

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

032917

「管 淨」自然涼 --- 隔熱隔音簾的設計

學校名稱：臺中市立居仁國民中學

作者：  國一 劉晉爾  國一 謝卉芸  國一 劉柏廷	指導老師：  吳健志  蔡明致
---	-----------------------------

關鍵詞：對流、反射角、共振

## 摘要

為解決教室拉窗簾而變昏暗的問題。我們運用透明吸管製作管簾，透過煙霧、光照及共鳴音量測試，尋找最有效隔音、隔熱及透光的管簾設計。實驗結果：1.管徑越小，對流越快。2.管簾太長，對流會變慢，最佳管長是120cm。3.受熱位置越低對流越快。4.吸管材質吸熱量太大時，會造成室內溫度升高，須增設屋內地板進氣孔及室內屋頂管簾排氣孔，促進室內排熱。5.入射角0度時管簾噪音隔絕效果最好，但吸管會產生共振。6.建議吸管内塗上深色油漆或貼布簾，可提高吸管上下溫差又可吸震。7.管簾連接處及裝設位置都需加橡膠等彈性材料介面，降低管簾對噪音的共振現象。未來可應用在改良玻璃帷幕大樓成為「透光通風降噪」的環保綠建築。

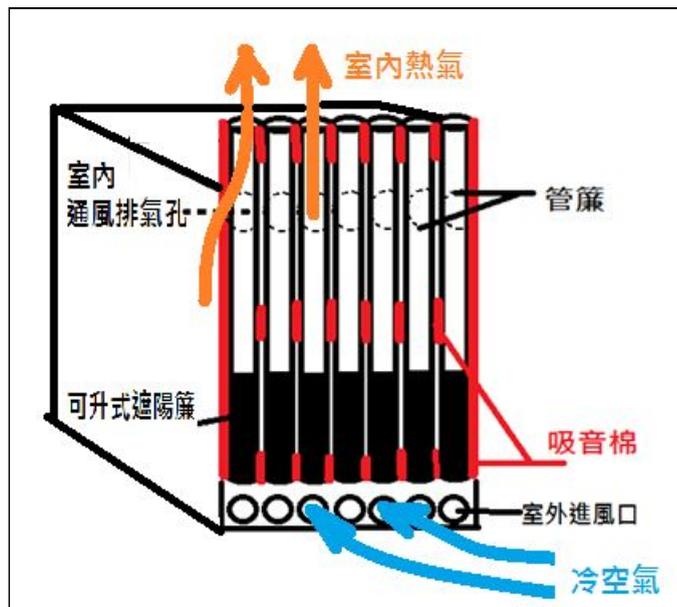


圖1、改良玻璃帷幕大樓之管簾裝置設計圖

## 壹、研究動機

我們學校位置在市中心，每天交通繁忙，車輛經過的聲音也很大，所以每天我們經歷了老師上課聲、汽機車聲、別班上課打球聲，再加上座向東西向的教室晨昏都受到太陽的“關照”---關窗、拉窗簾防日照，每天過著昏天暗地的生活，所以開啟一扇窗成為我們每天的奢望!因此，我們希望從窗簾著手，透光、隔音、隔熱，是我們幾位同學設定的研究方向！

## 貳、研究目的

- 一、探討管簾特性(管徑、管長、照光角度、吸熱紙長度)對對流及隔熱效果的影响。
- 二、探討管簾特性(管簾偏轉角度、填充黑紙高度)對管簾隔音效果的影响。
- 三、探討管簾吸熱紙長度對室內透光度的影响

## 參、研究方法

### 一、名詞解釋

(一)對流作用：對流通常發生在流體內或流體和容器之間有溫度差時，因為溫度的差異會使得流體之間的親密度不同，當液體或氣體物質一部分受熱時，體積膨脹，密度減少，逐漸上升，其位置由周圍溫度較低、密度較大的物質補充之，此物質再受熱上升，周圍物質又來補充，如此循環不已，遂將熱量由流動之流體傳播到各處。

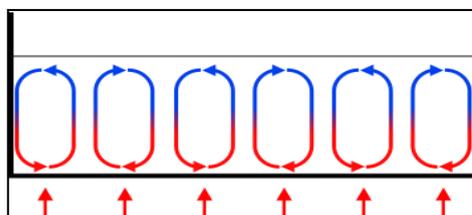


圖3-1-1、熱對流原理

(二)熱輻射 (heat radiation)：是物體用電磁輻射把熱能向外散發的熱傳方式，是熱的三種主要傳遞方式之一，以熱輻射傳遞熱時不需要介質。

(三)聲屏障：在聲源和接收者之間插入一個設施，使聲波傳播有一個顯著的附加衰減，從而減弱接收者所在的一定區域內的噪聲影響，這樣的設施就稱為聲屏障。聲波在傳播過程中遇到聲屏障時，就會發生反射、透射和繞射三種現象。聲屏障的隔聲效果一般可採用減噪量表示聲屏障高度在1m—5m間，覆蓋有效區域平均降噪達10~15dB(A)(125Hz~40000Hz，1/3倍頻程)，最高達20dB(A)。



圖3-1-2、聲屏障的種類

(圖片出處：每日頭條<https://kknews.cc/news/q3ebjyy.html>)

## 二、研究架構

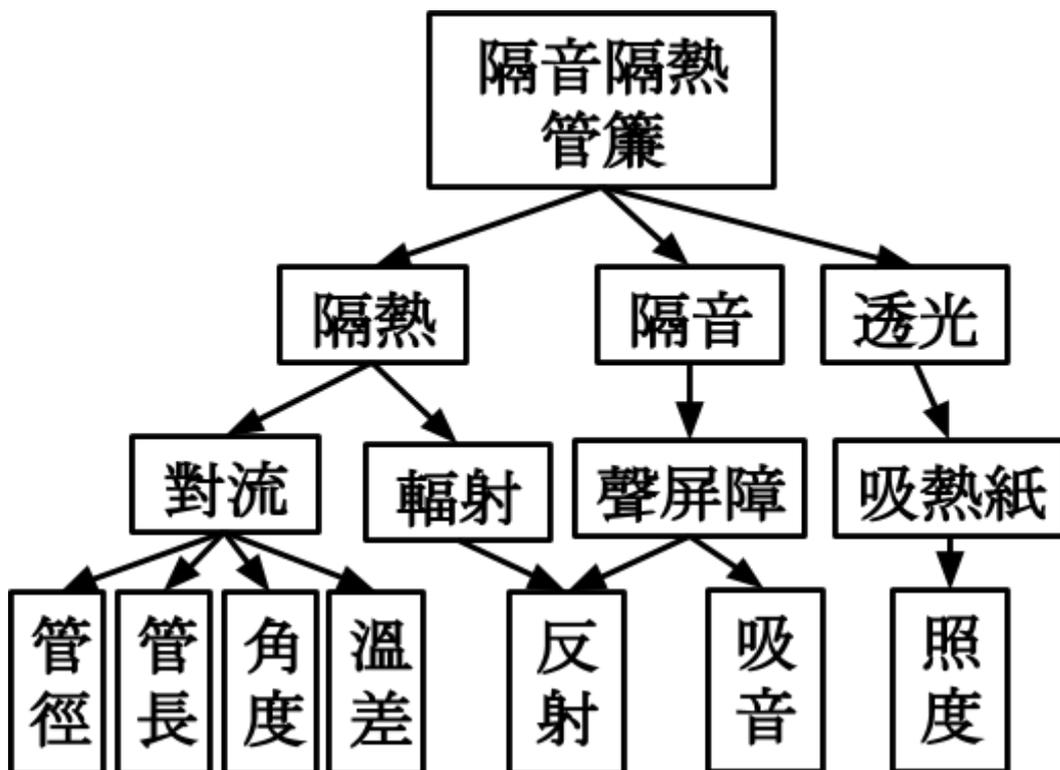
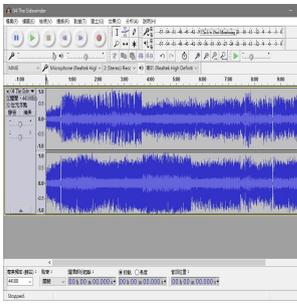
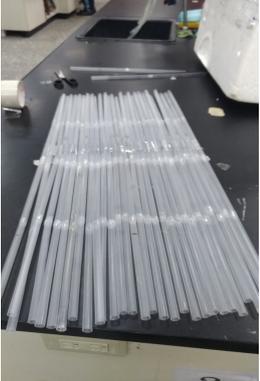


圖3-2-1 實驗研究架構圖

## 三、儀器與器材

			
<p>隔熱隔音箱</p>	<p>k type 電子溫度計</p>	<p>audacity 錄音程式</p>	<p>600W電熱套</p>
			
<p>吸管</p>	<p>線香</p>	<p>漏斗</p>	<p>發聲器</p>

## 肆、研究結果

### 一、探討管簾特性(管徑、管長、照光角度、吸熱紙長)對管內煙霧對流速率的影響。

#### (一)管簾管徑對對流作用的影響：

1. 假設：管徑越大，對流阻力小，對流速率越快。
2. 操縱變因：管簾管徑
3. 控制變因：管長、材質(PP)、紅外線加熱器(600W 加熱至45°C)、煙霧溫度(27.2°C)室溫(25.0°C)
4. 應變變因：煙霧對流速率
5. 實驗結果：

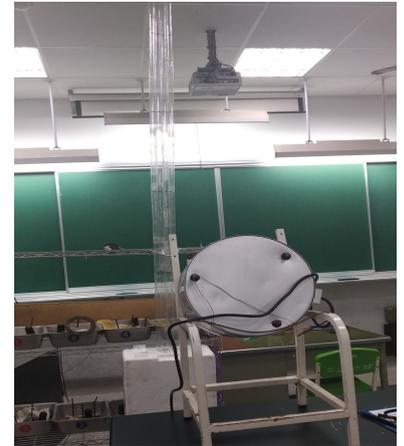


表 4-1-1-1 管徑8cm時，管長對平均對流速率的影響

室溫組	管長 (公分)	升煙時間 (秒)	2	3	平均時間	對流速率	每段需時	加熱組	管長 (公分)	升煙時間 (秒)	2	3	平均時間	對流速率	每段需時
	40.0	9.5	10.6	8.0	9.4	4.3	9.5		40.0	8.9	8.0	7.9	8.3	4.8	8.9
80.0	21.6	19.7	20.5	20.6	3.9	11.2	80.0	13.8	14.0	14.1	13.9	5.7	5.7		
120.0	24.6	22.5	23.6	23.6	5.1	3.0	120.0	12.6	13.7	14.5	13.6	8.8	-0.4		
160.0	26.3	26.6	28.8	27.2	5.9	3.7	160.0	14.5	13.7	15.1	14.4	11.1	0.8		
200.0	38.3	43.6	41.1	41.0	4.9	13.8	200.0	17.3	16.7	17.5	17.2	11.6	2.8		

圖4-1-1-1 管徑8cm，管長對平均對流速率的影響

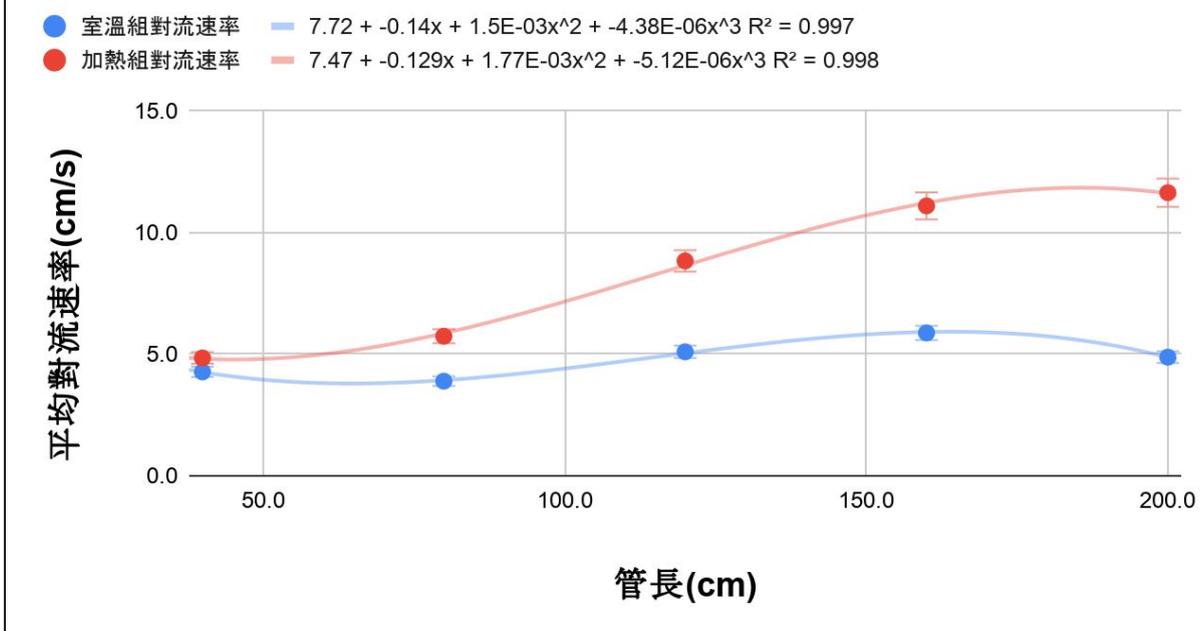


表 4-1-1-2 管徑3cm時，管長對平均對流速率的影響

200cm	管長 (公分)	煙時間 (秒)	2	3	平均 時間	對流 速率	每段 需時	200c m	管長 (公分)	煙時 間 (秒)	2	3	平均 時間	對流 速率	每段 需時
室溫組	40.0	11.52	11.39	12.03	11.65	3.43	11.6	加熱組	40.0	4.0	3.2	3.9	3.7	10.9	3.7
	80.0	15.37	19.84	19.57	18.26	4.38	6.61		80.0	5.1	5.0	5.7	5.3	15.2	1.6
	120.0	24.39	26.44	29.86	26.90	4.46	8.64		120.0	7.3	7.9	8.6	8.0	15.1	2.7
	160.0	28.85	30.61	29.95	29.80	5.37	2.91		160.0	12.3	9.5	10.9	10.9	14.7	2.9
	200.0	50.18	52.17	48.04	50.13	3.99	20.3		200.0	15.4	13.9	13.9	14.4	13.9	3.5

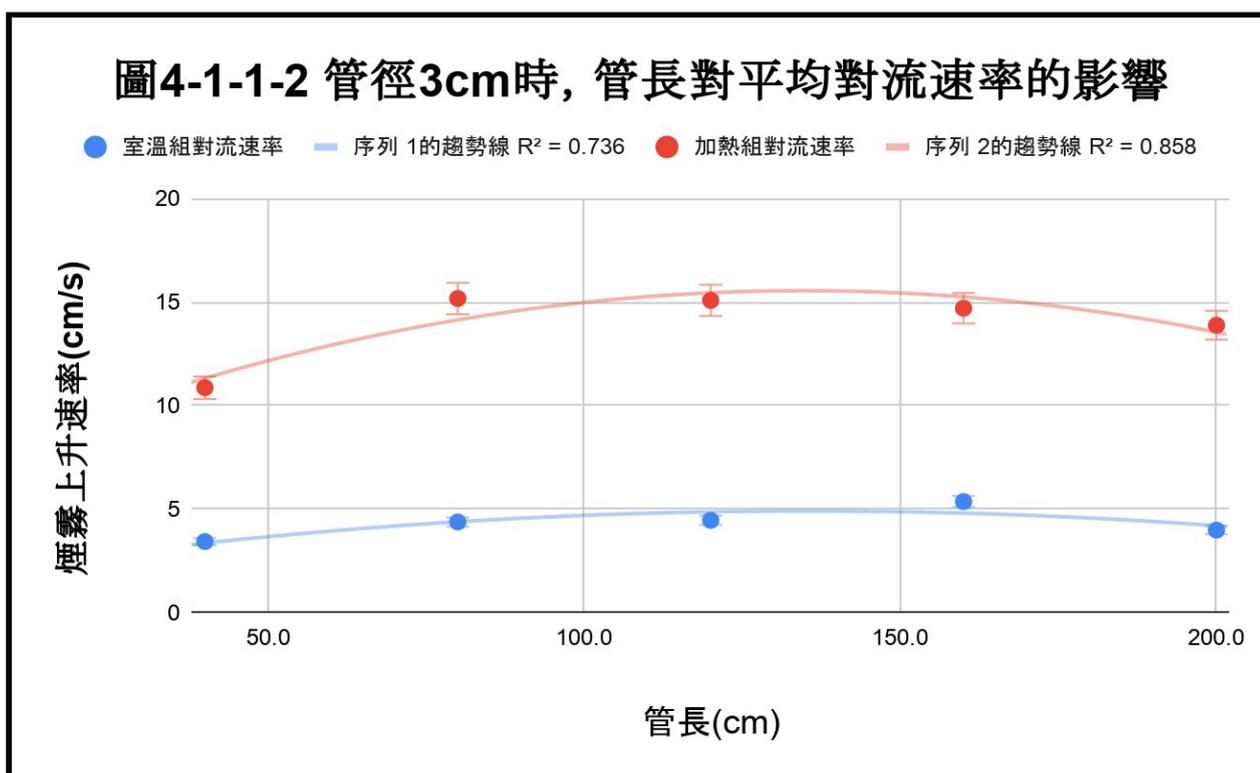
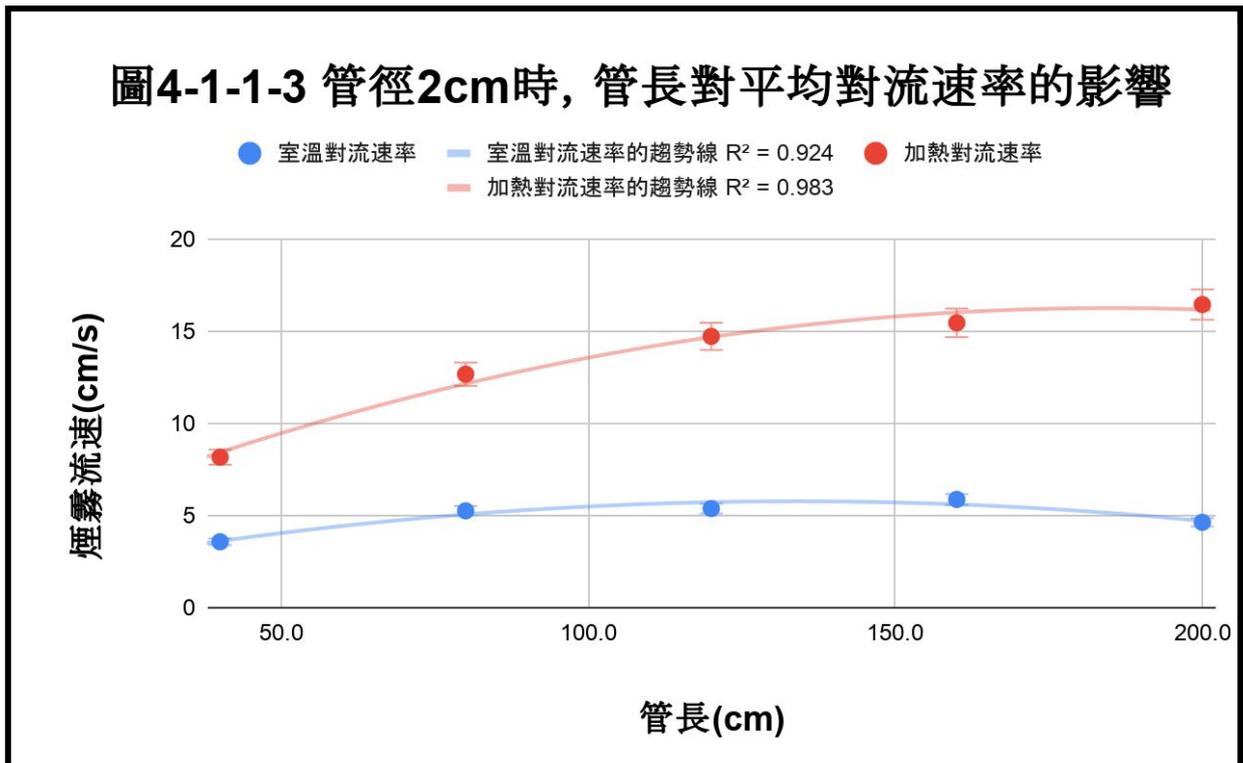


表 4-1-1-3 管徑2cm時，管長對平均對流速率的影響

200c m	管長 (公分)	煙時間 (秒)	2	3	平均 時間	室溫 對流 速率	每段 需時	200c m	管長 (公分)	煙時 間 (秒)	2	3	平均 時間	加熱 對流 速率	每段 需時
室溫組	40.0	12.07	84	10.6	11.17	3.58	11.17	加熱組	40.0	4.27	5.16	5.24	4.9	8.2	4.9
	80.0	14.5	15.7	15.4	15.20	5.26	4.03		80.0	6.87	5.78	6.26	6.3	12.7	1.4
	120.0	20.96	22.76	23.11	22.28	5.39	7.08		120.0	8.07	8.11	8.23	8.1	14.7	1.8
	160.0	26.96	28.31	26.32	27.20	5.88	4.92		160.0	10.33	10.2	10.4	10.3	15.5	2.2
	200.0	42.5	42.45	44.44	43.13	4.64	15.93		200.0	12.12	11.9	12.3	12.1	16.5	1.8

圖4-1-1-3 管徑2cm時，管長對平均對流速率的影響



6. 實驗結果討論:

(1)由於不同管徑的管簾日曬加熱速率不同，須配合管徑測試最佳散熱速率的管長，才能達成最佳散熱效能。使用管徑8公分的透明通風管時，於管簾下方加熱，對流速率比起未加熱可增加將近一倍，最適宜的散熱管長約在120~160cm之間。使用管徑3公分的透明通風管時，於管簾下方加熱，對流速率可增加將近兩倍，在管長80公分之後速度趨於穩定。使用管徑2公分的透明通風管時，於管簾下方加熱，對流速率可增加將近兩倍，在管長80公分之後速度趨於穩定。

(2)煙霧越接近加熱區時流速越快，通過加熱區後，則先加速運動，遇冷空氣後則漸漸以減速度運動。管徑越大冷空氣的散熱及加熱效率都會降低，因而阻滯通風管的對流效率。因此，改良通風管的散熱與吸熱設計，加大管內流體的溫差及密度差，是未來提升對流效率策略。

**(iii) 熱對流 (convection) 與 Newton's law of cooling**

- Newton's law of cooling (英國科學家 Newton 於1701年提出):  

$$Q = hA (T_w - T_\infty)$$

其中  
 h = convective heat transfer coefficient = 熱對流係數 (W/m<sup>2</sup>-K)  
 A = 固體與流體之接觸面積 (m<sup>2</sup>)  
 T<sub>w</sub> = 固體之表面溫度，  
 T<sub>∞</sub> = 流體之溫度

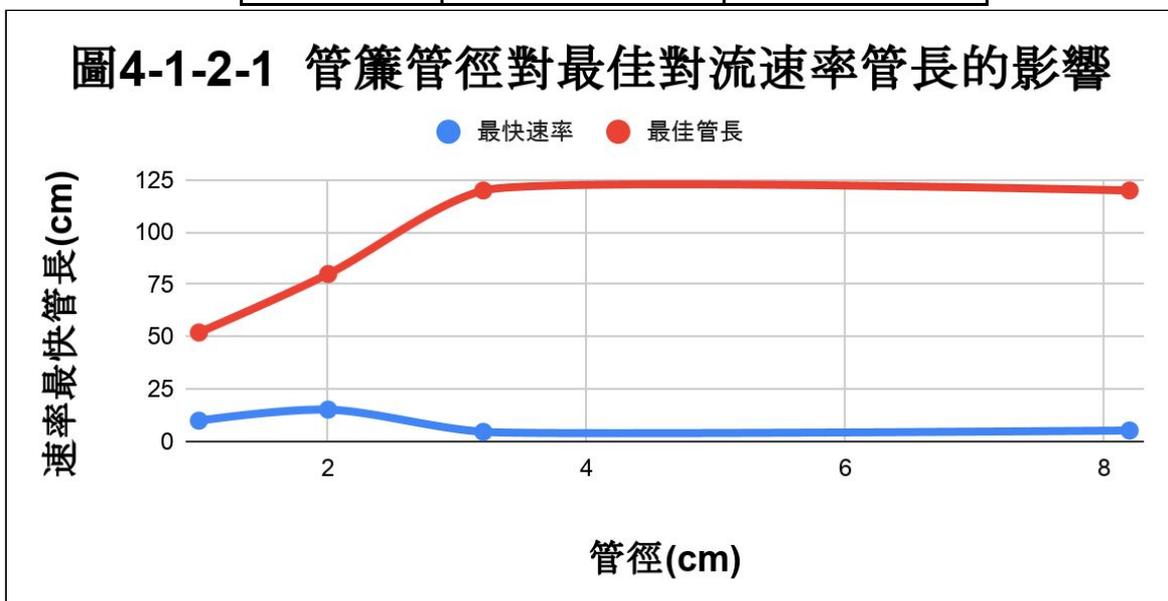
- 強制熱對流 (forced convection)  
 以風扇或幫浦驅動流體!
- 自然熱對流 (natural/free convection)  
 熱流體向上，冷流體向下! (重力)

## (二)管簾管徑對最佳對流速率管長的影響：

- 1.假設：管徑越大，對流流體的體積越大，對流速率越慢。
- 2.操縱變因：管簾管長
- 3.控制變因：管徑(8、3、2cm)、材質(PP)、紅外線加熱器(600W)、加熱組加熱至管溫45°C、煙霧溫度(27.2°C)室溫(25.0°C)
- 4.應變變因：煙霧對流速率
- 5.實驗結果：

表 4-1-2 管簾管徑對最佳對流速率管長的影響

管徑(cm)	最快速率(cm/s)	最佳管長(cm)
1.0	9.8	52
2.0	15.1	80
3.2	4.46	120
8.2	5.09	120



### 6.實驗結果討論:

(1)觀測結果：管徑越小，對流速率越快，而且加熱後的速率倍增。比較加熱後的煙霧對流速率，管徑3.2及1公分的流速約為管徑8.3公分流速的1.5倍，管徑2公分的流速約為管徑8.3公分流速的3倍。而且加熱後到達最高對流速的管長高度需求約可減少一半的管長需求(管徑3.2及2公分只需管長80及120公分即可達到最高流速)，符合現代建築物的窗戶高度需求，更可以提供解決未來玻璃帷幕大樓通風及透光的兩難問題。

(2)變化趨勢及原因：吸管管徑越大，代表圓柱體內的氣體體積越大，而加熱面積只提供接觸面的氣體熱能，所以相同的加熱效率，無法供應足夠的對流動力推動大管徑的氣體，因此，管徑越小，對流速率越快。不過管徑過細時(小於1cm)，則會因為管壁摩擦力的關係又降低對流流速，所以最佳管徑是2cm最速管長需大於75cm。

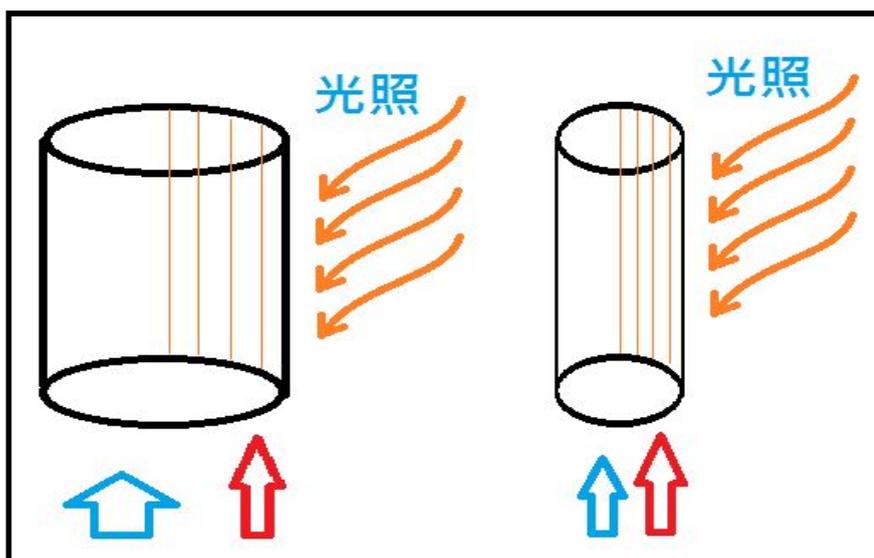


圖4-1-2-2 管徑大小對加熱速率與對流速率的關係

(3)未來應用：設計管簾時，管徑約在3cm以下，120公分的管長，即可達成快速對流散熱的功效。但是實際的管徑還需配合施作面積及價格，因為管徑越細，製作難度越高。



照片4-1-2 管簾管徑2cm對最佳對流速率管長的直流煙霧

### (三)管簾管長對管內煙霧對流速率的影響(無加熱)：

- 1.假設：吸管長度越長空氣阻力大，煙霧對流到頂端管口時間越長，對流速率慢。
- 2.操縱變因：吸管長度
- 3.控制變因：管徑(1cm)、材質(PP)、煙霧產生器(27.2°C)、室溫(25.0°C)、加熱器 距離管簾距離(15cm)。
- 4.應變變因：煙霧對流速率

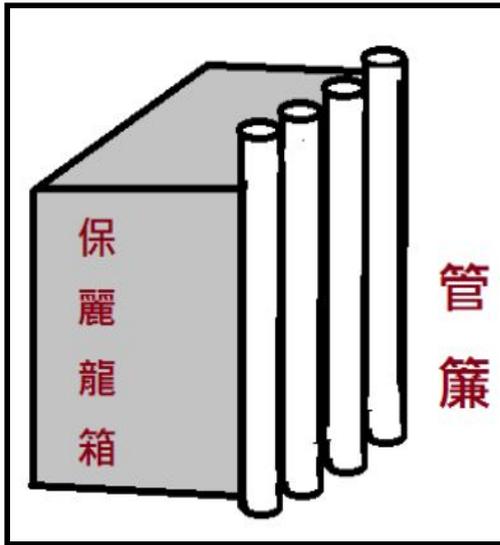


圖4-1-1管簾對流測量裝置設計圖



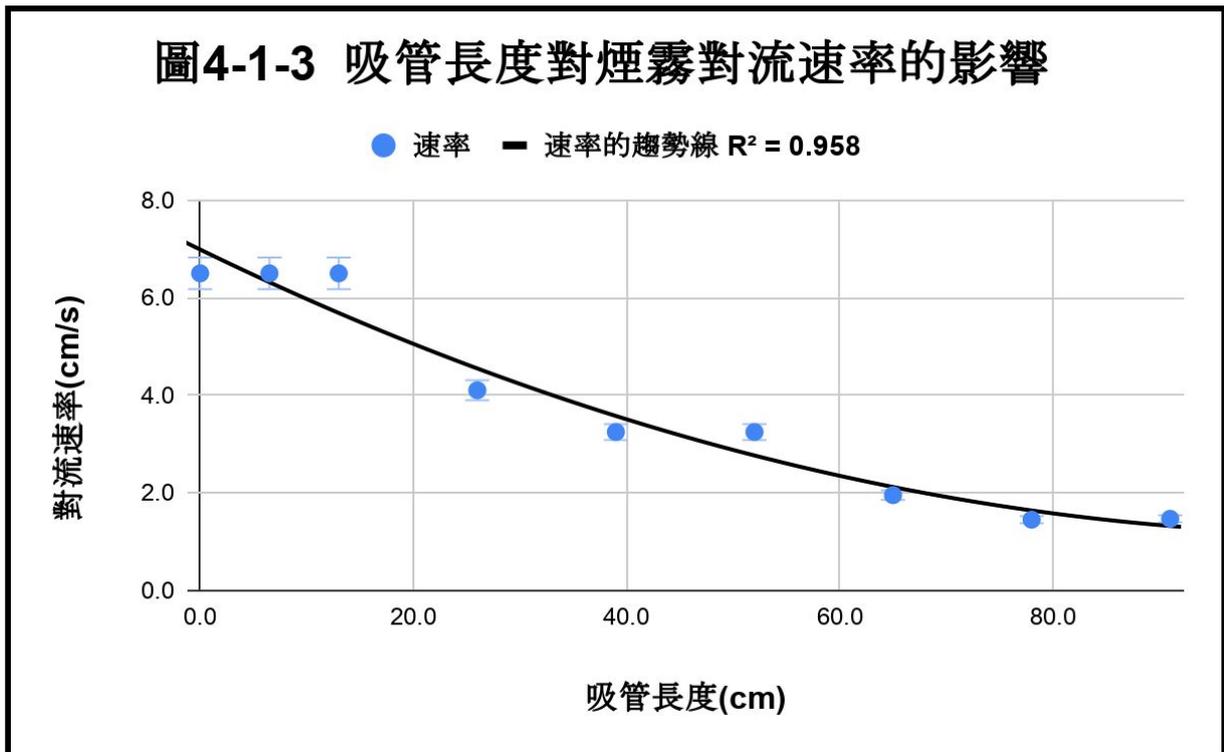
照片4-1-1管簾對流測量裝置

### 5.實驗結果：

表4-1-3吸管長度對管內煙霧對流速率的影響

管簾長度(cm)	對流時間(s)	對流時間(s)	對流時間(s)	平均時間(s)	管內煙霧對流速率(cm/S)
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6.5
6.5	1.0	1.0	1.0	1.0	6.5
13.0	2.0	2.0	2.0	2.0	6.5
26.0	6.0	7.0	6.0	6.3	4.1
39.0	10.0	13.0	13.0	12.0	3.3
52.0	12.0	17.0	19.0	16.0	3.3
65.0	27.9	32.6	39.2	33.2	2.0
78.0	59.5	54	47.5	53.7	1.5
91.0	63.4	61.7	60.4	61.8	1.5

圖4-1-3 吸管長度對煙霧對流速率的影響



#### 6. 實驗結果與討論

(1) 吸管長度越長阻力大，對流速率越慢。**大於65公分對流速率差異不大。**

(2) 變化趨勢及原因：長度超過65公分以後，對流速率約降50%推測應是**溫差降低及管內空氣阻力變大**的關係。

(3) 未來應用：由於一般窗戶的窗簾，長度大多超過65公分，所以**管簾越長越要增加管徑及上下溫差，才能減少阻力，加速對流。**也就是管徑需要因應窗簾的長度進行調整才能達到最佳散熱效率。

#### (四)管簾管長對管內氣體對流速率的影響(有加熱)：

- 1.假設：吸管長度越長，管簾兩端溫差越大，對流速率越快。
- 2.操縱變因：吸管長度
- 3.控制變因：管徑(1cm)、材質(PP)、紅外線加熱器(600W)、煙霧溫度(27.2°C)、室溫(25.0°C)、紅外線燈離管簾距離(15cm)
- 4.應變變因：管簾上下端溫差及對流速率。



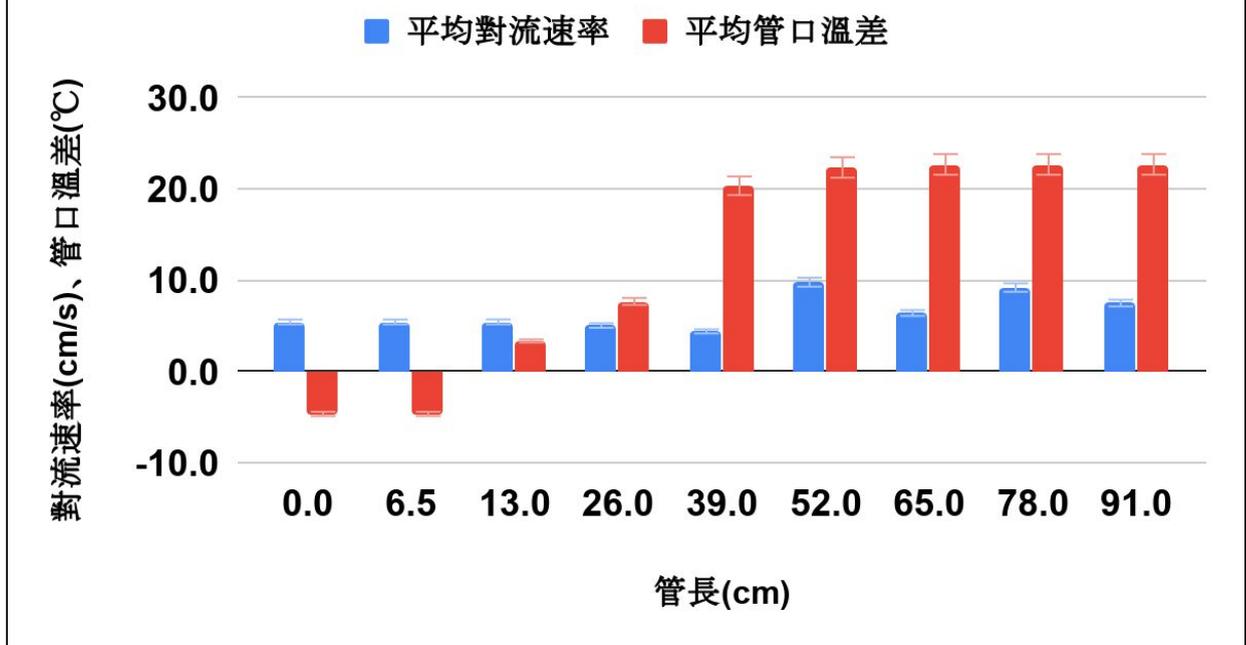
圖4-1-4-1 管長對管內氣體對流速率實驗裝置設計圖及實驗裝置

#### 5.實驗結果：

表 4-1-4 管簾 管長對速率及溫差的影響

管簾 長度 (cm)	對流 時間 (s)	對流 時間 (s)	對流 時間 (s)	平均 時間 (s)	平均 速率	上溫	上溫	上溫	溫差	溫差	溫差	平均 溫差
0.0	1.1	1.4	1.1	1.2	5.4	53.0	54.0	56.0	-1.0	-4.0	-9.0	-4.7
6.5	1.1	1.4	1.1	1.2	5.4	53.0	54.0	56.0	-1.0	-4.0	-9.0	-4.7
13.0	2.7	2.6	1.9	2.4	5.4	43.0	48.0	48.0	9.0	2.0	-1.0	3.3
26.0	4.9	5.7	5.0	5.2	5.0	42.0	42.0	42.0	10.0	8.0	5.0	7.7
39.0	7.9	10.1	8.7	8.9	4.4	30.0	29.0	29.0	22.0	21.0	18.0	20.3
52.0	5.0	6.6	4.3	5.3	9.8	28.0	27.0	27.0	24.0	23.0	20.0	22.3
65.0	11.1	10.5	8.8	10.1	6.4	27.0	27.0	27.0	25.0	23.0	20.0	22.7
78.0	10.0	7.5	8.0	8.5	9.2	27.0	27.0	27.0	25.0	23.0	20.0	22.7

圖4-1-4-2 管長對速率及管口溫差的影響



6. 實驗結果討論：

(1) 加熱情況下，長吸管長的對流速率較快於短吸管。

(2) 管長超過52公分時，上下溫差最大且趨於穩定，其中52cm的管簾對流速率最快，推測應是溫差大及管內空氣密度變小，阻力變小的關係。因為對流速率在52公分以後趨於穩定。所以後續實驗將以52公分管簾為主要實驗材料。

(3) 最短的6.5公分管簾溫度呈現上高下低的反常現象，經觀察發現吸管吸熱後呈現高溫，熱對流使得管口溫度高於管底的溫度。但因管徑與煙管相同對流速率與對照組空氣中相同，管外的溫度並未造成對流的阻礙。

7. 未來應用：管簾需要適當的管徑(1.5公分以上)及管長(52公分以上)，才能達到對流降溫的效果。

### (五)照光角度 對內外溫差的影響：

- 1.假設：管簾日照角度越大，反射量大，內外溫差小。
- 2.操縱變因：加熱器照射角度
- 3.控制變因：吸管管長(52cm)、吸管材質(PP)、紅外線加熱器(600W)、煙霧溫度 (27.2°C)、室溫(25.0°C)
- 4.應變變因：保麗龍箱內外溫差

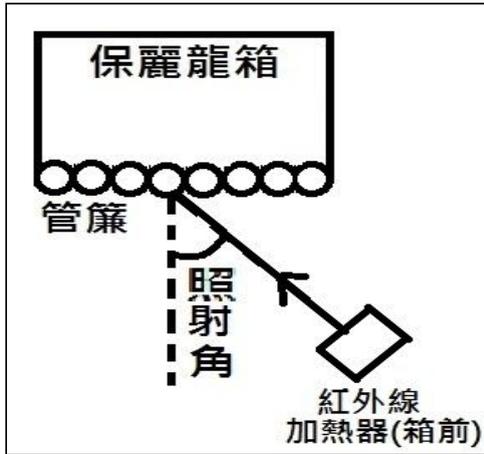


圖4-1-4-1照光角度對對流速率實驗裝置設計圖

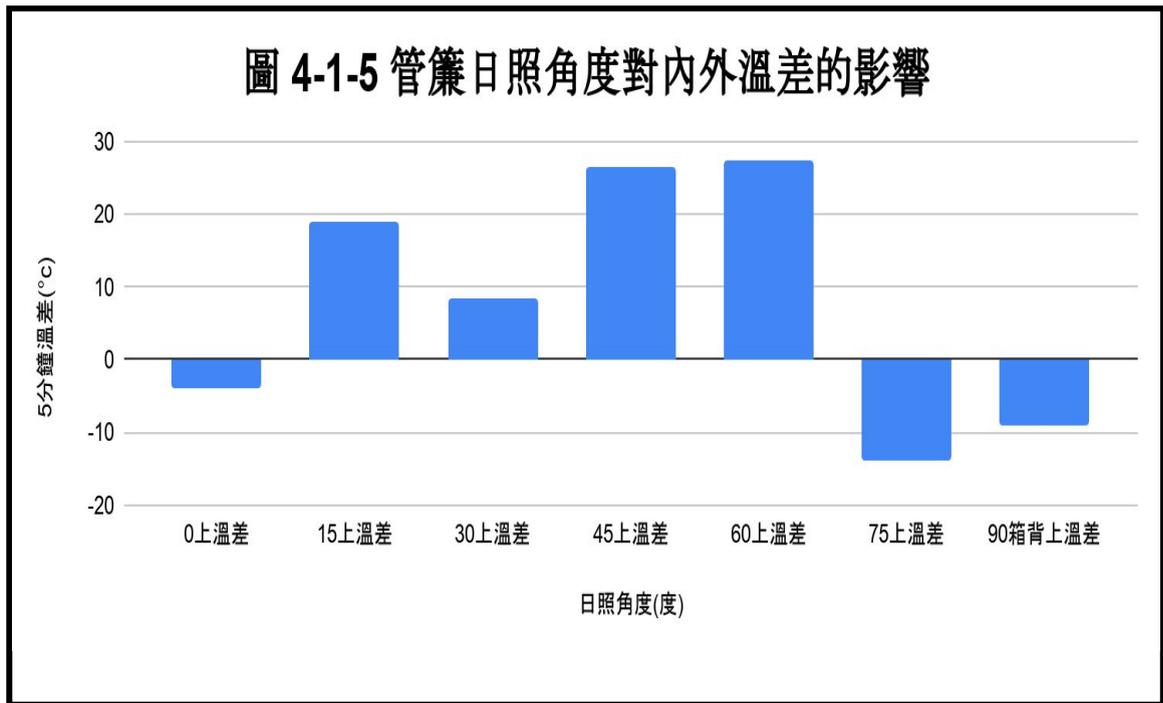
照片4-1-4-1對流速率實驗裝置

### 5.實驗結果：

表 4-1-5 管簾日照角度對內外溫差的影響

	日照角度	0前	15前	30前	45前	60前	75前	0箱背	0無管前
加熱時間 (分)	0	22.0	23.5	24.5	22.0	22.3	23.5	21.0	21
	1	29.0	23.7	38.8	26.3	27.7	43.4	32.0	43.0
	2	31.0	26.2	50.5	27.5	27.3	62.2	36.0	43.0
	3	32.0	24.4	51.1	27.3	29.3	70.2	35.0	50.4
	4	31.0	25.9	61.2	28.8	27.4	63.1	35.0	55.7
	5	31.0	26.1	59.8	28.6	27.5	79.2	38.0	59.6
	均溫	29.33	24.97	47.65	26.8	47.7	56.93	34.33	49.70

角度 ----- 加熱 時間 (分)	上溫差							90箱 背上 溫差	角度 ----- 加熱- 時間 (分)	下溫差						
	0上 溫差	15上 溫差	30上 溫差	45上 溫差	60上 溫差	75上 溫差	0下 溫差			15下 溫差	30下 溫差	45下 溫差	60下 溫差	75下 溫差	90箱 背下 溫差	0無 管下 溫差
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.0	-12.2	-10.6	-17.9	-11.5	-0.5	5.0	1	5.0	-6.3	3.5	-6.8	-1.5	9.3	11.0	9.0
2	4.0	-13.9	-3.0	-20.3	-23.5	12.6	10.0	2	8.0	-5.3	12.3	-8.2	-5.0	28.9	15.0	8.0
3	5.0	-14.2	-6.3	-22.3	-19.9	10.9	9.0	3	8.0	-7.6	13.8	-6.2	-3.9	33.5	13.0	7.8
4	4.0	-17.1	-4.4	-22.6	-21.5	2.4	8.0	4	9.0	-7.9	22.1	-7.4	-8.0	24.6	13.0	7.2
5	4.0	-19.0	-8.4	-26.5	-27.3	14.0	9.0	5	9.0	-8.5	19.4	-7.1	-8.5	39.4	15.0	9.4

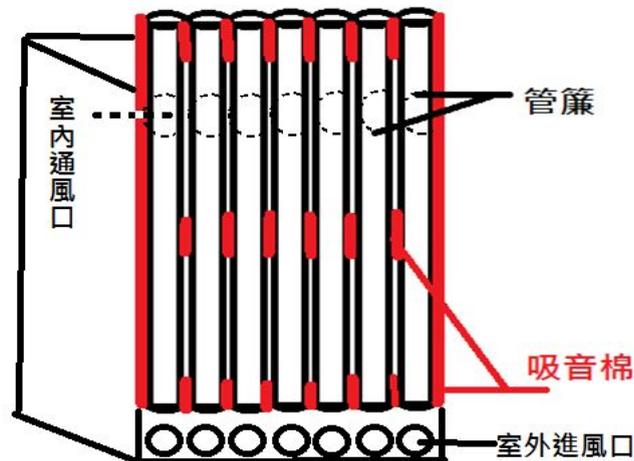


#### 6. 實驗結果討論:

(1) 觀測結果：管簾入射角度越小，入射熱量越多，內外溫差大。

(2) 變化趨勢及原因：因此管簾具有一定的反射隔熱效果。尤其熱輻射直射時(0度)，溫差負值，箱內溫度低，管簾具有隔熱降溫的效果，值得推廣改良「玻璃帷幕大樓」隔熱效果不佳的缺點。入射角度增加時（斜射15-60度），溫差正值，箱內溫度高，雖然容易產生全反射，但是吸管材質吸熱，反而斜射面積越大吸熱量越大（斜射15-60度）。但是西曬時(75-90度)保麗龍箱體可以隔熱，所以溫差負值，降溫溫差大。

(3) 未來應用：入射角度越小，需要管內氣流上下溫差越大，才能快速對流。管外可以輔助貼隔熱紙方式反射輻射熱，降低入射的輻射量，透明管簾又可以減少室內亮度的不足的問題，可改善帷幕大樓通風採光問題。



**圖4-1-4-3通風口增進對流速率之設計**

## (六)黑紙長度對吸熱效果的影響:

在管簾吸管內插入黑色海報紙，觀察不同長度黑紙，所造成的吸熱效果。

- 1.假設:黑紙長度越長，吸熱效果愈佳
- 2.操縱變因:黑紙長度
- 3.控制變因：吸管管長(52cm)、吸管材質(PP)、紅外線加熱器(600W)、煙霧溫度(27.2°C)、室溫(25.0°C)
- 4.應變變因：保溫箱內溫差

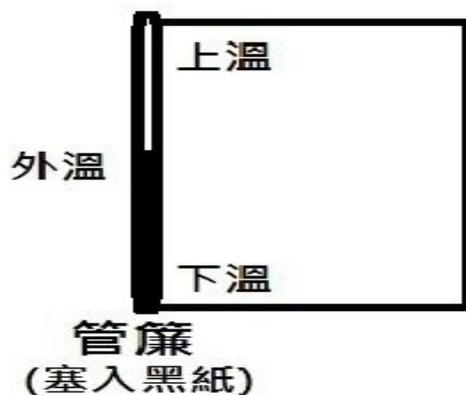


圖4-1-6黑紙長度對管簾對流速率實驗裝置設計圖

## 5.實驗結果：

表4-1-5 黑紙長度對室內外溫差的影響(內溫-外溫)

吸熱長度-照光時間	0上	0下	0外	0上溫差	0下溫差	5上	5下	5外	5上溫差	5下溫差	6上	6下	6外	6上溫差	6下溫差	7上	7下	7外	7上溫差	7下溫差	8上	8下	8外	8上溫差	8下溫差
0	22	22	22	0.0	0.0	31.0	31.0	27.0	4.0	4.0	31.0	31.0	27.0	4.0	4.0	31.0	31.0	27.0	4.0	4.0	31.0	31.0	27.0	4.0	4.0
7	21.0	21.0	21.0	0.0	0.0	35.0	27.8	20.3	14.7	7.5	37.9	29.4	23.0	14.9	6.4	39.7	32.7	24.3	15.4	8.9	42.1	33.0	23.2	18.9	9.8
14	20.9	20.9	20.9	0.0	0.0	41.1	32.2	26.2	14.9	6.0	40.3	31.6	25.3	15.0	6.3	41.2	32.3	25.3	15.9	7.0	41.3	34.0	25.8	15.5	8.2
21	23.3	23.3	23.3	0.0	0.0	39.1	31.8	26.1	13.0	5.7	41.6	33.4	26.2	15.4	7.2	37.7	32.1	27.4	10.3	4.7	42.3	36.0	26.4	15.9	9.6
28	21.5	21.5	21.5	0.0	0.0	39.7	28.6	29.3	10.4	-0.7	40.1	30.2	28.4	11.7	1.8	43.6	30.6	27.6	16.0	3.0	42.8	31.4	29.5	13.3	1.9
35	24.4	24.4	24.4	0.0	0.0	38.1	27.4	26.6	11.5	0.8	40.5	29.7	26.6	13.9	3.1	46.4	30.8	26.8	19.6	4.0	43.4	29.8	28.3	15.1	1.5

接續表4-1-5 黑紙長度對室內溫差的影響(內溫-外溫)

9上	9下	9外	9上溫差	9下溫差	10上	10下	10外	10上溫差	10下溫差	11上	11下	11外	11上溫差	11下溫差	12上	12下	12外	12上溫差	12下溫差
31.0	31.0	27.0	4.0	4.0	31.0	31.0	27.0	4.0	4.0	31.0	31.0	27.0	4.0	4.0	31.0	31.0	27.0	4.0	0.0
40.9	32.1	24.8	16.1	7.3	41.4	32.1	24.8	16.6	7.3	41.5	31.3	24.7	16.8	6.6	43.1	33.9	24.4	18.7	9.5
41.2	31.4	22.6	18.6	8.8	40.8	32.1	23.6	17.2	8.5	42.8	32.2	26.4	16.4	5.8	40.5	32.4	26.5	14.0	5.9
45.1	36.4	26.8	18.3	9.6	44.8	34	26.9	17.9	7.1	45.4	35.5	26.4	19.0	9.1	45.7	36.4	28.3	17.4	8.1
45.6	30.1	28.6	17.0	1.5	44	29.3	27.1	16.9	2.2	42.2	30.4	27.6	14.6	2.8	44.4	33.7	28.5	15.9	5.2
47.3	31.7	28.6	18.7	3.1	46.4	30.7	28.3	18.1	2.4	46.7	31.5	26.9	19.8	4.6	47.6	31.7	27.4	20.2	4.3

表4-1-5-1吸熱紙長度對煙霧對流時間的影響

吸熱長度-照光時間	對流時間(秒)	對流時間(秒)	對流時間(秒)	煙霧平均對流時間(秒)
7cm	4.7	4.6	4.9	4.7
14cm	5.3	5.1	4.6	5.0
21cm	4.1	5.8	3.6	4.5
28cm	3.8	3.1	3.7	3.5
35cm	4.3	3.2	4.8	4.1

圖4-1-5-1吸熱紙長度對煙霧對流時間的影響

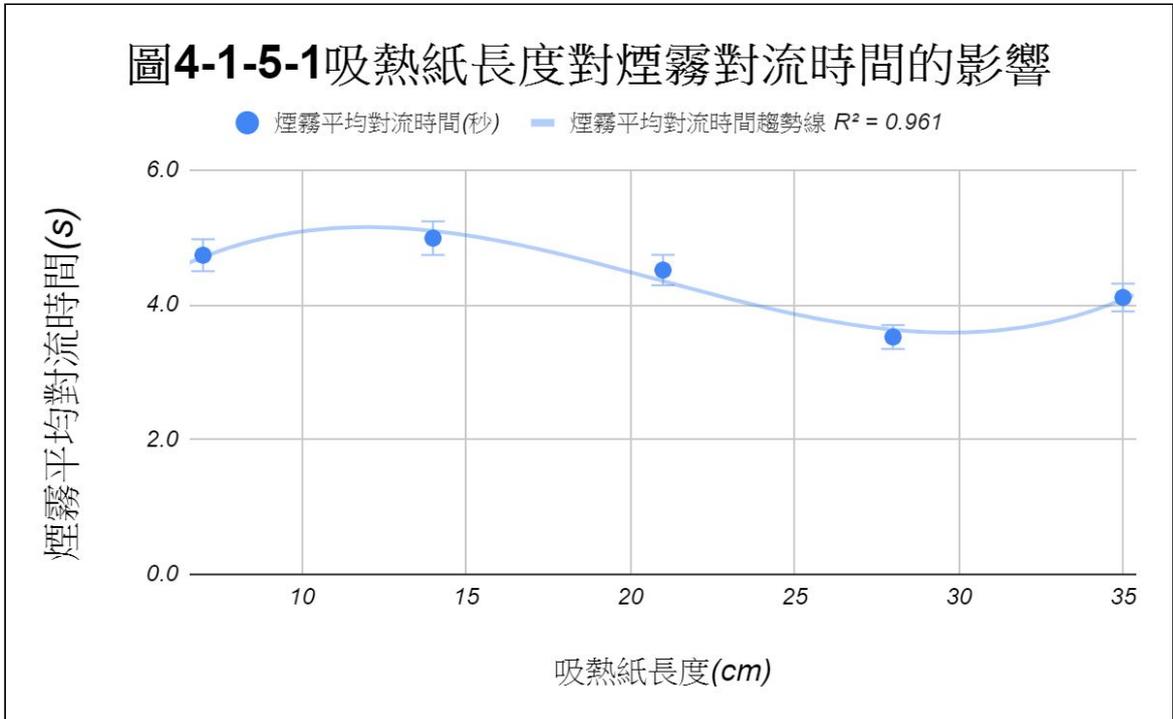
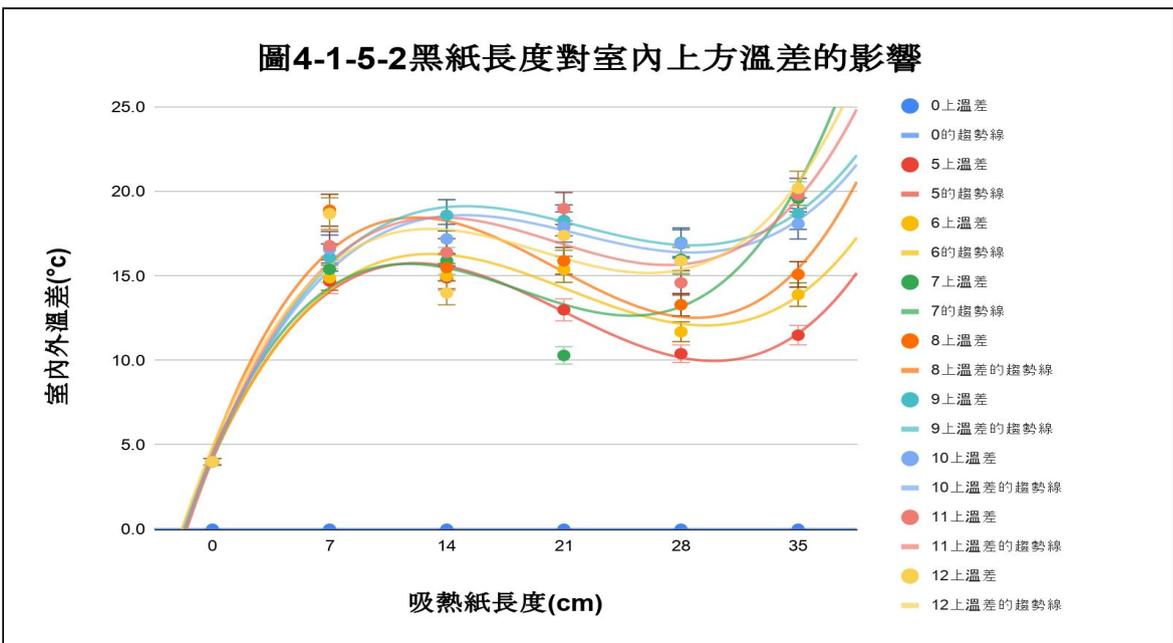
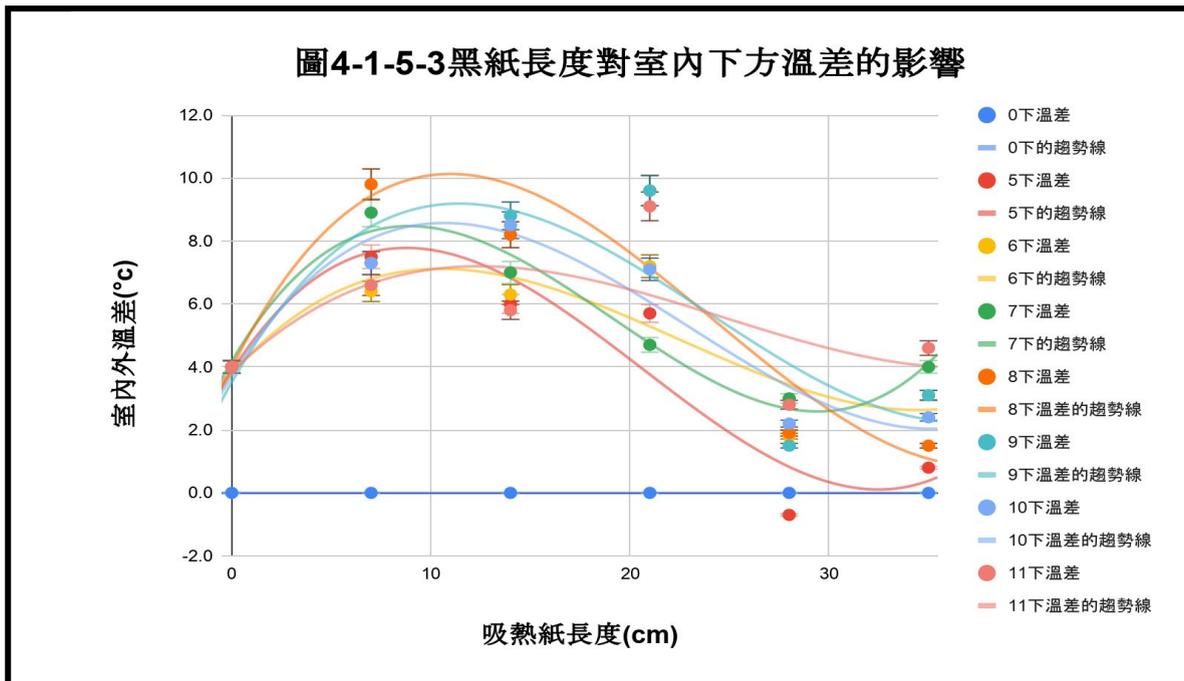


圖4-1-5-2黑紙長度對室內上方溫差的影響





### 6. 實驗結果討論:

(1) 觀測結果：吸熱紙長度越長，溫差愈大，對流時間縮短，對流速率增加(如圖4-1-5-1)，隔熱效果愈佳。而且上下溫差都在吸熱紙長度15cm以後降低且逐漸趨於穩定，溫差變小(如圖4-1-5-3、圖4-1-5-3)。可見管簾可強化熱對流，降低日曬造成的溫度上升的情形。

(2) 變化趨勢及原因：深色吸熱紙可以吸收室外熱輻射，熱輻射增加管內上下溫差，在管內加速產生對流，並且隔絕輻射熱進入室內。

(3) 未來應用：對於玻璃帷幕大樓的管簾內可以裝置可調式隔熱紙，兼顧兼顧加強對流速率，亦可調整室內亮度及隱蔽性。

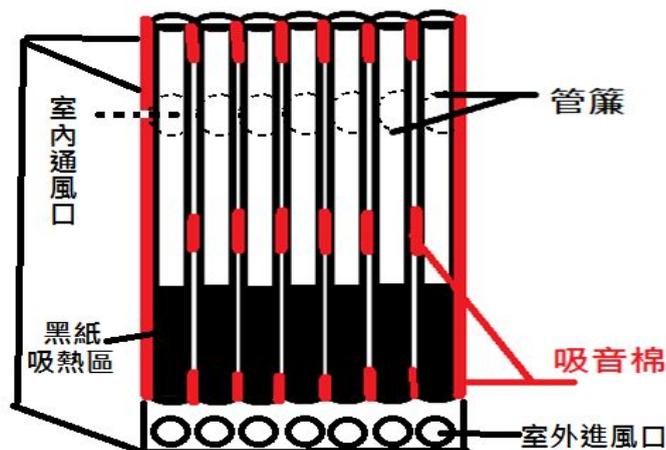


圖4-1-5-4 吸熱紙管簾增進對流速率的設計圖

## 二、探討管簾特性對隔音效果的影響。

(一)管簾角度對隔音效果的影響

1. 假設:入射角越大, 隔音效果越好

2. 操縱變因: 聲波入射角

3. 控制變因: 管長(52cm)、材質(PP)手機與管簾的距離、聲波頻率(1000Hz)

4. 應變變因: 管簾前後音量差(分貝)

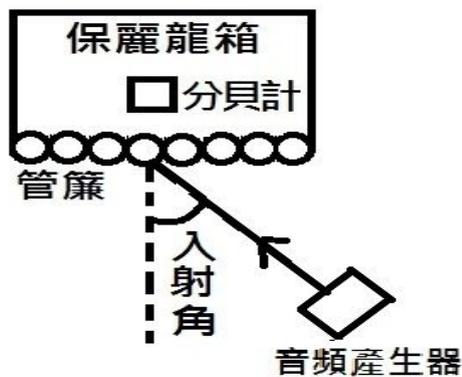


圖4-2-1-1管簾隔音測量裝置設計圖

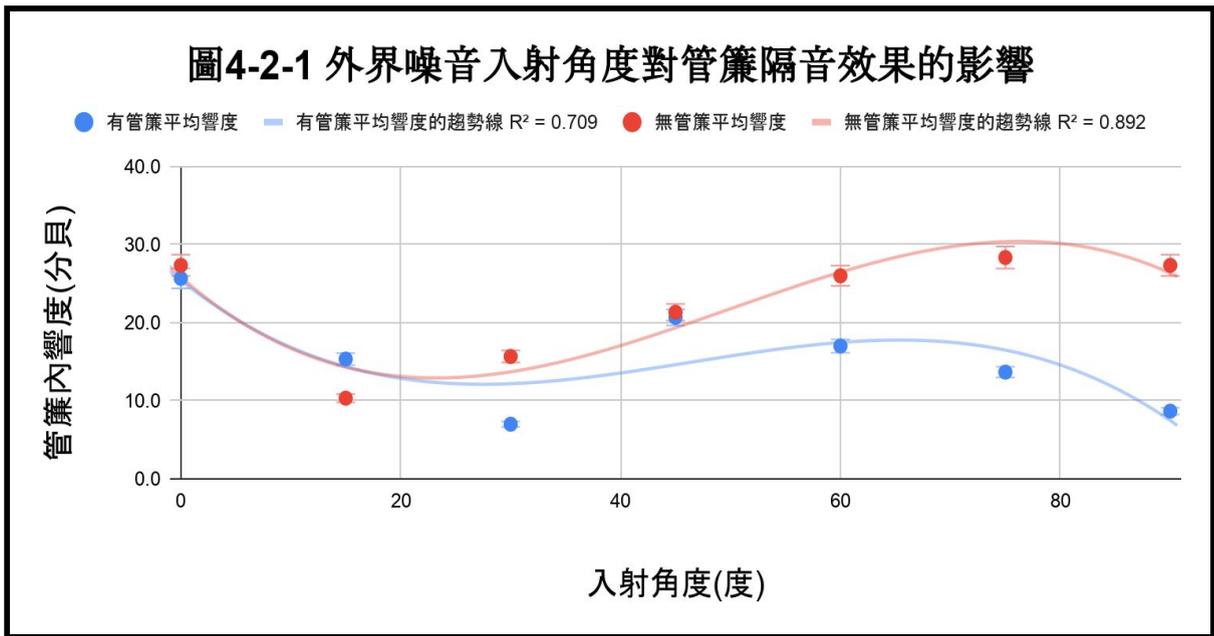


照片4-2-1-1噪音入射角對管簾隔音測量裝置

5. 實驗結果:

表4-2-1 外界噪音入射角度對管簾隔音效果的影響

入射角度	Hz	db	Hz	db	Hz	db	有管簾平均響度	Hz	db	Hz	db	Hz	db	無管簾平均響度
90	886	1	996	13	1006	12	8.7	966	27	966	28	1006	27	27.3
75	996	15	996	13	1006	13	13.7	966	29	1006	28	966	28	28.3
60	1006	16	966	17	1006	18	17.0	966	26	966	26	1006	26	26.0
45	966	23	966	18	966	21	20.7	966	23	1006	22	966	19	21.3
30	1006	9	1006	2	1006	10	7.0	1006	15	966	15	1006	17	15.7
15	966	14	1006	17	1006	15	15.3	1006	5	1006	12	1006	14	10.3
0	1006	26	1006	26	1006	25	25.7	996	27	996	28	1006	27	27.3



6. 實驗結果討論：

- (1) 入角度最小時(與法線夾角0~15度)，管簾的降噪音效果最佳。 但是其他角度卻有增加噪音的現象。
- (2) 由於入射角度大於30度時，管簾會有共振強化噪音的現象，因此建議管簾的固定端須加裝吸音棉，管徑接觸也建議加裝吸音棉降低共振現象則可強化隔絕噪音的效果。

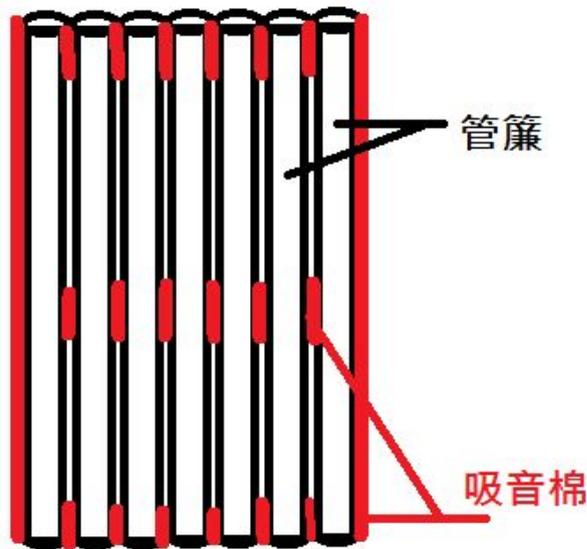


圖4-2-1-2 管簾的降低噪音共振裝置設計

## (二)管內吸熱紙長度對隔音效果的影響

- 1.假設:吸熱紙長度越大, 隔音效果越好
- 2.操縱變因:吸熱紙長度
- 3.控制變因:管長(52cm)、材質(PP)手機與管簾的距離、聲波頻率(1000Hz)
- 4.應變變因:管簾前後音量差(分貝)

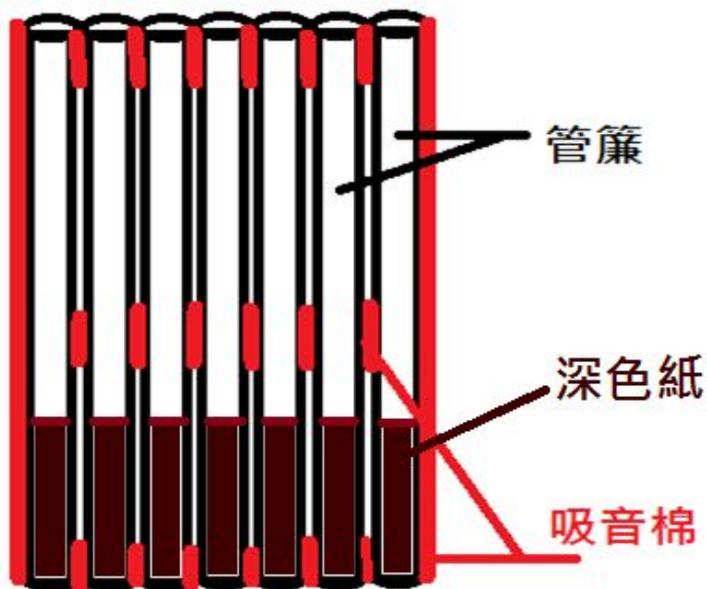
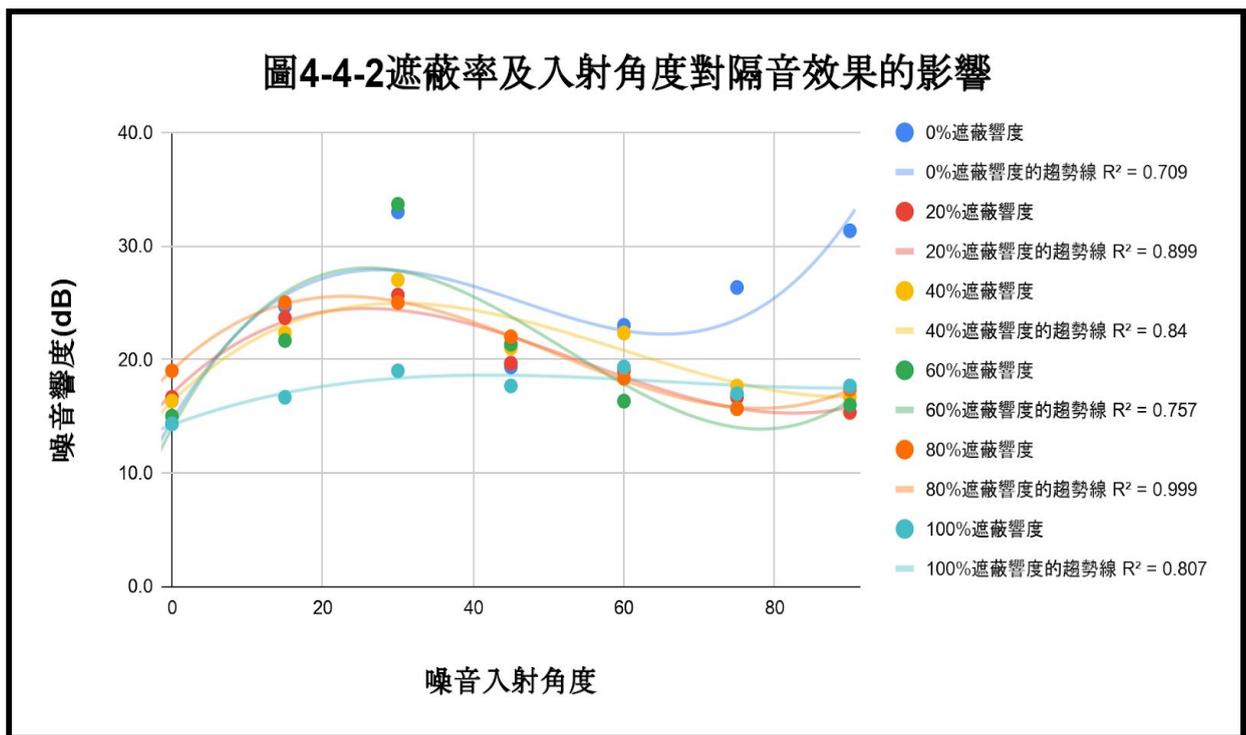


圖4-4-1 管簾隔音裝置示意圖

### 5.實驗結果：

表4-4-2 不同遮蔽率及入射角度率對隔音效果的影響

入射角	0%遮蔽響度	20%遮蔽響度	40%遮蔽響度	60%遮蔽響度	80%遮蔽響度	100%遮蔽響度
90	31.3	15.3	16.7	16.0	17.3	17.7
75	26.3	16.7	17.7	15.7	15.7	17.0
60	23.0	19.0	22.3	16.3	18.3	19.3
45	19.3	19.7	21.0	21.3	22.0	17.7
30	33.0	25.7	27.0	33.7	25.0	19.0
15	24.7	23.7	22.3	21.7	25.0	16.7
0	14.3	16.7	16.3	15.0	19.0	14.3



6. 實驗結果討論：

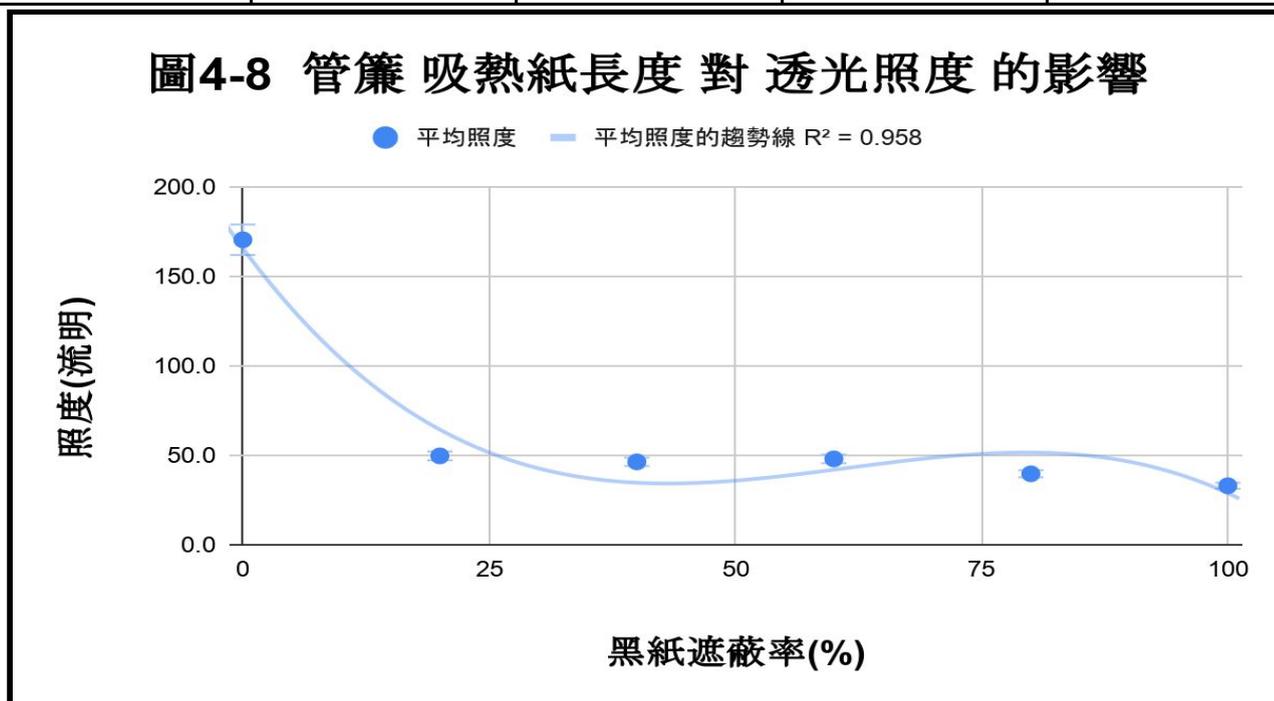
- (1) 管簾加裝深色吸熱紙遮蔽比例越大隔音效果越好，最大降造可達10分貝。
- (2) 入角度(與法線夾角)0度及45度時，管簾的降噪音效果最佳。推測是因為圓柱體容易產生全反射現象，可將大部分噪音反射到其他方向。但是音源以其他角度入射時卻有增加噪音的共振現象。管簾雖然加裝深色吸熱紙增加吸管質量，但是仍然會有共鳴現象，推測是音源與管簾接觸的截面積變大，使管簾產生共鳴現象加劇。
- (3) 由於入射角度大於30度時，管簾會有共振強化噪音的現象，推測是因為模型使用保麗龍材質，管連使用塑膠吸管材質，都是提供共鳴現象的材質。因此建議管簾的固定端須加裝吸音棉，管徑接觸也建議加裝吸音棉降低共振現象則可強化隔絕噪音的效果。建議未來建築材料要使用防火隔音材質，更能提升管簾隔音效能。

### 三、探討管簾吸熱紙長度對透光照度的影響

1. 假設: 吸熱紙長度越大, 照度越低
2. 操縱變因: 吸熱紙長度
3. 控制變因: 管長(52cm)、材質(PP)日光燈(700 lux)與管簾的距離
4. 應變變因: 管簾後照度(流明)
5. 實驗結果:

表4-3管簾吸熱紙長度對透光照度的影響

黑紙遮蔽率%				平均照度
0	160	175	176	170.3
20	49	50	50	49.7
40	45	47	47	46.3
60	48	48	48	48.0
80	41	41	37	39.7
100	35	33	31	33.0
對照組(無管簾) 室外照度	109	117	104	110.0



#### 6. 實驗結果討論 :

(1) 管簾加裝深色吸熱紙遮蔽比例越大透光度越低, 而且只要管簾遮蔽率20%以上就會造成室內照度降低至室外照度的一半以上。

(2) 入角度(與法線夾角)0度及45度時, 管簾的降噪音效果最佳。推測是因為圓柱體容易產生全反射現象, 可將大部分噪音反射到其他方向。但是音源以其他角度入射時卻有增加噪音的現象。管簾雖然加裝深色吸熱紙增加吸音質量, 但是仍然會有推測共鳴現象, 推測是音源與管簾接觸的截面積變大, 使管簾產生共鳴現象加劇。

## 伍、結論

### 一、探討管簾特性對對流速率的影響：

- 1.管簾管長對對流速率的影響：長吸管的對流速率較慢於短吸管。因吸管長度越長空氣阻力大，會使對流速率變慢。
- 2.管簾管徑對加熱溫差的影響：**管徑越小，對流速率越快，達到最佳對流速率的所需管長也較短(管徑2cm的管簾約80公分即可達最高對流速率)，溫差越小。**
- 4.**受熱位置越低，對流速率越快。**管外可以隔熱紙模式反射輻射熱降低入射的輻射量又可以減少室內亮度的不足
- 5.吸管吸熱會影響實驗結果，造成吸管底部溫度高於頂部。所以室內對於管簾上下均需增設透氣孔(如)

### 二、探討管簾特性對隔音效果的影響：

- 1.管簾角度對隔音效果的影響：**入射角越小，隔音效果越好，為避免管簾對噪音產生共振，管簾需連接處及固定端加裝橡膠或吸音棉，可以提高管簾的隔音效果。**
- 2.管內吸熱紙長度對管簾吸震效果的影響：**管簾加裝深色吸熱紙遮蔽比例越大，隔音效果越好，最大降造可達10分貝。但吸熱紙的施工困難，建議改浸泡深色漆，提供吸熱增加溫差的對流效果及藉由油漆膠體協助管簾隔音吸震。**

### 三、探討管簾吸熱紙長度對透光照度的影響：

管簾加裝深色吸熱紙遮蔽比例越大透光度越低，而且只要管簾遮蔽率20%以上就會造成室內照度降低至室外照度的一半以上。

未來管簾的設置可以應用在密不通風的玻璃帷幕大樓，改善玻璃帷幕大樓大量耗能降溫的缺點，可使**玻璃帷幕辦公大樓成為暨透光又通風又可降低噪音的環保綠建築**。玻璃帷幕辦公大樓管簾裝置設計圖如圖5-1。

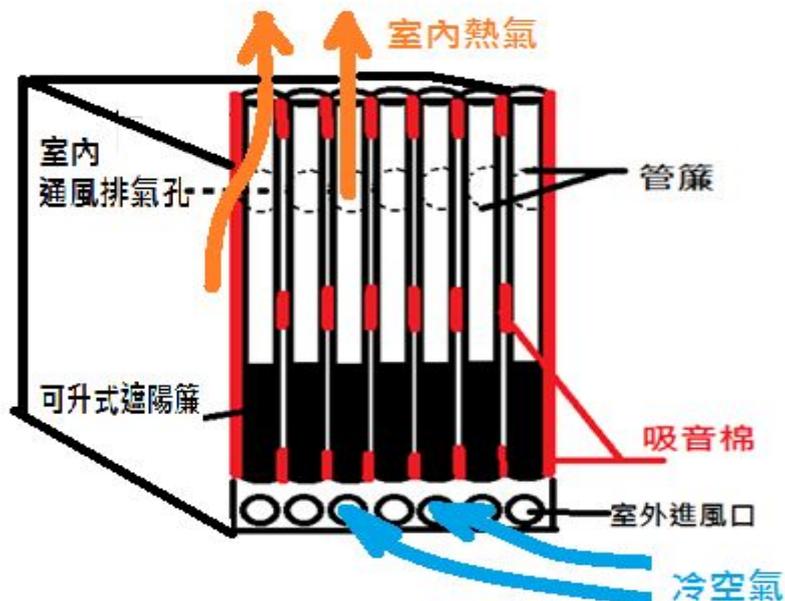


圖5-1 管簾在「透光通風降噪」玻璃帷幕辦公大樓之應用

## 陸、參考資料及其他

一、簡單點huo(2018)：聲屏障用於公路交通安全設施，路基聲屏障橋樑聲屏障降噪環保美觀，每日頭條。2019.11.08節錄自：

<https://kknews.cc/society/4oy4a3x.html>

二、維基百科(2012)：對流。2019.11.08節錄自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%8D%E6%B5%81>

三、維基百科(2019)：熱輻射。2019.11.08節錄自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%86%B1%E8%BC%BB%E5%B0%84>

四、噪音共振原理：王栢村(2017)甚麼是【共振】？振動噪音科普專欄。2020.03.10節錄自：

[http://aitanh.blogspot.com/2017/05/blog-post\\_22.html](http://aitanh.blogspot.com/2017/05/blog-post_22.html)

## 【評語】 032917

本作品是採用透明吸管製作管簾，透過煙霧、光照及共鳴音量測試，設計具隔音、隔熱及透光的管簾。本作品優點有：

1. 以塑膠吸管製作管簾，素材簡易。實驗設計多元，數據豐富，分析也清楚。題材具創意性，未來或許有應用價值。
2. 目標很明確，應用國中生有的知識，以科學方法回答問題，對不同變因作妥善的控制與分析，計畫撰寫請晰。
3. 計畫概念有應用價值，想法也有新穎性。廢棄吸管再利用有利於環保

建議如下：

1. 表達方式之邏輯性宜加強，實驗流程說明宜更完整，圖表標示宜更清楚且一致。
2. 加強學理的探討，裝置如何架設及煙霧對流速率未說明。
3. 計畫中沒有清楚提及如何量測時間，表中的”每段需時”定義不明，如何測溫的細節沒有交待。

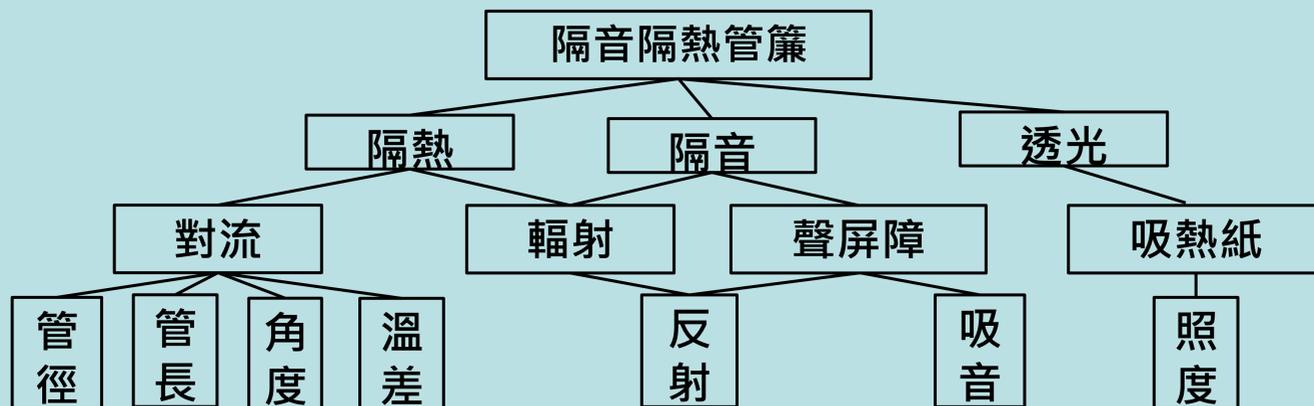
# 壹、研究動機

我們學校位置在市中心，交通繁忙，車輛經過的聲音也很大，所以每天我們經歷了老師上課聲、汽機車聲、別班上課打球聲，再加上我們教室會西曬---每天關窗、拉窗簾防日照，過著昏天暗地的生活，所以開啟一扇窗成為我們的奢望!因此，我們希望從窗簾著手，**透光、隔音、隔熱**，是我們設定的研究方向！

# 貳、研究目的

- 一、探討管簾特性(管徑、管長、照光角度、吸熱紙長度)對對流及隔熱效果的影響
- 二、探討管簾特性(管簾偏轉角度、填充黑紙高度)對管簾隔音效果的影響
- 三、探討管簾吸熱紙長度對室內透光度的影響

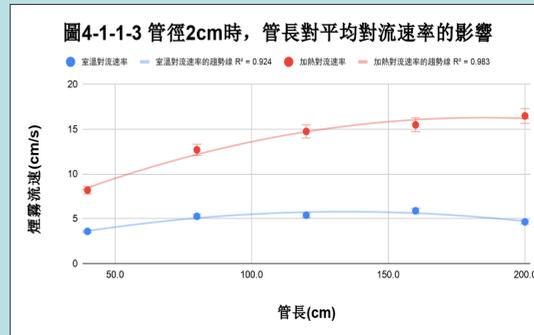
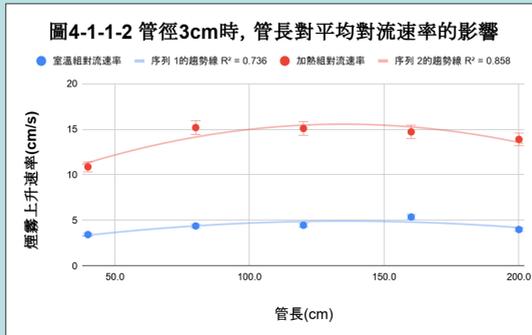
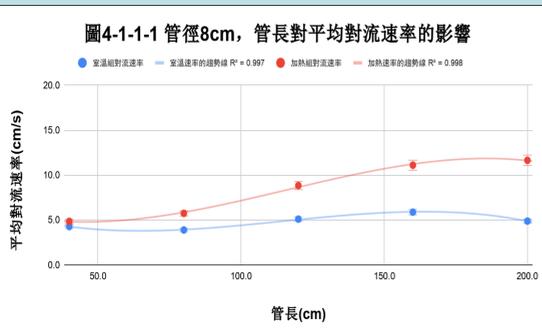
# 參、研究方法



# 肆、研究結果與討論

## 一、管簾管徑對對流作用的影響

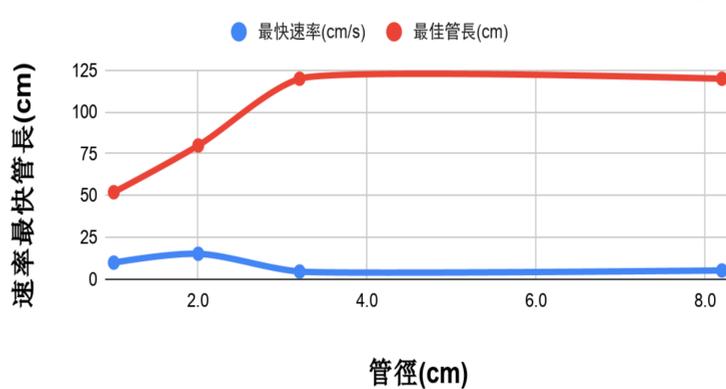
(1)管徑越小，對流速率越快，所以**管徑與對流速率成反比**，而加熱後的速率倍增。吸管管徑越大，代表圓柱體內的氣體體積越大，而加熱面積只提供接觸面的氣體熱能，所以相同的加熱效率，無法供應足夠的對流動力推動大管徑的氣體。**改良通風管的散熱與吸熱設計，加大管內流體的溫差及密度差，是未來提升對流效率策略。**



## 二、管簾管徑對最佳對流速率管長的影響

- (1)不同管徑的管簾日曬加熱速率不同，配合管徑測試最佳散熱速率的管長。
- (2)加熱後的管徑8公分及3公分的最佳對流速率管長約在120-160公分之間。管徑2公分的對流速率在管長80公分後趨於穩定。
- (3)管徑過細時(小於1cm)，則會因為管壁摩擦力的關係又降低對流流速。
- (4)所以最佳管徑是2cm，最速管長需大於80cm。

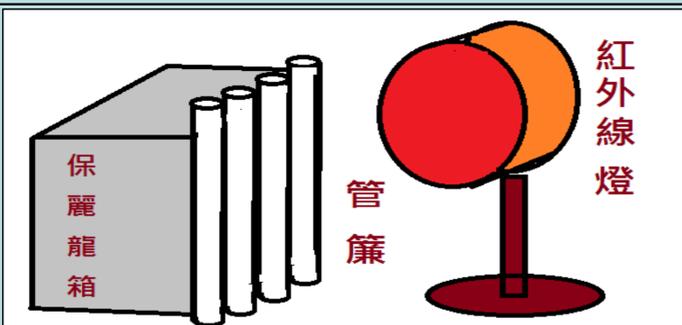
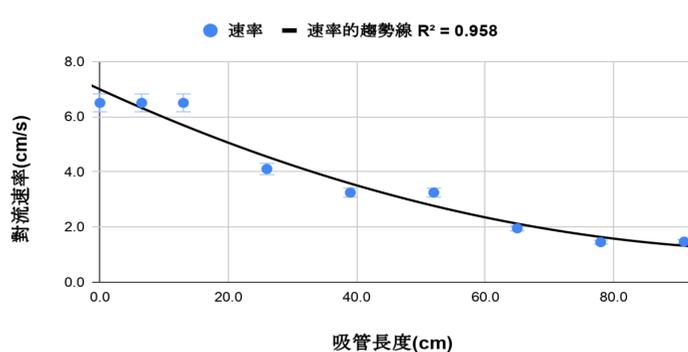
圖4-1-2-1 管簾管徑對最佳對流速率管長的影響



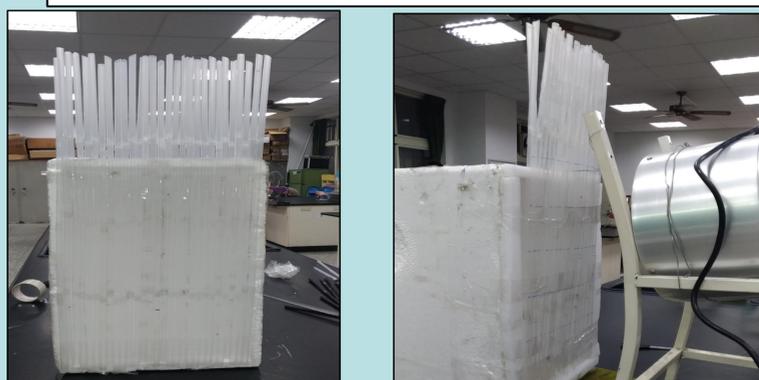
## 三、管簾管長對管內煙霧對流速率的影響(無加熱組)

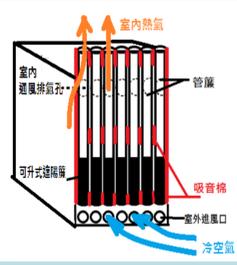
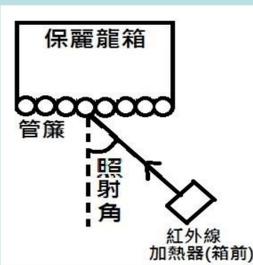
- (1)吸管長度越長阻力大，對流速率越慢。**大於65公分對流速率差異不大。**
- (2)長度超過65公分以後，對流速率約降50%推測是**溫差降低及管內空氣阻力變大**的關係。
- (3)未來應用：一般窗戶的窗簾長度大多超過65公分，管徑就需因應窗簾的長度進行調整才能達到最佳散熱效率。

圖4-1-3 吸管長度對煙霧對流速率的影響



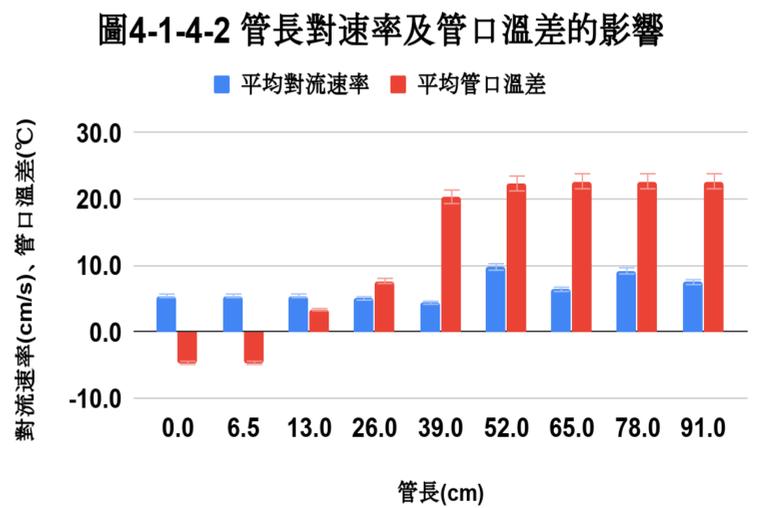
照片一、管簾熱對流加熱裝置及圖解





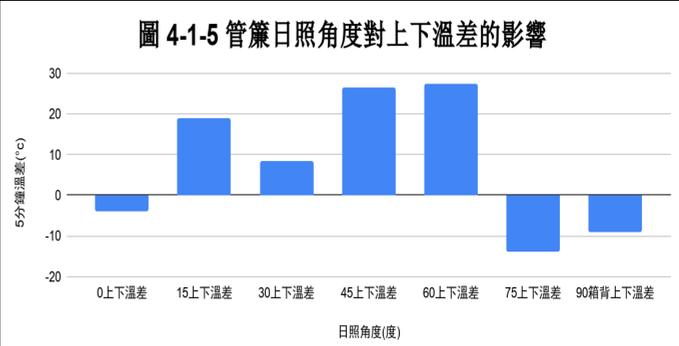
## 四、管簾管長對管內氣體對流速率的影響(加熱組)

- (1) 加熱情況下，長吸管的**加熱區與散熱區距離遠**，**溫差大**，**對流速率較快於短吸管**。
- (2) 管長超過52公分時，**上下溫差最大且趨於穩定**，而**52公分的管簾對流速率最快**，推測應是溫差大及管內空氣密度變小，阻力變小的關係。
- (3) 最短的6.5公分管簾溫度呈上高下低的反常現象，經觀察吸管吸熱後呈高溫，熱對流使得管口溫度高於管底溫度。但因管簾的管徑與煙霧產生器的管徑相同，因此**對流速率並未因上冷下熱造成阻礙**。



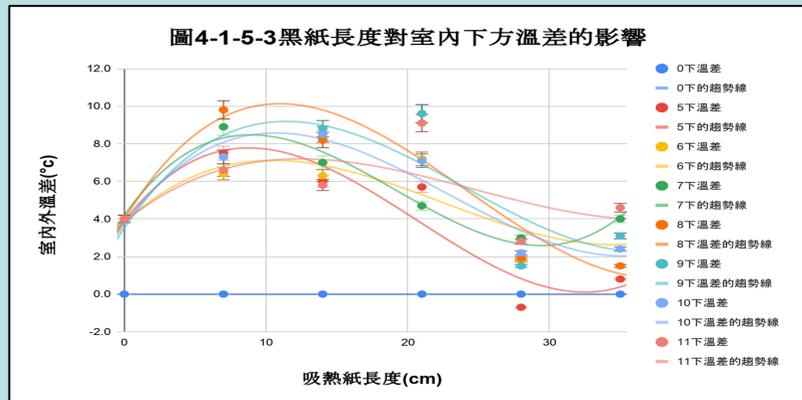
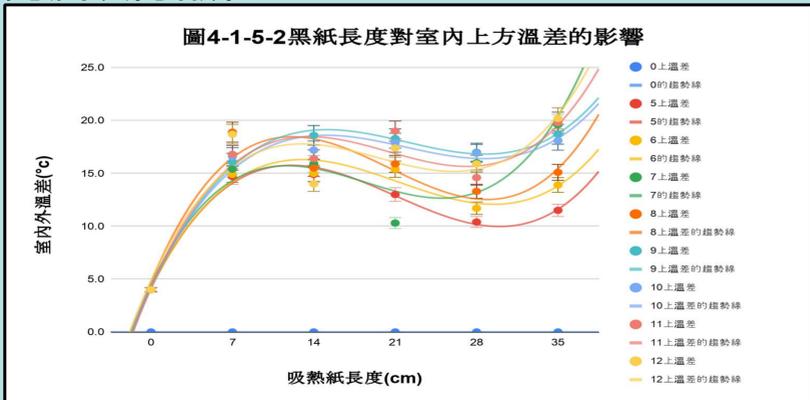
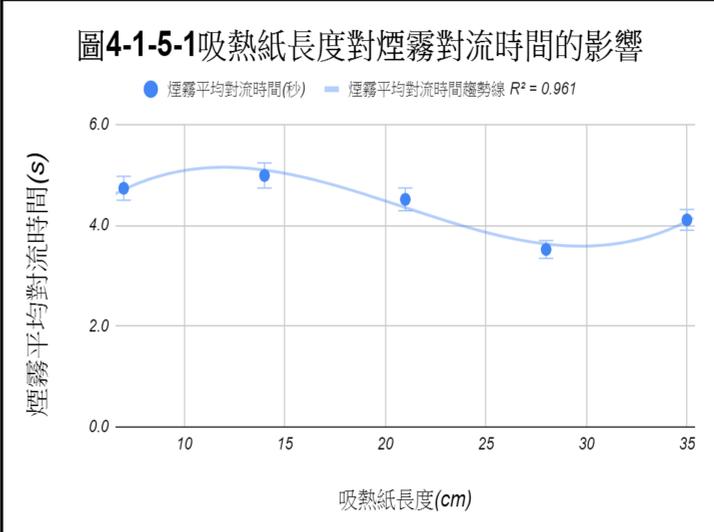
## 五、照光角度對上下溫差的影響

- (1) **入射角越小**，**入射熱量多對流強**，**上下溫差小**。
- (2) 因此管簾具有一定的反射隔熱效果。尤其**熱輻射直射時(0度)**，**溫差負值**，箱內溫度低，管簾具有強對流產生隔熱降溫的效果。
- (3) 未來應用：管外可以輔助貼隔熱紙方式反射輻射熱，降低入射的輻射量，透明管簾又可改善帷幕大樓通風採光問題。



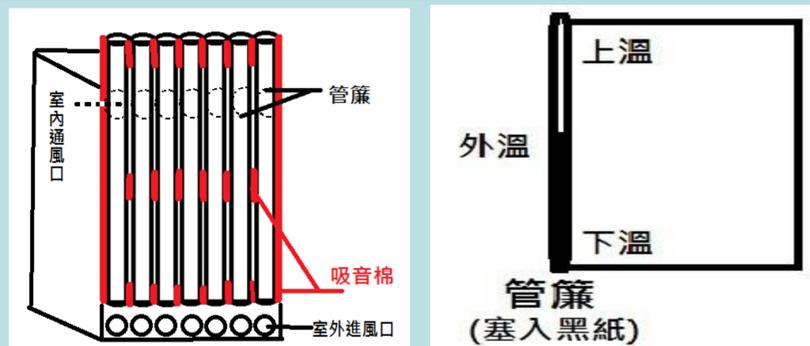
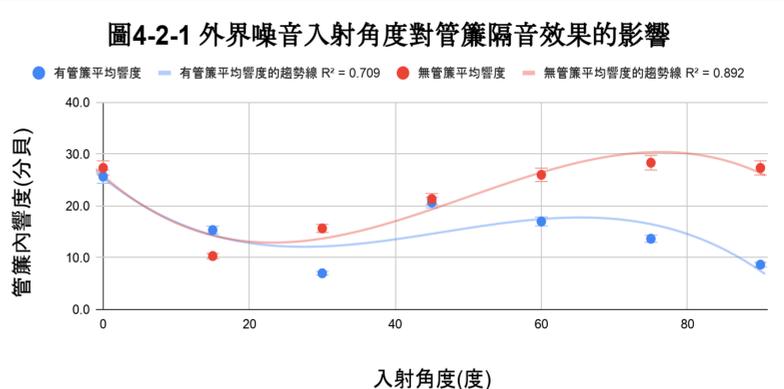
## 六、黑紙長度對吸熱效果的影響

- (1) 觀測結果：**吸熱紙長度越長**，**溫差愈大**，**對流時間縮短**，**速率增加**，**隔熱效果愈佳**。而且上下溫差都在吸熱紙長度15公分以後降低且逐漸趨於穩定，溫差變小。可見管簾可強化熱對流，降低日曬造成的溫度上升的情形。
- (2) 深色吸熱紙可以吸收室外熱輻射，熱輻射增加管內上下溫差，在管內加速對流，且**隔絕輻射熱進入室內**。
- (3) 未來應用：對於玻璃帷幕大樓的管簾內可裝可調式隔熱紙，可加強對流速率，以及調整室內亮度及隱蔽性。



## 七、管簾角度對隔音效果的影響

- (1) 入角度最小時(與法線夾角0~15度)，管簾的降噪音效果最佳。推測是因為圓柱體容易產生全反射現象，可將大部分噪音反射到其他方向。
- (2) 入射角度大於30度時，管簾會共振強化噪音，因此建議管簾的固定端須加裝吸音棉，管徑接觸面也建議加裝吸音棉降低共振現象強化隔絕噪音的效果。



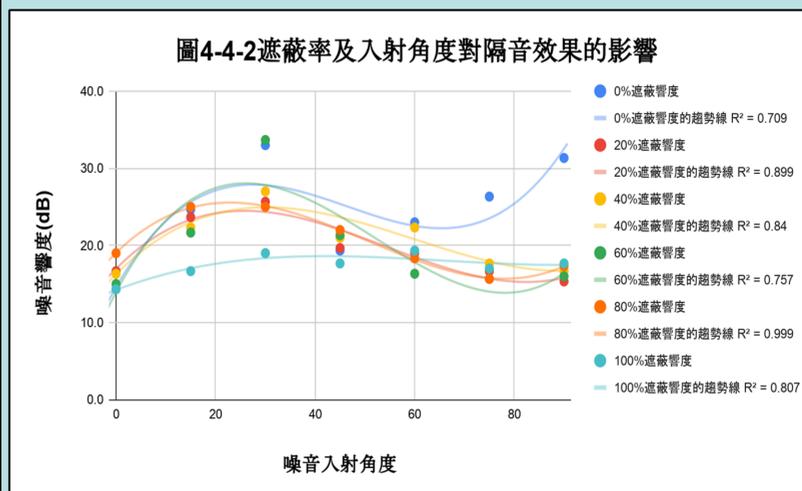
照片二、照光角度對對流速實驗裝置設計圖

照片三、管簾隔音測量裝置設計圖

## 八、管內吸熱紙長度對隔音效果的影響

(1)吸熱紙可以吸收震波，加強隔音的效果。管簾加裝深色吸熱紙遮蔽比例越大隔音效果越好，最多可減少10分貝(%)。

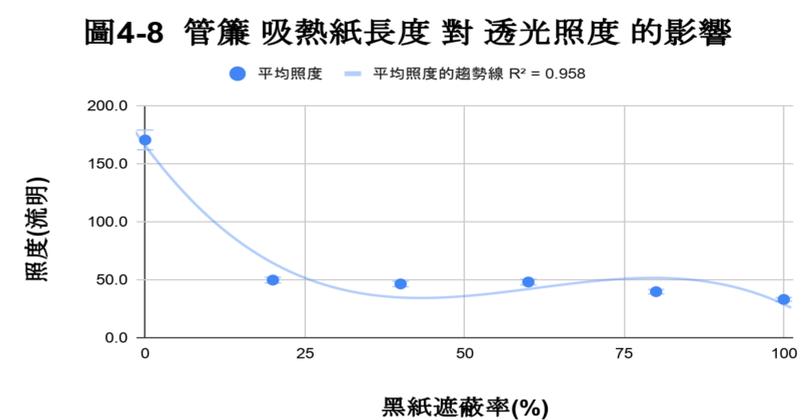
(2)入射角度大於30度時，管簾會有共振強化噪音的現象，所以我們使用吸熱紙來減少震波。管簾雖然加裝深色吸熱紙增加吸管質量，但是仍然會有共鳴現象，推測是音源與管簾接觸的截面積變大，使共鳴現象加劇。所以建議管簾的固定端與管徑接觸須加裝吸音棉降低共振。



## 九、管簾吸熱紙長度對透光照度的影響

(1)管簾加裝深色吸熱紙遮蔽比例越大，透光度越低，而且只要管簾遮蔽率20%以上就會造成室內照度降低至室外照度的一半。

(2)配合最佳管徑2公分的透明塑膠管，最短需求80公分，組合15公分的吸熱紙，則可降低50%以上的室內光照度，且不影響視野，可應用在窗戶上，是最佳的管簾組合。



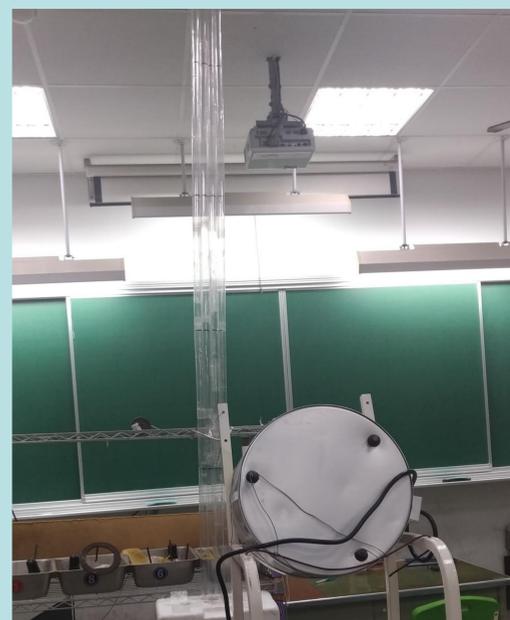
## 伍、結論

### 一、隔熱：

- 1.管徑與對流速率成反比。管徑越小，達到最佳對流速率的所需管長也較短。
- 2.受熱位置越低，空氣對流越旺盛，速率越快。管外也可用隔熱紙反射輻射熱、及上下增設透氣孔加速散熱。
- 3.管簾與熱源夾角為法線0度時，散熱效果最好。

### 二、隔音：

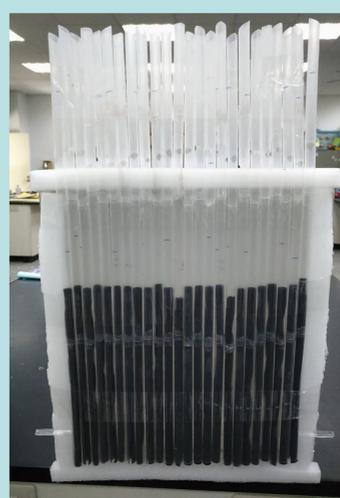
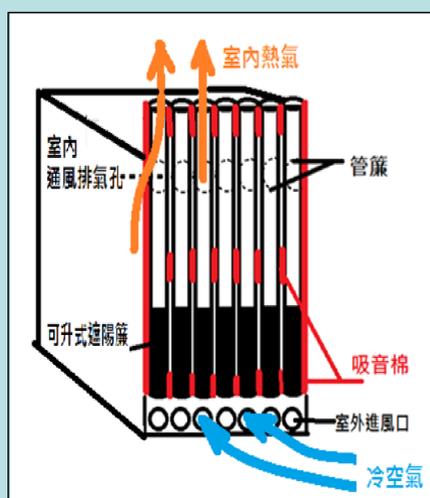
- 1.吸熱紙可以吸收震波，加強隔音的效果。
- 2.聲波入射角越小，隔音效果越好(角度大易共振)，再加上加裝深色吸熱紙，最大降噪可達10分貝。
- 3.未來建議改浸深色漆，可藉油漆膠體吸收聲波。



照片四、管長兩公尺透明塑膠管

配合最佳管徑2公分的透明塑膠管，最短需求80公分，組合15公分的吸熱紙，是最佳的管簾組合。

未來管簾的設置可以應用在密不通風的玻璃帷幕大樓，解決電力浪費、溫室氣體排放問題，使玻璃帷幕大樓成為暨透光又通風又可降低噪音的環保綠建築。



照片五、玻璃帷幕大樓管簾改善熱對流圖解

照片六、加熱角度實驗圖解

## 陸、參考文獻

- 一、簡單點huo(2018)：聲屏障用於公路交通安全設施，路基聲屏障橋樑聲屏障降噪環保美觀，每日頭條。2019.11.08節錄自：<https://kknews.cc/society/4oy4a3x.html>
- 二、維基百科(2012)：對流。2019.11.08節錄自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%8D%E6%B5%81>
- 三、維基百科(2019)：熱輻射。2019.11.08節錄自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%86%B1%E8%BC%BB%E5%B0%84>
- 四、噪音共振原理：王栢村(2017)甚麼是【共振】？振動噪音科普專欄。2020.03.10節錄自：[http://aitanh.blogspot.com/2017/05/blog-post\\_22.html](http://aitanh.blogspot.com/2017/05/blog-post_22.html)