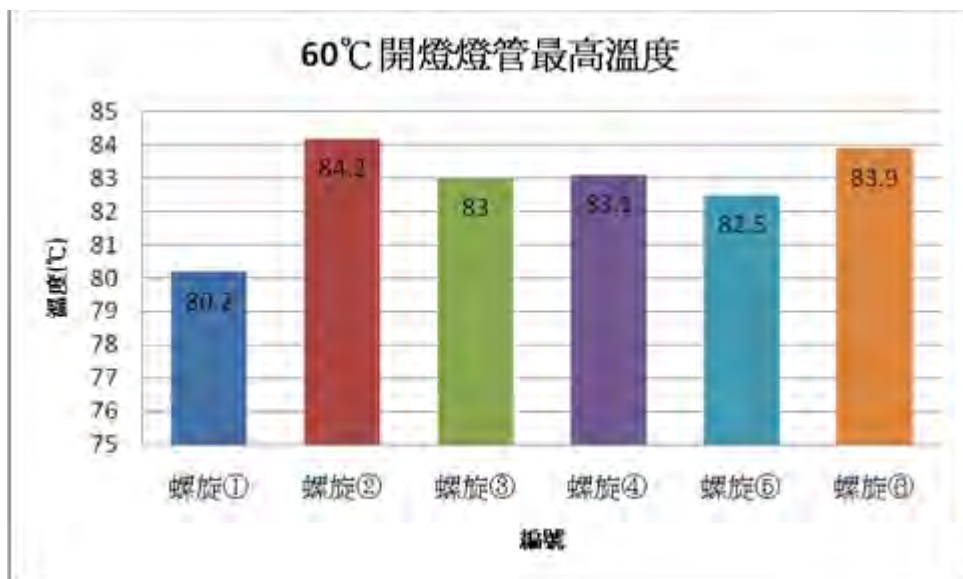
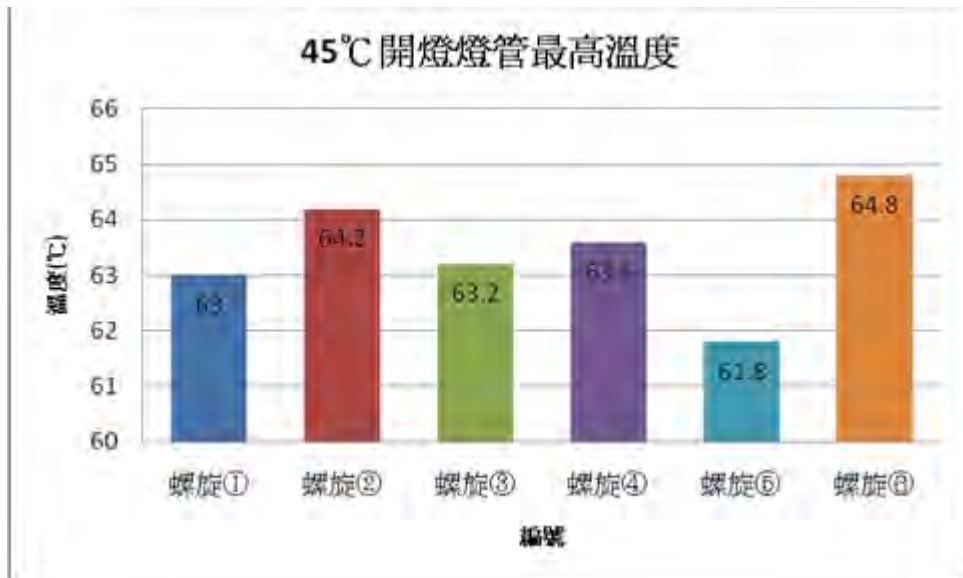
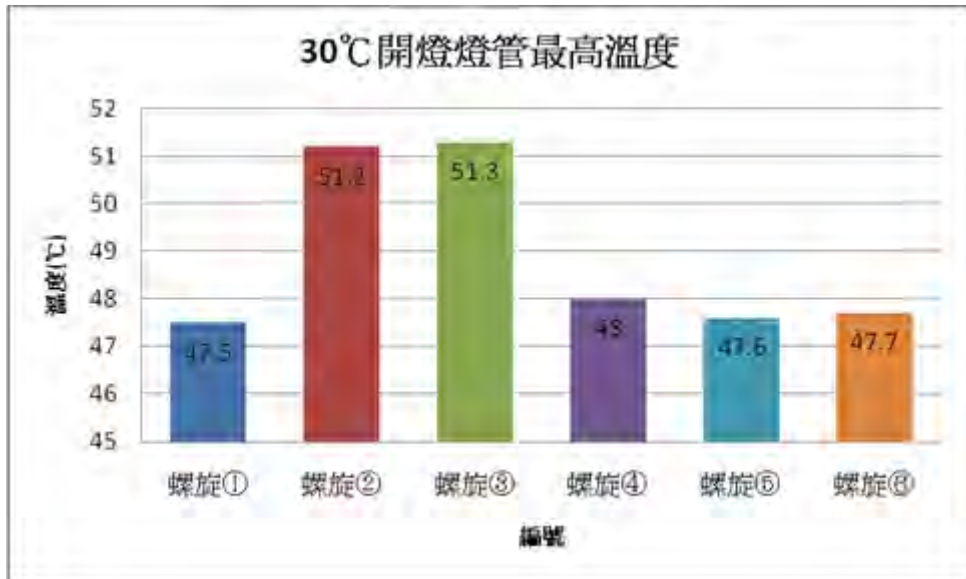
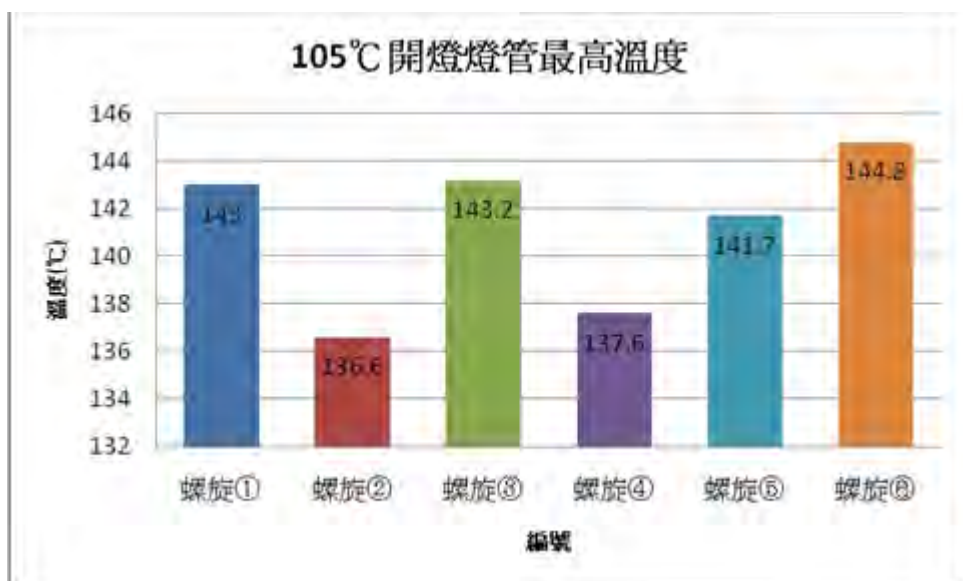
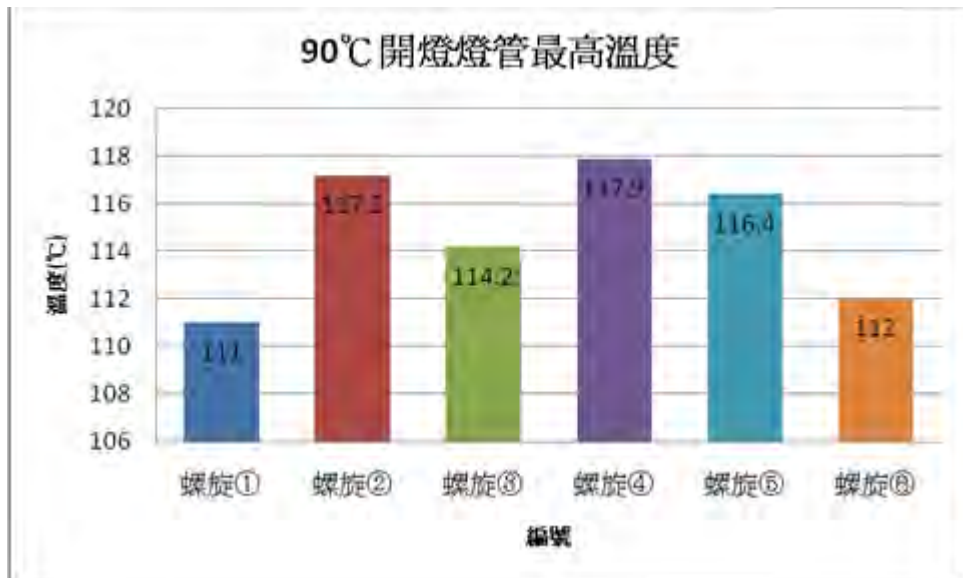
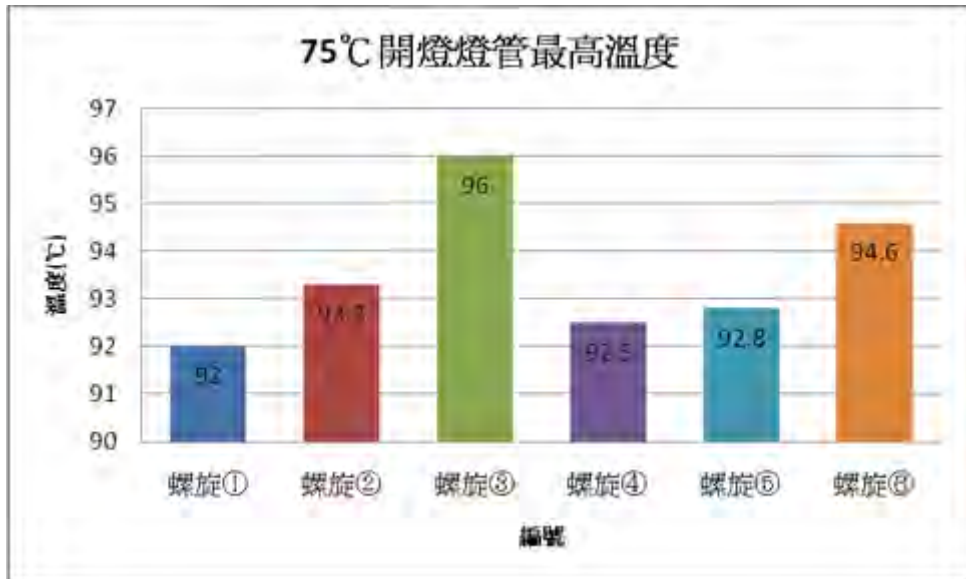
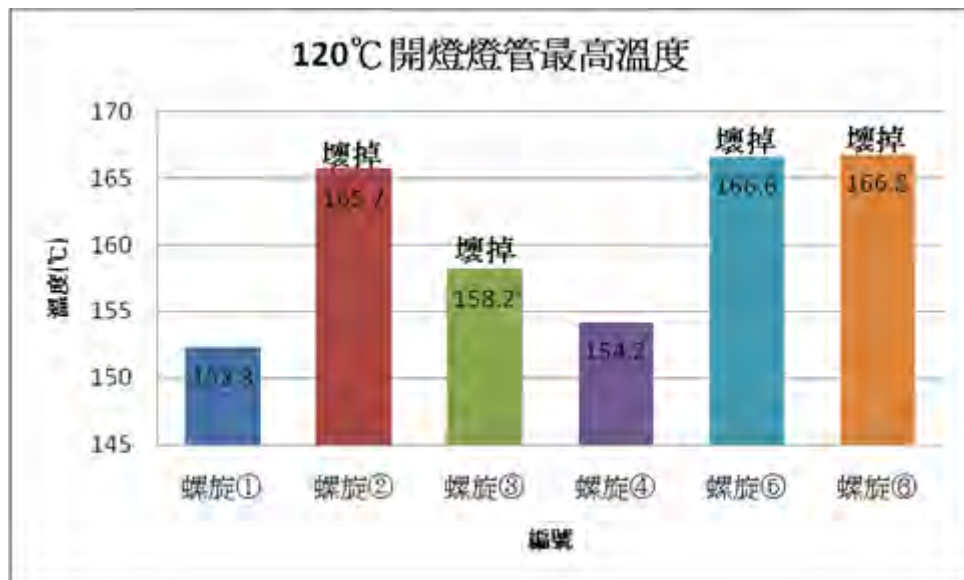


圖 4-2-3 固定溫度下螺旋燈管開燈的溫度變化







圖組 4-3-4 螺旋燈管各溫度開燈時的最高溫度

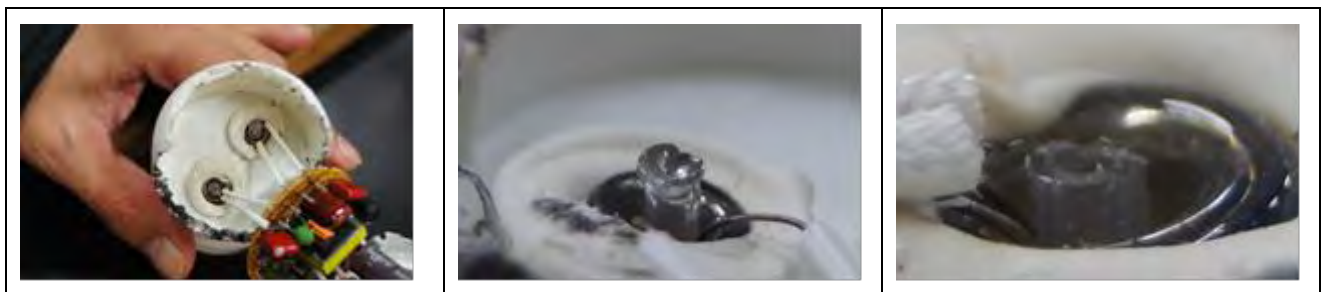


圖 4-2-5 螺旋燈管基部的微小破裂處

我們發現，在以上實驗中的燈管壞掉時，都會發出很小、類似氣爆的聲音；且搖一搖也會感覺有東西碰撞，於是我們把燈管剖開來看（如 4-2-5 左圖），發現燈管基部下已經被弄出一個洞（如 4-2-5 中間），而另一個的還完好無缺（如 4-2-5 右圖），我們研判是因為溫度過高，燈管內的氣體受熱膨脹的速度較玻璃燈管快，所以才會使燈管內的氣體逸散，造成燈管壞掉，而那個在燈管底下內部碰撞的東西便是碎玻璃。

三、 使用導熱片提高螺旋燈管的壽命

由以上實驗可知道，溫度過高的確會使燈管壞掉，所以為了平衡燈管的溫度，我們做出不同紋路造型的導熱片，並將導熱片設置於燈管的螺旋內，觀察開燈時螺旋內的溫度變化。

(一)、使用塑形導熱片燈管螺旋內的散熱情形

【過程】

- 1.將塑形銅片塑造成不同形狀，固定於燈管的螺旋內。
- 2.將用來測量溫度的銅片固定於紙片上，再放入螺旋內。
- 3.調整測溫槍放射率，再以腳架固定，圍上保麗龍板。
- 4.開燈測量溫度，每 60 秒測量一次。



圖 4-3-1 設有導熱銅片燈管散熱的實驗

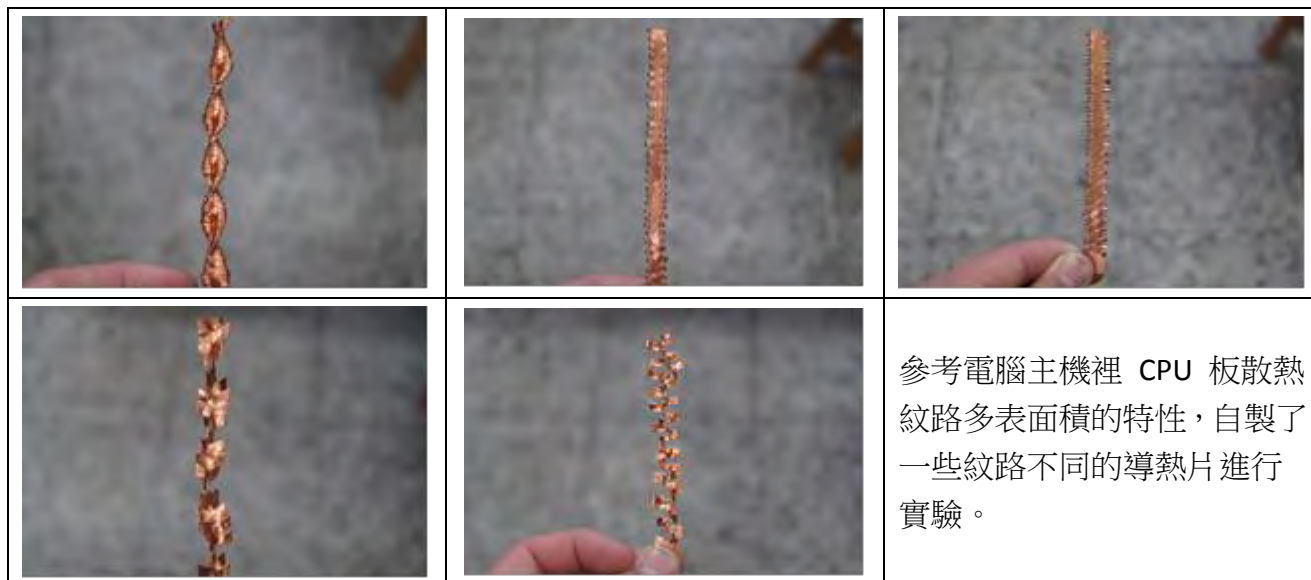


圖 4-3-2 不同紋路的導熱片

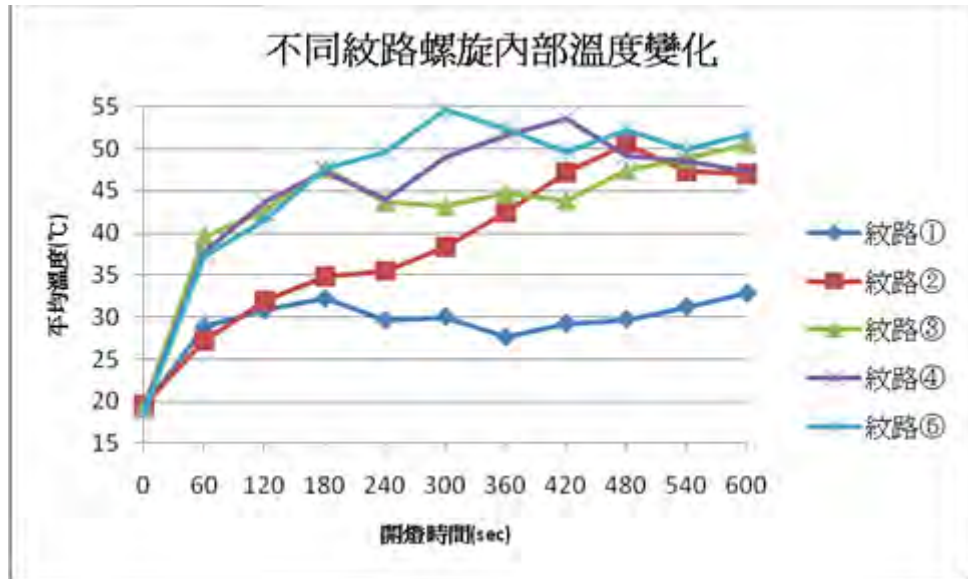


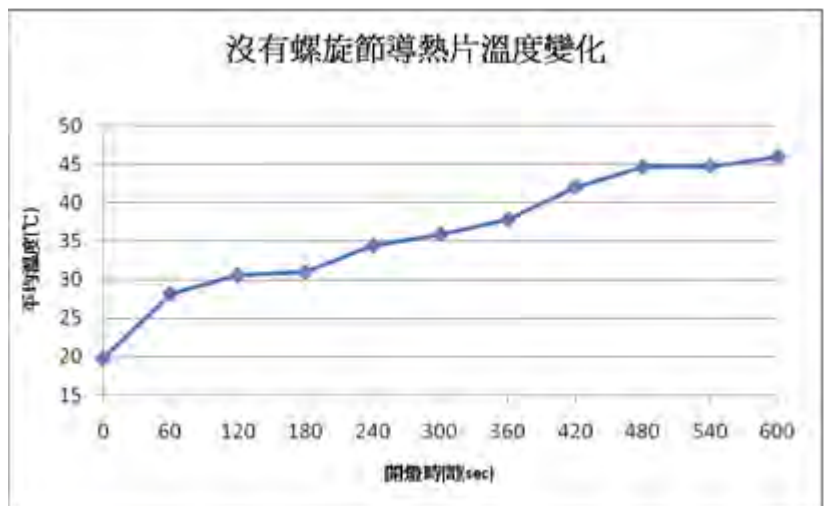
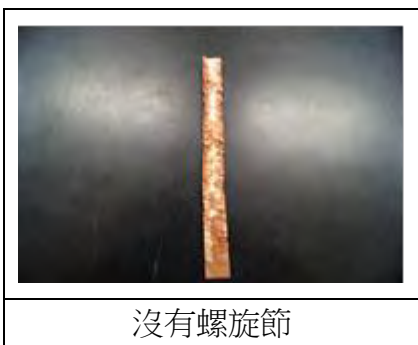
圖 4-3-3 設有不同紋路導熱片的燈管內部溫度變化

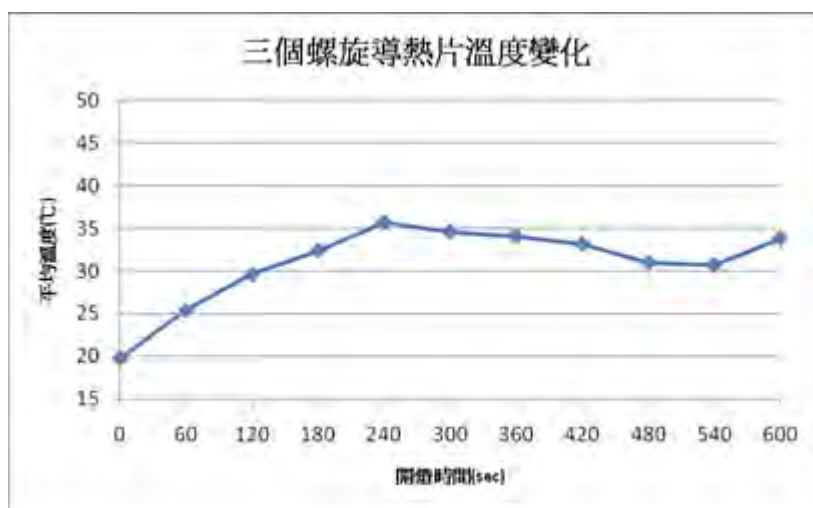
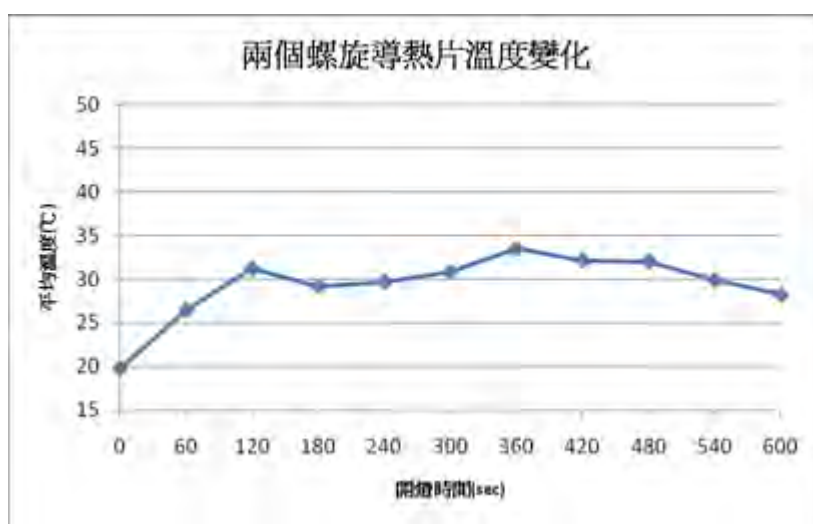
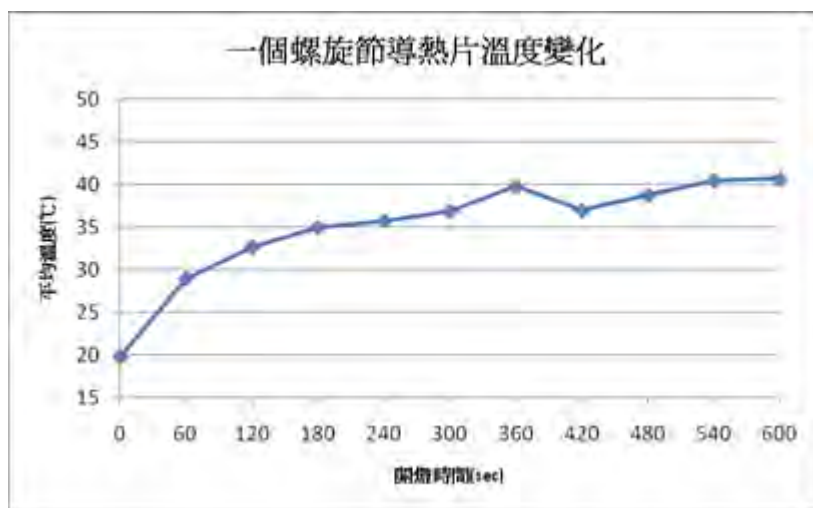
(二)、深入研究：導熱片螺旋數目對導熱的影響

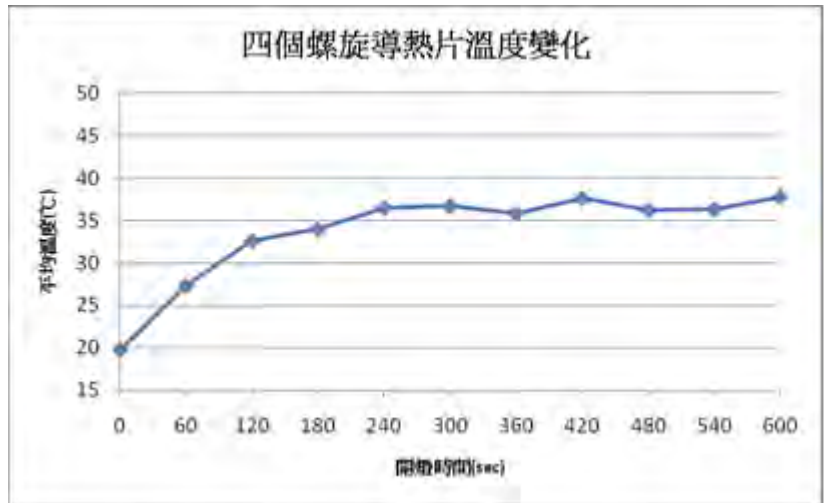
上一個實驗螺旋狀的導熱片散熱效果最好，於是做了不同螺旋節數目的導熱片，探究不同螺旋節數目對導熱效能的影響。

【過程】

- 1.製作不同螺旋節數目的導熱片。
- 2.用上一個實驗的方法設置實驗裝置，實驗時以 60 秒為間隔測一次溫度。
- 3.將測量到的溫度平均，得到平均數據。







圖組 4-3-4 不同螺旋節數對燈管的溫度變化

將以上不同螺旋數目導熱片的散熱效果折線圖，結合燈管螺旋內部的平均溫度折線圖，可得到下面的圖：

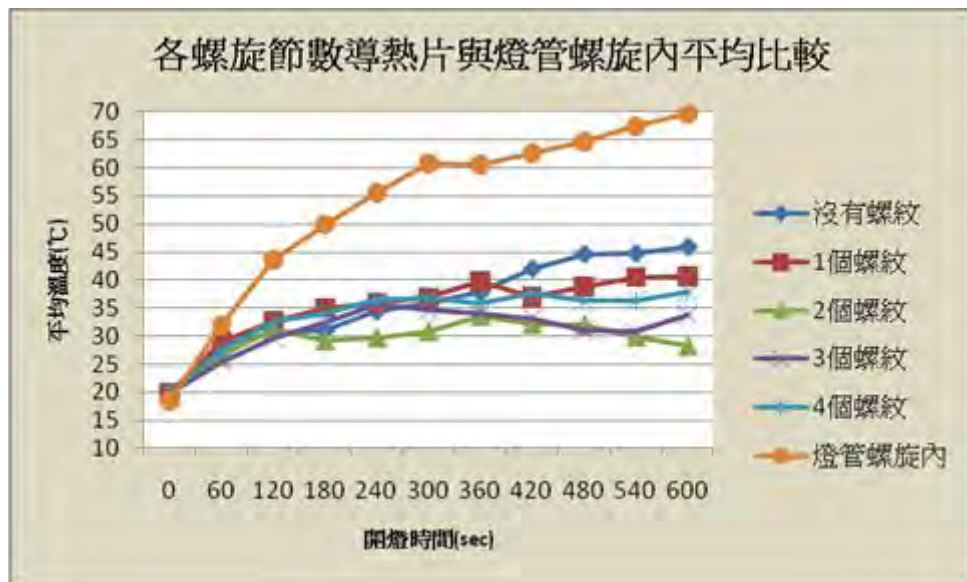


圖 4-3-5 不同螺旋節數導熱片溫度平均比較圖

(三)、再深入研究：不同螺旋節數在對流時氣流的變化

研究結果知道螺旋節數目增多並未使降溫的效率隨之增加，因此利用冷卻凝結製造出人造雲，並觀察雲霧與對流的情況。

【過程】

- 1.將不同螺旋節數的導熱片固定於加有熱水塑膠盤內。
- 2.再將線香放入玻璃缸，使缸內有些許煙霧。
- 3.將冰塊裝袋，置於玻璃缸上，使缸內水氣冷卻凝結，並形成對流。
- 4.錄影觀察導熱片對對流的影響，並利用 GOM 影像軟體，量測出對流雲霧的速度，加以計算。

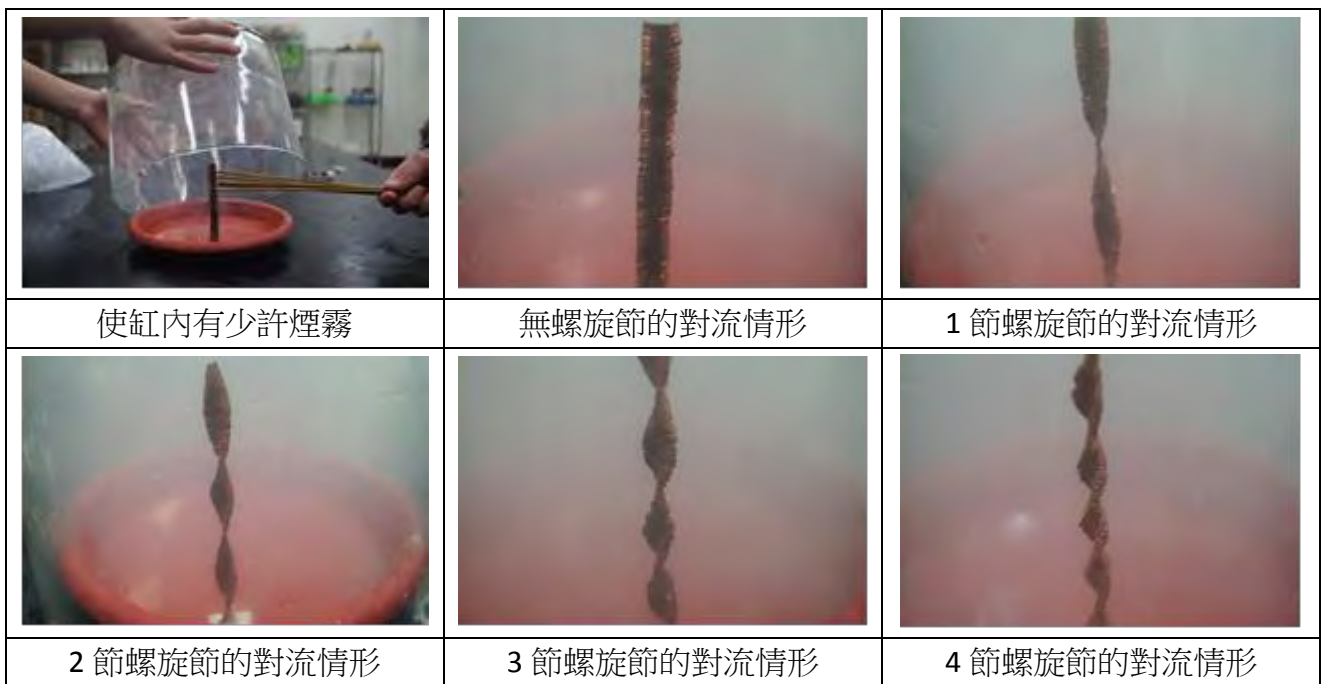


圖 4-3-6 不同螺旋節數導熱片對流情形的實驗

觀察並計算對流流速，以導熱片高 10 公分，雲霧從導熱片下方流動至最上方所需的時間，計算出氣流的流速，並減去原流速，得到該導熱片所增加的對流速率，如下：

| 螺旋節數 | 雲霧通過時間 (sec) | 對流速率 (cm/sec) | 導熱片增加的流速 (cm/sec) |
|--------|-----------------|------------------|----------------------|
| 原對流情形 | 4.4 | 2.3 | |
| 無螺旋節 | 4.4 | 2.3 | 0 |
| 1 節螺旋節 | 3.2 | 3.1 | 0.8 |
| 2 節螺旋節 | 1.8 | 5.6 | 3.3 |
| 3 節螺旋節 | 2.2 | 4.5 | 2.2 |
| 4 節螺旋節 | 2.4 | 4.2 | 1.9 |

表 4-3-1 不同螺旋節數導熱片的對流數據

四、 使用小型風扇提高螺旋燈管的壽命

上個實驗所研究出來的最佳導熱片僅適用於使用時為正立的螺旋燈管上，而在日常生活中還有使用時為倒立的螺旋燈管，所以要將小型風扇置於燈管內以減緩過熱現象；但是市面上能找到的小型風扇有限，所以用了體積最小的風扇以及稍大的螺旋燈管進行實驗。

(一)、未使用小型風扇時螺旋內部的散熱情形

【過程】

- 1.在螺旋燈管的螺旋內設置銅片。
- 2.為減緩氣流，所以用保麗龍板圍上。
- 3.查出未磨光銅片的放射率 0.78，調整測溫槍放射率，再以腳架固定。
- 4.開燈測量溫度，每 60 秒測量一次。



圖 4-4-1 未使用小型風扇時螺旋內部散熱的實驗

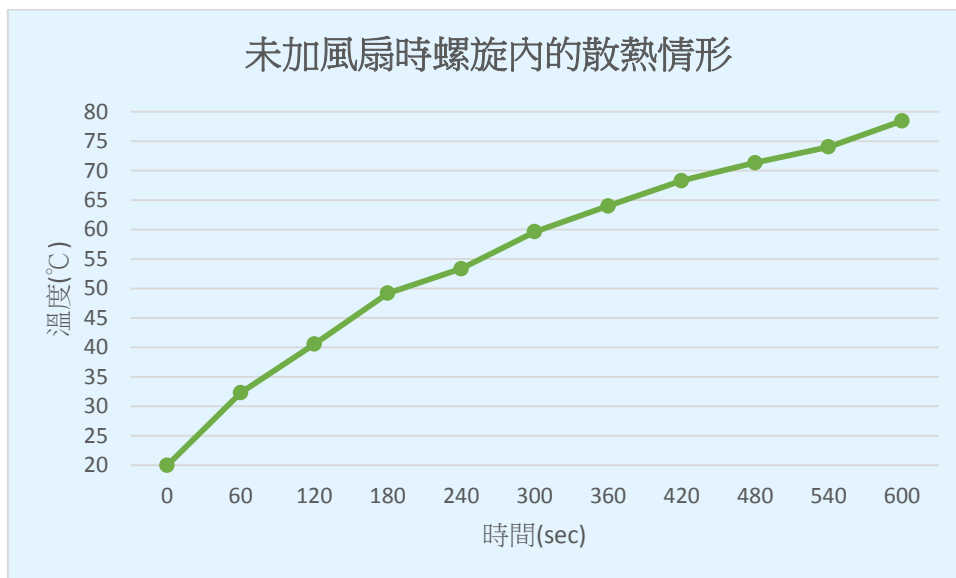


圖 4-4-2 未使用風扇時燈管螺旋內的散熱情形

(二)、使用小型風扇時螺旋內部的散熱情形

【過程】

- 1.將符合 5V 的手機充電器中的變壓器取出。
- 2.將螺旋燈管底座打開，並在燈座上開一個洞，以利風扇旋轉產生氣流。
- 3.將 5V、2.5cm x 2.5cm 的小型風扇按正負極連接變壓器，再將變壓器以並聯的方式連接燈管還未變壓的電線；將電線以焊接的方式固定。
- 4.變壓器放入後將打開燈管底座時遺留的塑膠黏回去，並用紙與膠帶包覆。
- 5.放置銅片，以上一個實驗的方式測量溫度。



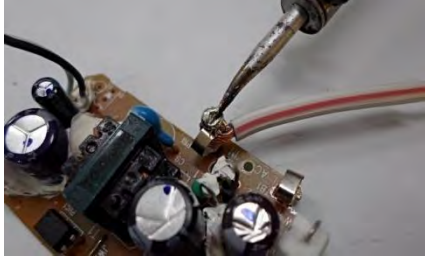



| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 手機充電器中的變壓器 | 將燈管底座打開 | 將電線以焊接的方式固定 |
|  |  |  |
| 加裝風扇的燈管 | 實驗裝置 | 測量溫度 |

圖 4-4-3 使用小型風扇時螺旋內部的散熱實驗

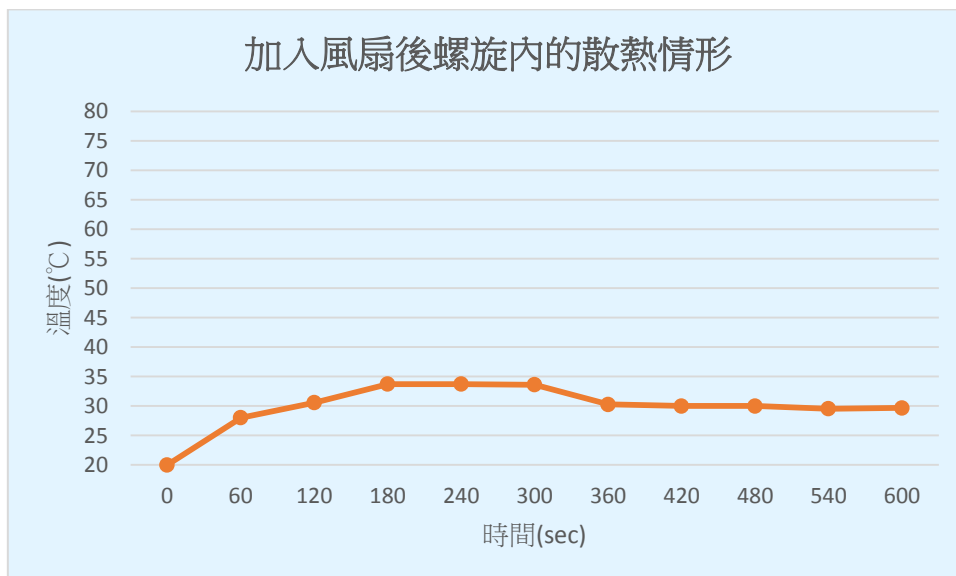


圖 4-4-4 使用風扇後螺旋燈管內的散熱情形

伍、研究結果與討論

一、使用過固定時間螺旋燈管開燈時照度與溫度的變化

- (一)、照度會隨著燈管的使用時間而日漸降低。
- (二)、全新的燈管初使用時，照度會在通電後 200 秒~300 秒間達到最大值，之後便開始下降，直至 700 秒後下降變化率漸趨緩和，700 秒之後的照度近於固定值。
- (三)、使用過固定時間的螺旋燈管開燈後與全新的燈管一樣，會有照度先上升到最大值然後下降到一定數值後便不再有大幅度變化的現象。但是在使用 210 天以後的螺旋燈管，照度不會像使用 180 天以前的燈管一樣馬上升到最大值，而是要到開燈後 300 秒到 400 秒之間才會慢慢升上去。

二、螺旋燈管光衰與壽命的關係

- (一)、常溫下，未罩玻璃罩與照上玻璃罩的螺旋燈管其光衰程度都會隨燈管壽命的減少而漸漸增加。
- (二)、常溫下螺旋燈管壽命平均約為 5460 小時，與燈管包裝上標示的 6500 小時平均少了約 16%（1040 小時）。
- (三)、以玻璃罩罩住的螺旋燈管壽命平均約為 3480 小時，比常溫下的平均壽命少了約 36.2%（1980 小時），且與包裝上標示的 6500 小時少了 46.4%。

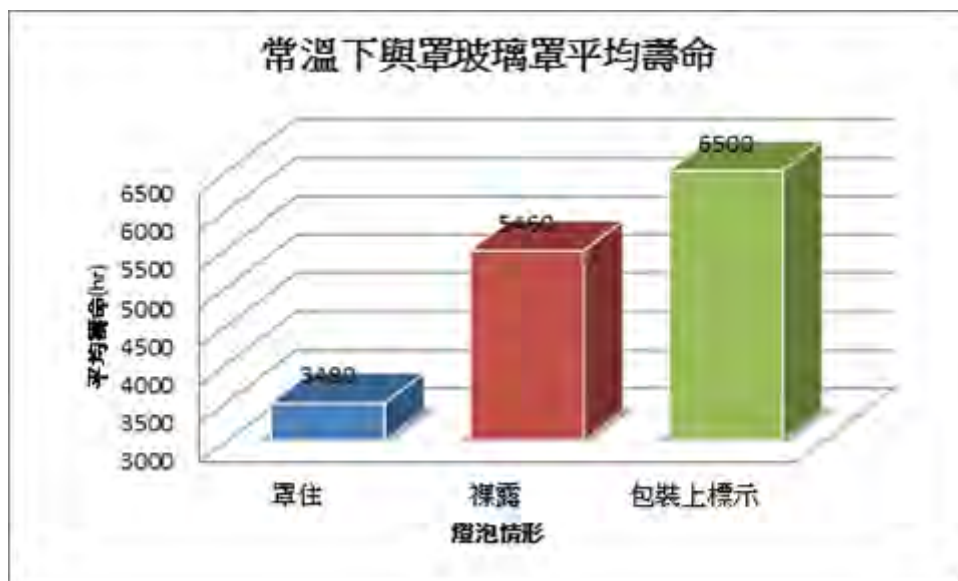


圖 5-2-1 常溫下與罩住燈管的平均壽命比較

三、螺旋燈管各位置散熱情形

- (一)、燈管螺旋內的平均溫度明顯比其他位置來的高，第二高溫的是距離螺旋燈管外 0.50 公分的位置。而兩者的最大溫差就足足差了 23°C 左右。

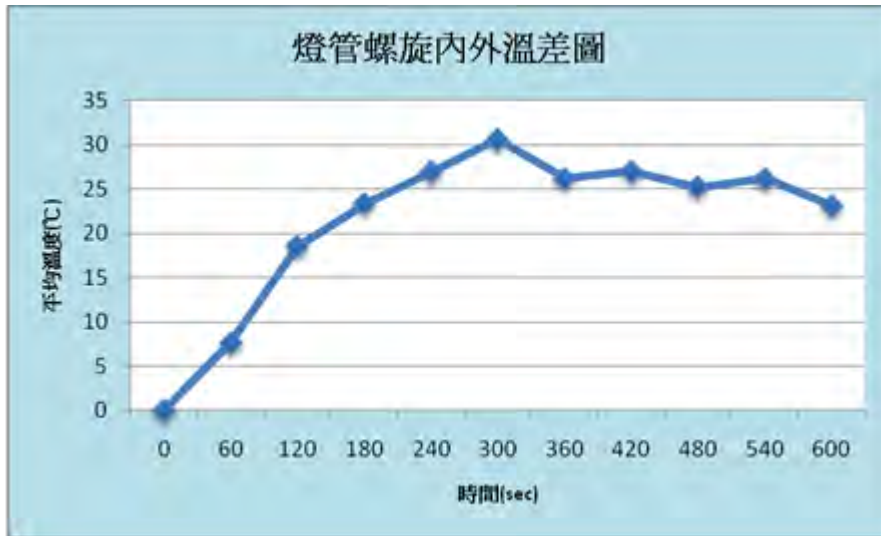


圖 5-3-1 螺旋燈管內外溫差圖

- (二)、距離燈管越遠，平均溫度的變化不大。
- (三)、距離燈管外 3.0 公分到 5.0 公分的位置平均溫度一直在 20°C 上下。所以推斷在燈管外 4.0 公分以上的距離，其溫度就幾乎沒什麼變化了。
- (四)、在進行實驗時，螺旋內、外各位置的平均溫度都會有些微下降的現象，但下降之後溫度又會再次上升，變化起伏不定。研判是燈管發熱所造成的熱對流，而此熱對流現象造成的溫度變化也僅有些微的變動，所以並不會影響實驗結果。

四、固定溫度開燈時燈管的溫度變化

- (一)、在溫度越高的環境下開燈，燈管溫度上升的也越高。

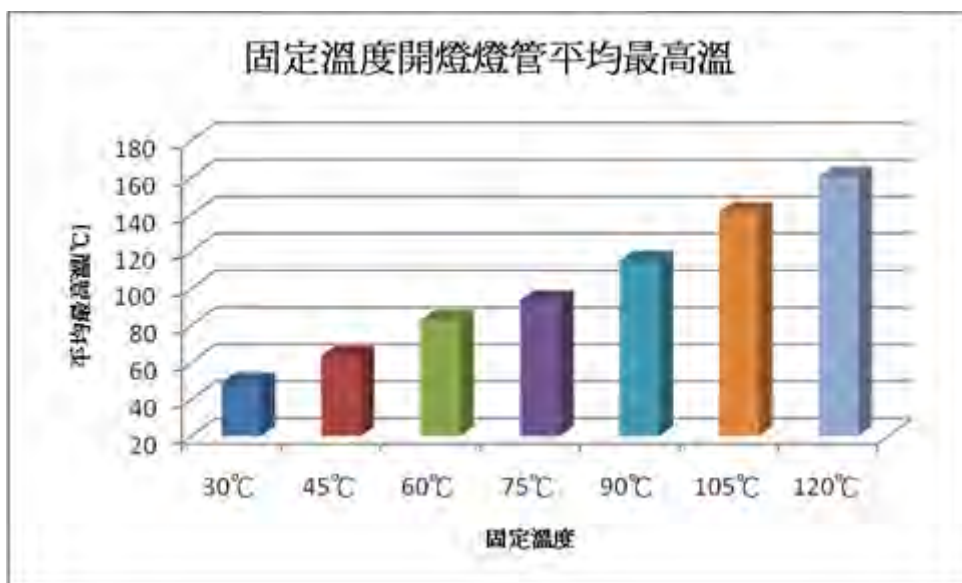
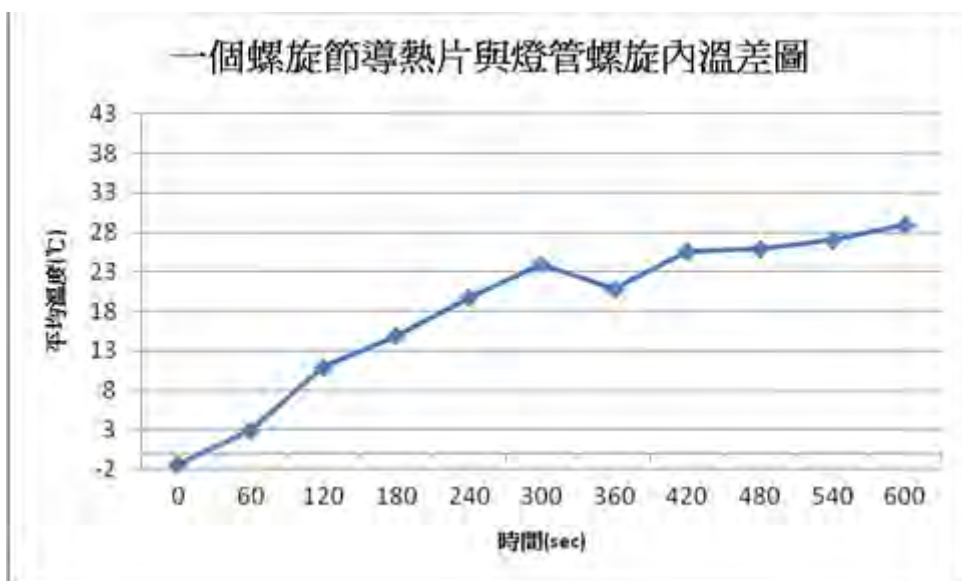
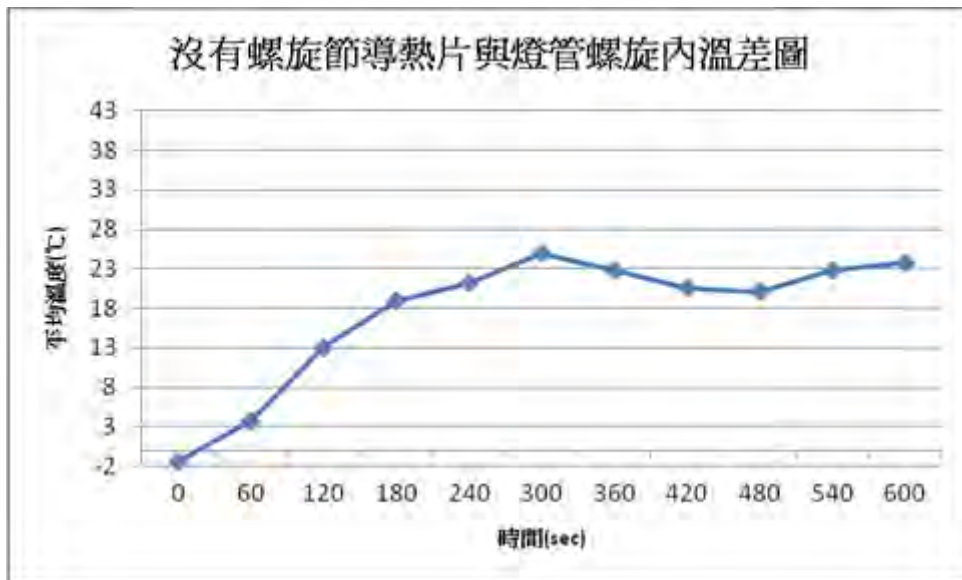


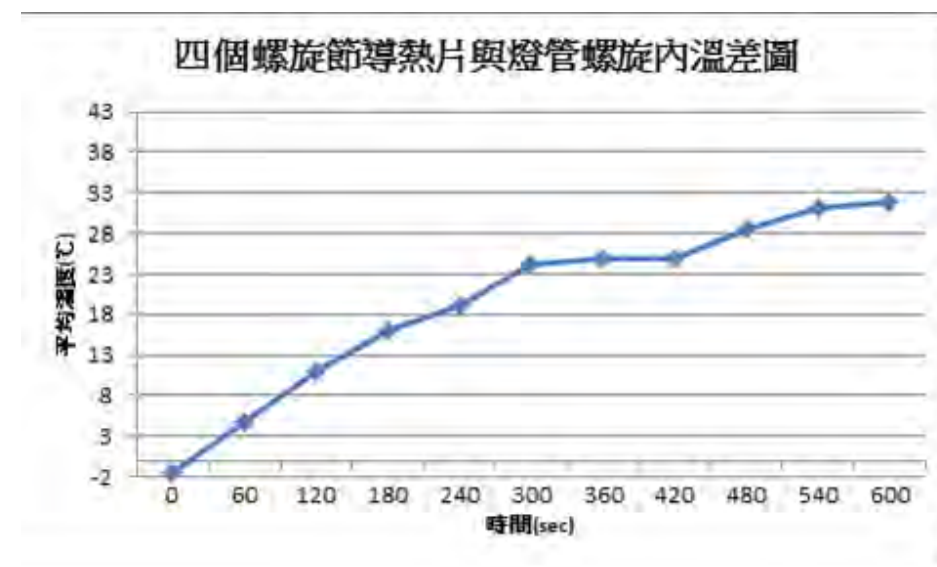
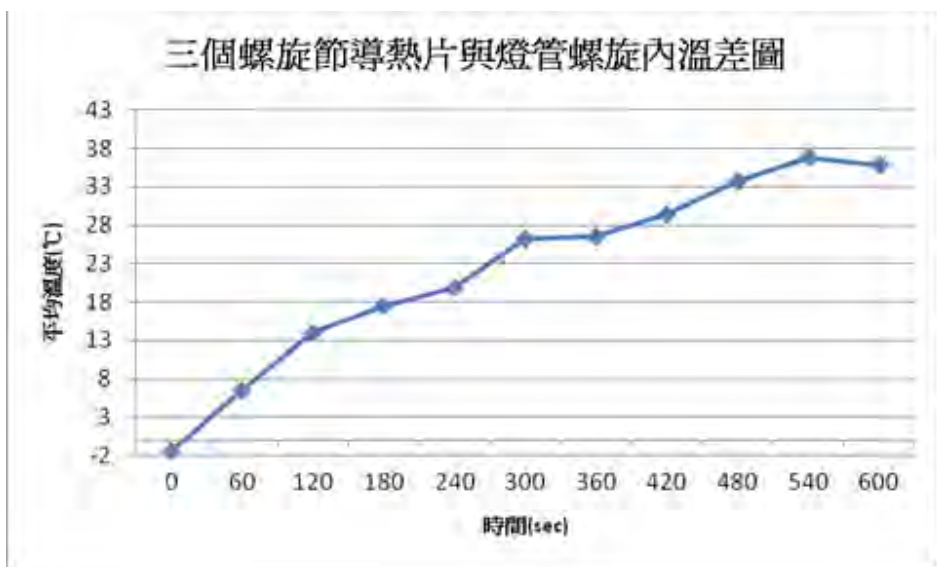
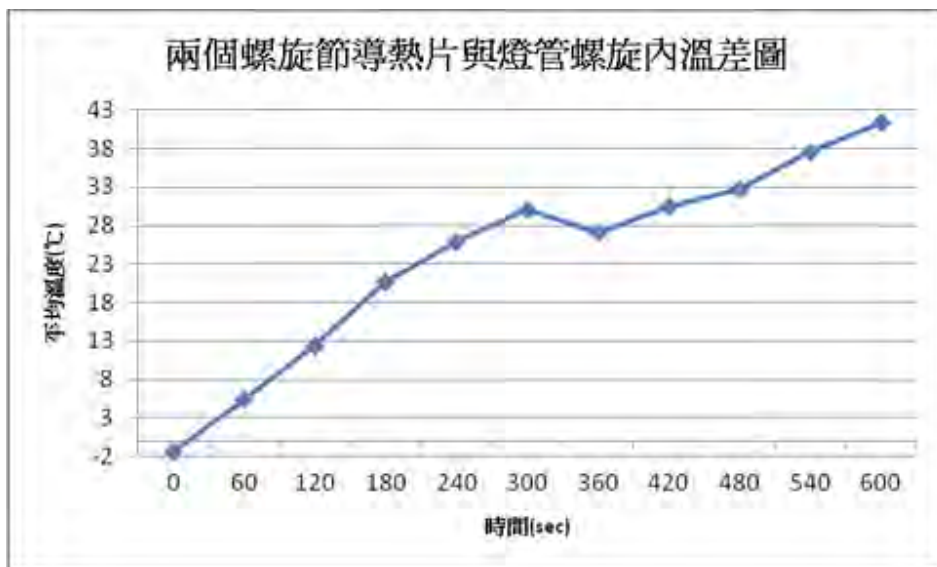
圖 5-4-1 固定溫度燈管的平均最高溫

- (二)、螺旋燈管開燈使用時所能承受的周圍溫度，最高溫大概是 120°C。在固定 120°C 的環境下開燈，燈管玻璃的溫度升到 155°C 到 170°C 這個範圍時，燈管就很有機會壞掉。
- (三)、燈管在高溫下壞掉的瞬間，都會產生微小的氣爆聲，而且燈管基部電極的位置都會有因為溫度過高而造成玻璃破裂的現象。由此可知，在長期高溫環境下使用的螺旋燈管，都是因為玻璃破裂，讓燈管裡的氣體逸散出去而壞掉的。

五、使用塑形導熱片燈管螺旋內的散熱情形

- (一)、使用不同形狀導熱片的導熱效果，以螺旋狀的效果最好。其它的形狀雖然也可以使燈管的螺旋內部溫度下降，但是下降後的溫度都還有 50°C 左右。
- (二)、不同螺旋數目的導熱片中，以 2 個螺旋節的導熱效果最好。雖然剛開始溫度會上升一些，但 2 個螺旋節的導熱片可以成功地把燈管螺旋內部的溫度降下來，調節溫度在 35°C 以下。





圖組 5-5-1 不同螺旋節數導熱片與燈管內部溫差圖

- (三)、溫度的下降導熱效果，並未隨著螺旋節數的增加而增多。
- (四)、將導熱片以每秒 30fp 擷取 GOM 的畫面，計算出對流人造雲的速率，在無導熱片時，流速為 2.3 公分/秒，而無螺旋節的導熱片對增快對流沒有太大的幫助。
- (五)、2 節螺旋節的導熱片可將對流流速增至 5.6 公分/秒，比無導熱片的流速增加了約 43%。

六、未使用小型風扇螺旋內部的散熱情形

- (一)、開燈後螺旋內部的溫度會上升到趨近於 80°C 左右。

七、使用小型風扇螺旋內部的散熱情形

- (一)、使用小型風扇時螺旋內部的溫度變化情形較平緩，溫度可成功的控制在 35°C 以下。

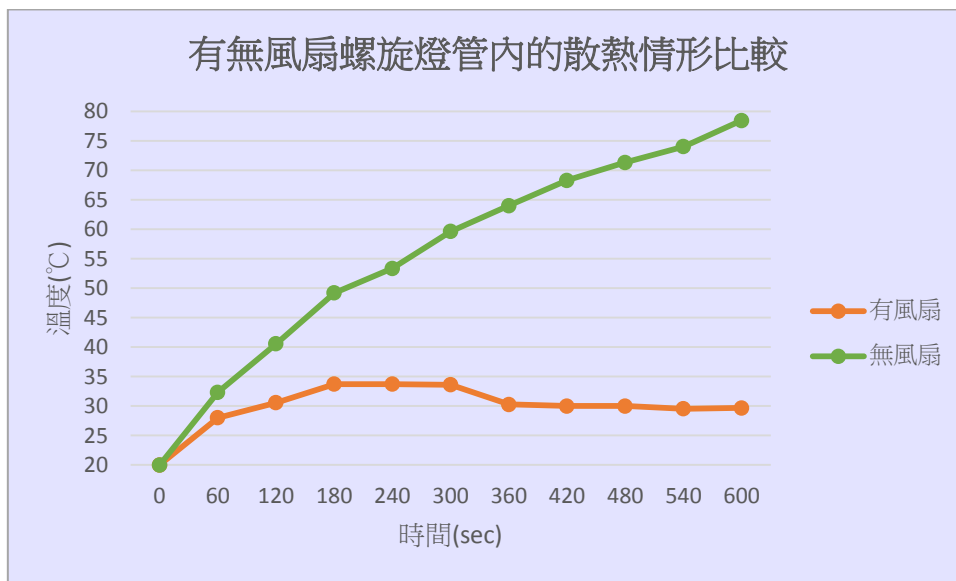


圖 5-7-1 有無使用風扇螺旋燈管內的散熱情形比較圖

陸、結論

- 一、使用過的螺旋燈管在暗室中就可輕易的看出光衰的現象，而實驗數據上也顯示，燈管照度會隨使用的時間日益減少，但是照度再壞掉前不會低於 800lux。
- 二、常溫下螺旋燈管在使用 5040 小時~6480 小時間〔第 7 個月~第 9 個月〕會相繼壞掉，壞掉的時間沒有固定性，平均壽命與包裝上標示的 6500 小時不盡相同，約 16%。
- 三、用玻璃罩罩住的螺旋燈管在使用 2880 小時~4320 小時間〔第 4 個月~第 9 個月〕會相繼壞掉，壞掉的時間沒有固定性，平均壽命比長溫下的約少了 36.2%。
- 四、螺旋燈管螺旋內部的溫度過高，變化也最大，雖然有熱對流發生，但些微的溫度變化不足以改變溫度上升的趨勢，平均溫度最高可上探 69.6°C，將近 70°C，3.0 公分以後的溫度就幾乎不改變。
- 五、螺旋燈管最高的開燈環境溫度在 120°C 以上，燈管溫度高於 155°C 時燈管就容易在開燈後數十秒內壞掉。
- 六、在平均溫度過高的環境中，螺旋燈管的壽命會大幅減少，而螺旋內部的溫度較其他位置來得高，所以燈管是因溫度長期過高及螺旋內外溫差過大造成燈管發生微小破裂而壞掉。
- 七、為了平衡燈管螺旋內與外的溫度差異，因此用導熱片來平衡，2 個螺旋節的導熱片調節溫度的效果最好，可將溫度控制在 35°C 以下。
- 八、2 節螺旋節導熱片可將對流速率增至 5.6 公分/秒，增加的速率約 3.3 公分/秒，效果最佳。
- 九、使用小型風扇也可將溫度控制在 35°C 以下，與 2 節螺旋節的導熱片效果差不多。
- 十、建議：日常生活中的螺旋燈管如果為正立，可使用 2 節螺旋節的導熱片；如果為倒立，則可使用裝有小型散熱風扇的螺旋燈管。
- 十一、衍生應用：最佳的導熱螺旋節數為 2 節螺旋，不僅可以將其運用延長螺旋燈管壽命外，還可運用在其他承受不了高溫而須散熱的物品上。

柒、參考資料

休伊特《觀念物理Ⅲ》天下文化 P.143、P.144、P.146、P.147

休伊特《觀念物理Ⅴ》天下文化 P.52、P.60、P.80、P.81、P.82、P.89

陳偉民、林金昇、江彥雄《3D 理化遊樂場Ⅱ》天下文化 P.164

郭治《小博士教室·物理篇 3》展智文化 P.14、P.15

牛頓雜誌編輯團《牛頓科學雜誌 54 號》牛頓媒體股份有限公司 P.26、P.27

稻見辰夫、稻見昌彥《圖解電氣迴路》世茂出版集團 P.58、P.59、P.132、P.133

台灣師大物理系 物理教學示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/>

【評語】 030822

1. 此作品利用螺旋型金屬，加強螺旋燈管散熱，頗有成效。
2. 此想法簡單，且有效，可能有商品化價值。
3. 對於金屬的形狀、數目可再加以深入探討。