

# 臺北市第46屆中小學科學展覽會

## 作品說明書封面

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：一溜煙

關鍵詞：煙囪效應、熱對流、溫度差距

編號：

# 臺北市第46屆中小學科學展覽會作品說明書內容

## 作品名稱：一溜煙

### 摘要

我們利用煙囪效應設計了許多不同的實驗，由實驗中發現煙囪效應的強度與溫度差距、煙囪長度、煙囪形狀、煙囪直徑和模型出入口的空氣流通量有關。當模型內部加熱，使溫度差距變大時，排煙速度快。當煙囪長度增加，使煙囪上下管口壓力差變大時，排煙速度快。當煙囪形狀直行，使行進路線為向上垂直坡度時，排煙速度快。當煙囪直徑增加，使體積膨脹的熱空氣易於排出時，排煙速度快。當打開模型右側入口，使空氣流通量增加時，排煙速度快。當打開模型煙囪附近的出口，使體積膨脹的熱空氣易於排出時，排煙速度快。當打開模型左側上方出口，使密度變輕向上流動的熱空氣易於排出時，排煙速度快。當打開模型上面左邊出口，使溫度差距大時，排煙速度快。另外，由實驗中也發現煙囪效應可逆向進行。

### 壹、研究動機

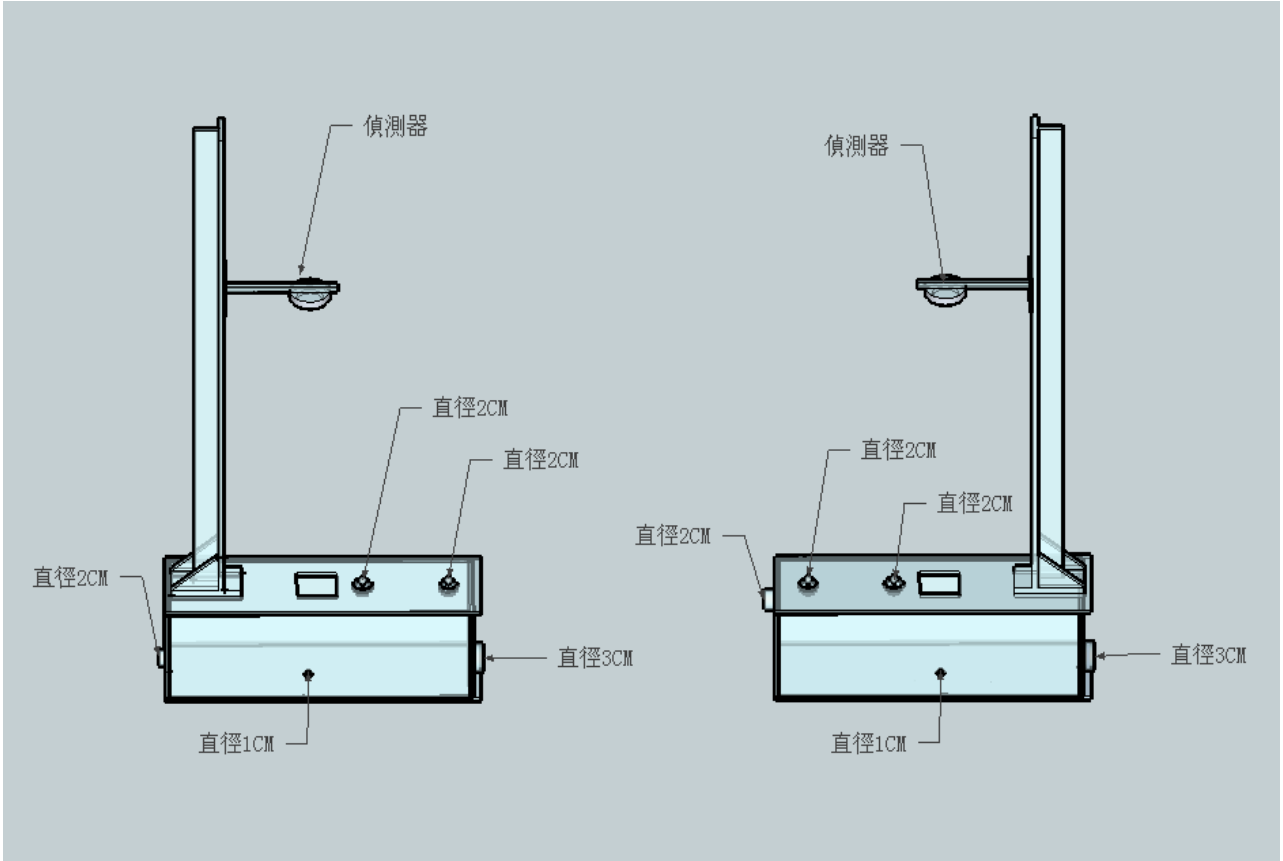
在五年級「空氣與燃燒」的單元課程中，我們知道燃燒的三個條件是可燃物、助燃物氧氣和達到燃點。同時我們發現有些大樓明明是在低樓層發生火災，為什麼卻又會在大樓頂層製造新的火災現場。所以我們除了想認識煙囪效應在日常生活中的所扮演的角色之外，也想探討哪些因素會影響煙囪效應的強度。

### 貳、研究目的

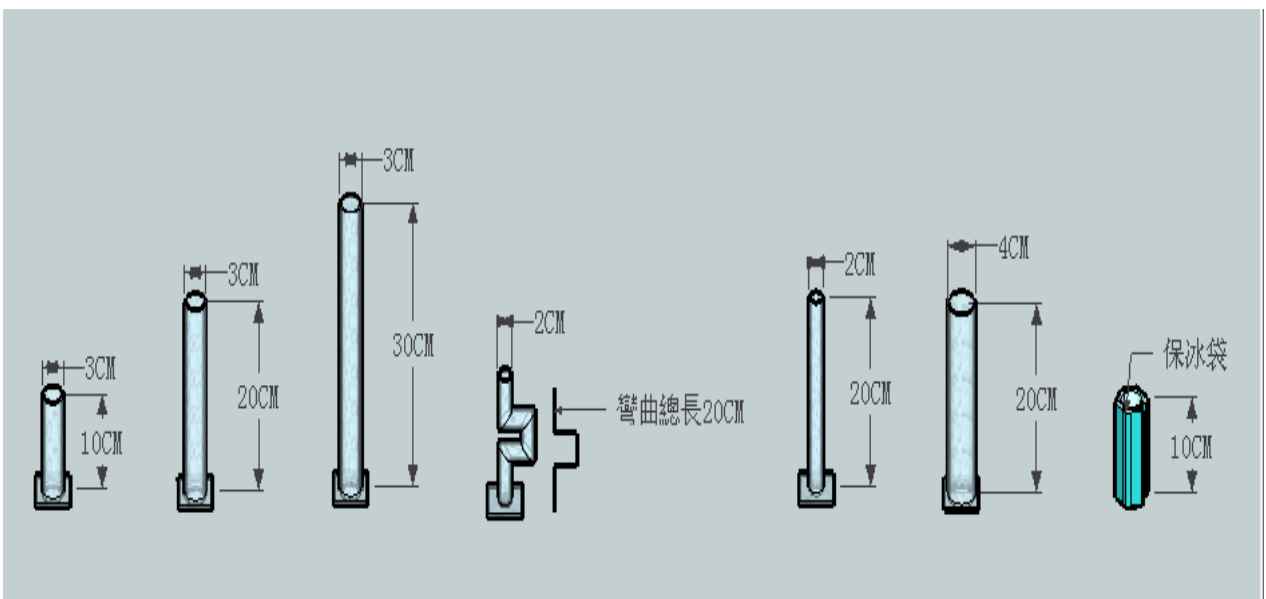
- 一、觀察加熱模型內無蠟燭加熱和有蠟燭加熱，在溫度不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。
- 二、觀察煙囪長度為 10 公分和 20 公分、20 公分和 30 公分，在長短不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。
- 三、觀察煙囪形狀為彎曲和直行，在長度相同路徑不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。
- 四、觀察煙囪直徑為 2 公分和 3 公分、3 公分和 4 公分，在粗細不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。
- 五、觀察開啓不同的洞口，在空氣流通量不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。
- 六、觀察煙囪效應是否可逆向進行。

## 參、研究設備及器材

黑色不織布 1 片、木板一片(長 140cm 寬 40cm 厚 0.5cm)、自製模型 2 個(圖一)、自製煙囪 7 根(圖二)、自製煙囪蓋 7 個、蚊香直徑(6cm) 2 盒、夾子 2 支、打火機 1 個、瓦斯噴燈 2 個、尺 1 支、蠟燭 20 個、煙霧偵測器 2 個。



圖(一)



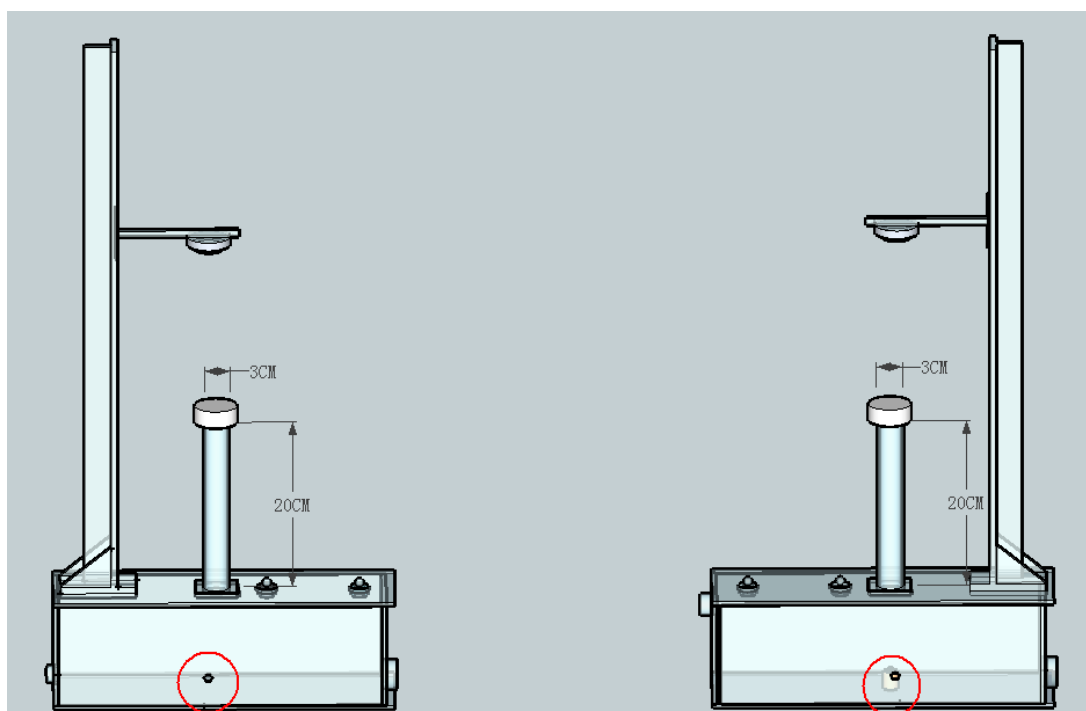
圖(二)

## 肆、研究過程或方法

一、研究自製模型裡在空氣中未加熱和有加熱的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

### (一)實驗一

1. 準備黑色不織布黏在牆壁上。
2. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪兩根長各 20 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
3. 先在外面點燃蠟燭，再放入右邊模型中，保持通風助於燃燒。(圖三)



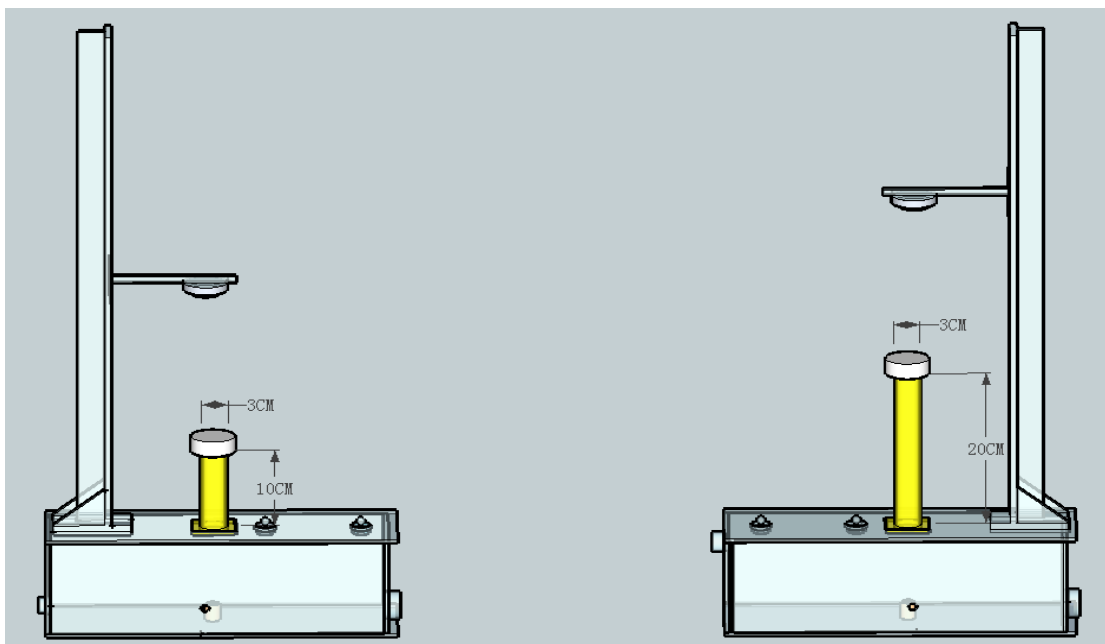
(圖三)

4. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
5. 同時把兩個煙囪蓋打開，再觀察未點燃蠟燭和有點燃蠟燭的排煙速度。

二、觀察煙囪在長短不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

### (一)實驗二

1. 準備黑色不織布黏在牆壁上。
2. 再準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪長 10 公分和 20 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
3. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖四)

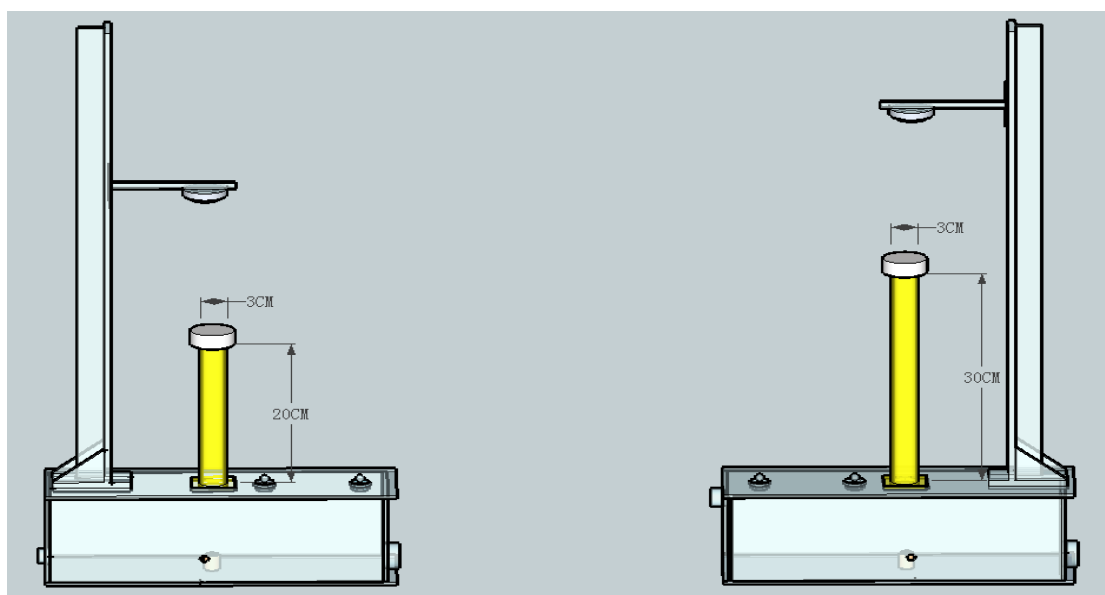


(圖四)

4. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
5. 同時把兩個煙囪蓋打開，再觀察短煙囪和長煙囪的排煙速度。

### (二) 實驗三

1. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪長 20 公分和 30 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
2. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖五)



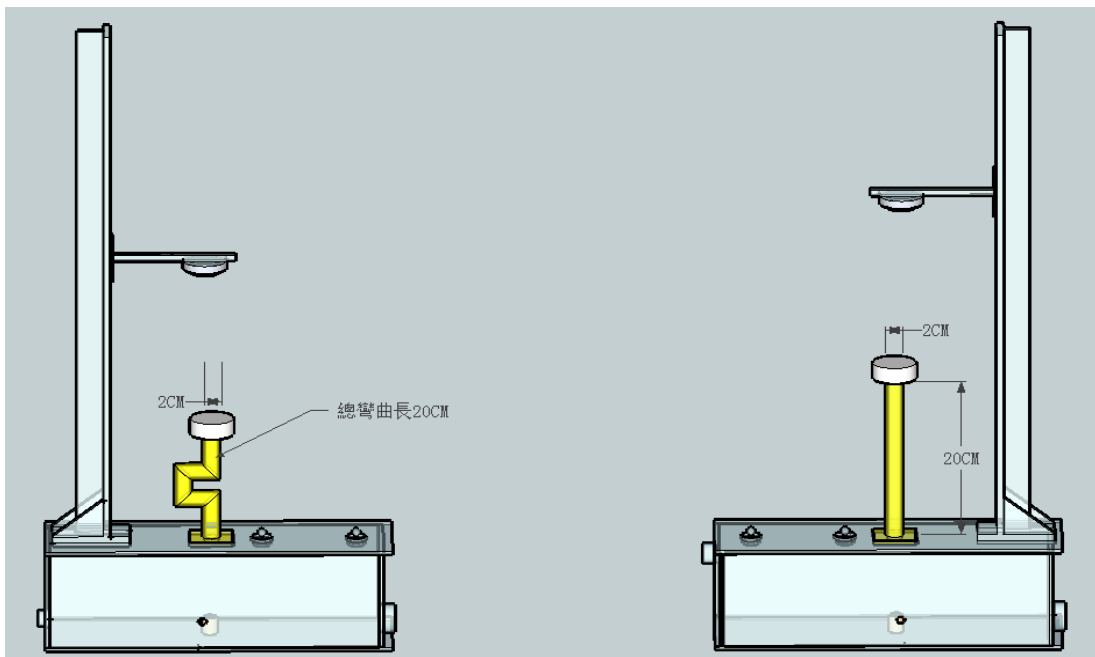
(圖五)

3. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
4. 同時把兩個煙囪蓋打開，再觀察短煙囪和長煙囪的排煙速度。

### 三、觀察自製模型裡在長度相同路徑不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

#### (一)實驗四

1. 準備黑色不織布黏在牆壁上。
2. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪彎曲和直行長 20 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
3. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖六)



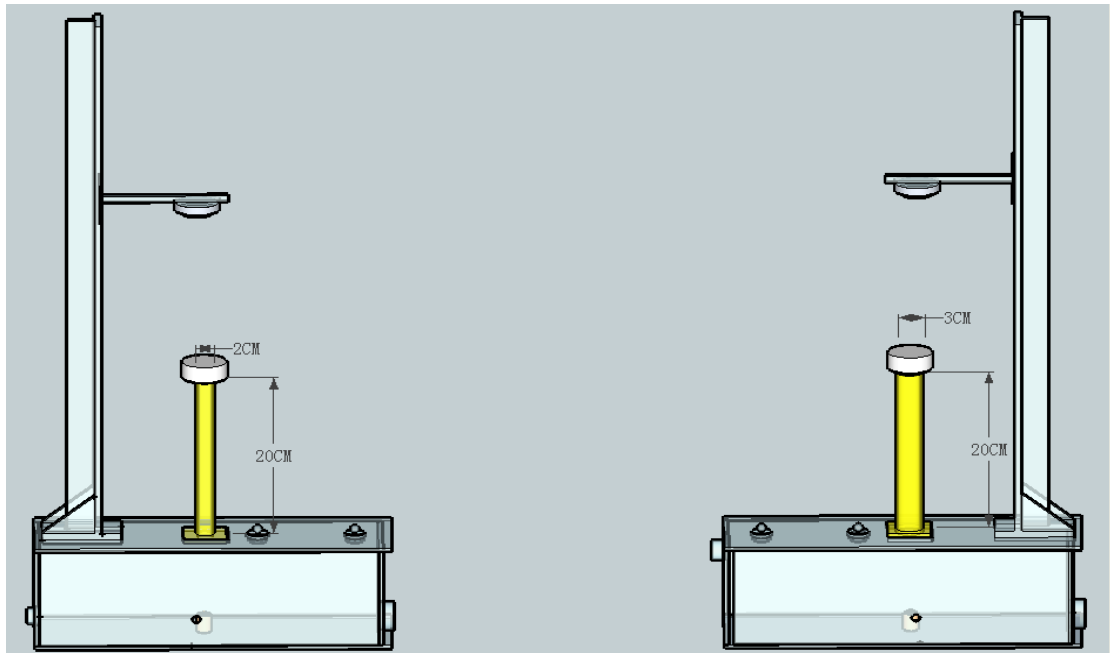
(圖六)

4. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
5. 同時把兩個煙囪蓋打開，再觀察彎曲煙囪和直行煙囪的排煙速度。

### 四、觀察煙囪在粗細不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

#### (一)實驗五

1. 準備黑色不織布黏在牆壁上。
2. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪直徑為 2 公分和 3 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
3. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖七)

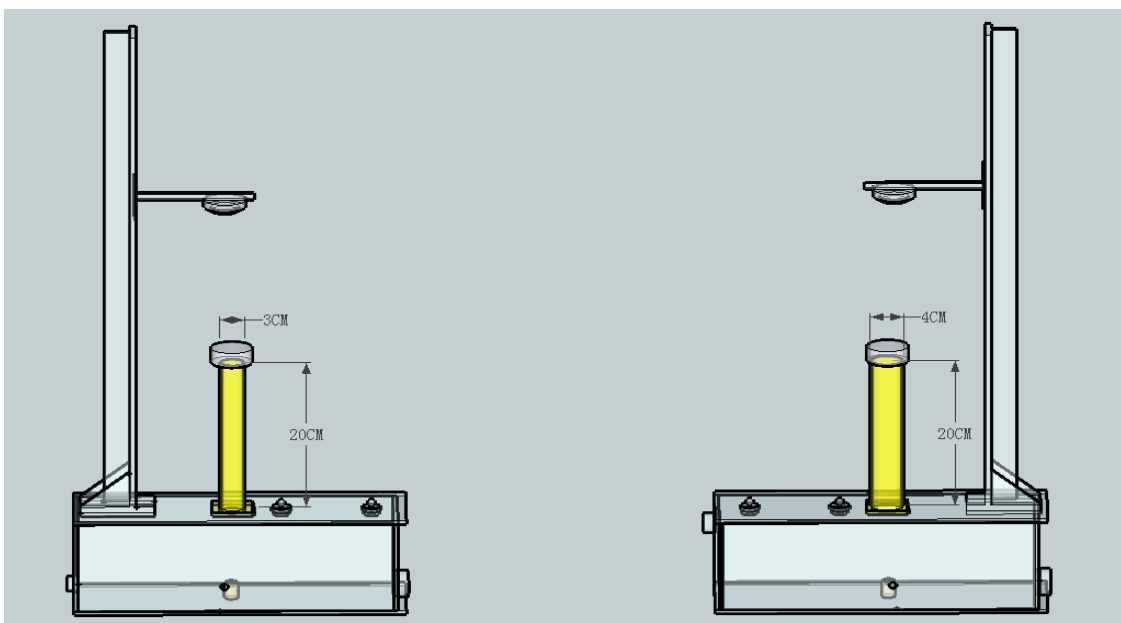


(圖七)

4. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
5. 同時把兩個煙囪蓋打開，再觀察煙囪直徑 2 公分和 3 公分的排煙速度。

(二) **實驗六**

1. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪直徑為 3 公分和 4 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
2. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖八)



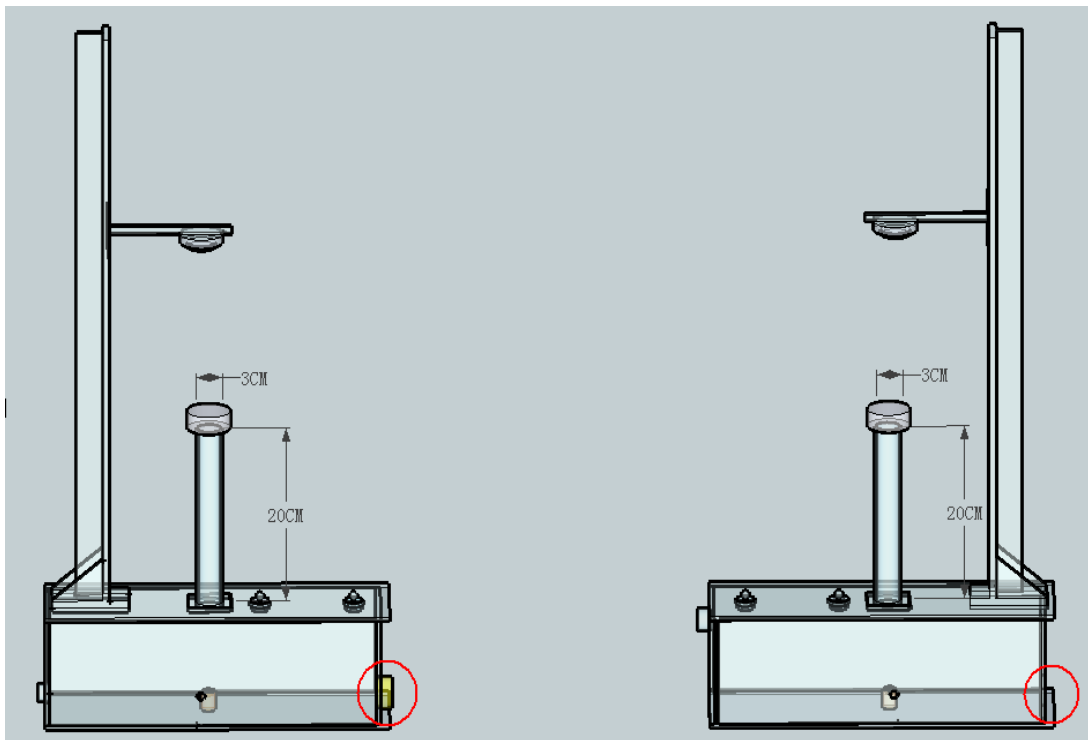
(圖八)

3. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
4. 同時把兩個煙囪蓋打開，再觀察煙囪直徑 3 公分和 4 公分的排煙速度。

五、觀察開啓不同的洞口，在空氣流通量不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

(一)實驗七

1. 準備黑色不織布黏在牆壁上。
2. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪兩根長各 20 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
3. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖九)



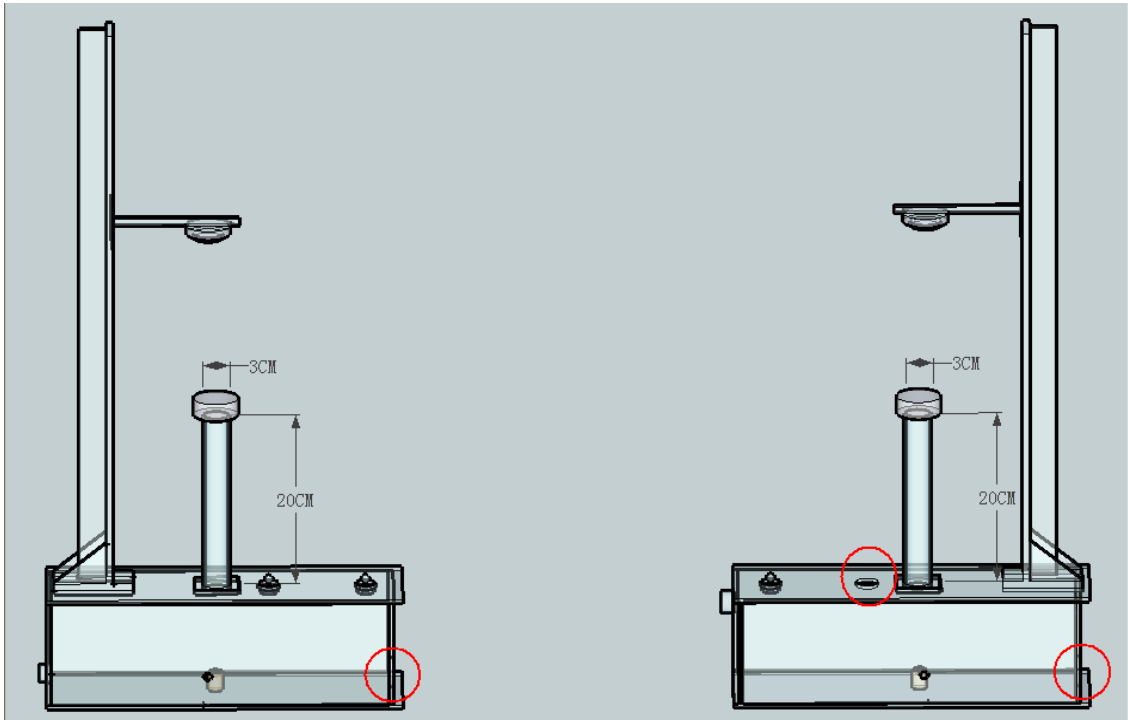
(圖九)

4. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
5. 同時把兩個煙囪蓋打開，並且不開左邊模型的右側入口和打開右邊模型的右側入口，再觀察右側入口不開和打開的排煙速度。

(二)實驗八

1. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪兩根長各 20 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
2. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖十)



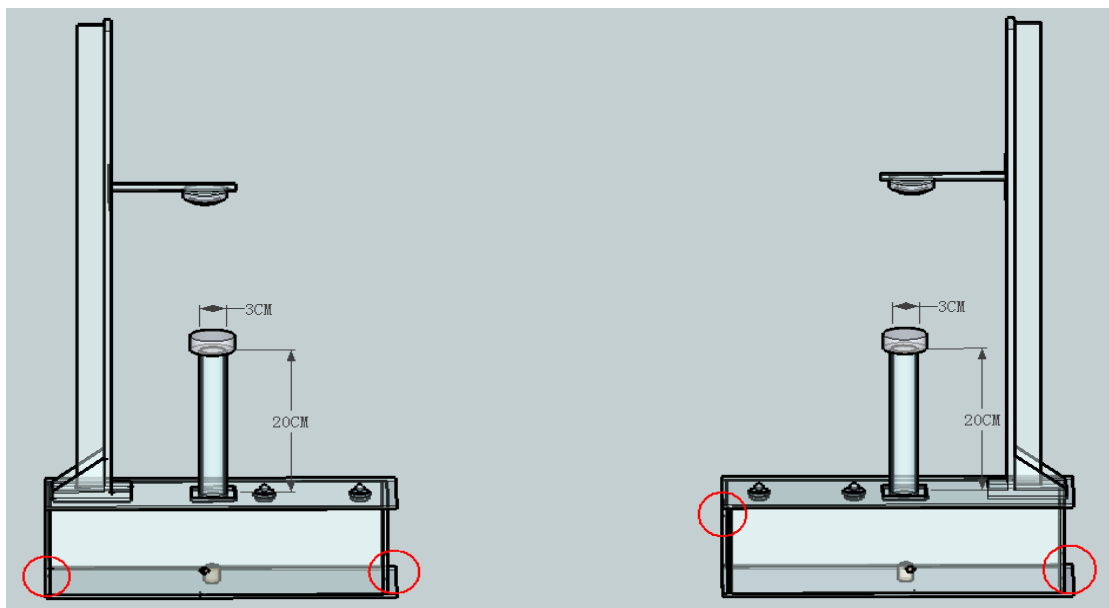


(圖十)

3. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
4. 同時把兩個煙囪蓋打開和兩邊模型右側入口打開，並且再開啓右邊模型上面煙囪附近的出口，觀察模型煙囪附近的出口不開和打開的排煙速度。

(三) 實驗九

1. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪兩根長各 20 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
2. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖十一)

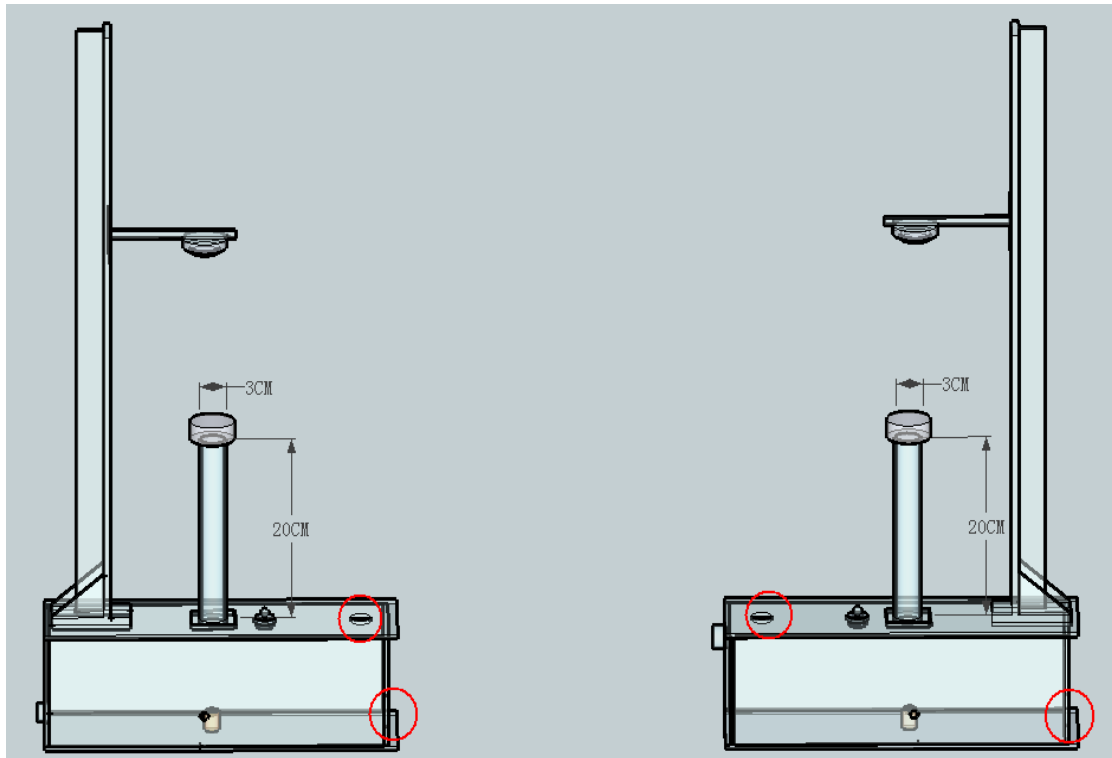


(圖十一)

3. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
4. 同時把兩個煙囪蓋和兩邊模型右側入口打開，並且再開啓左邊模型的左側下方出口和右邊模型左側上方出口，觀察打開左側下方和上方出口的排煙速度。

#### (四) 實驗十

1. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪兩根長各 20 公分，調整偵測器離煙囪口 20 公分，把煙囪口用蓋子蓋上。
2. 先在外面點燃蠟燭，再放入左右兩邊模型中，保持通風以助於燃燒。(圖十二)



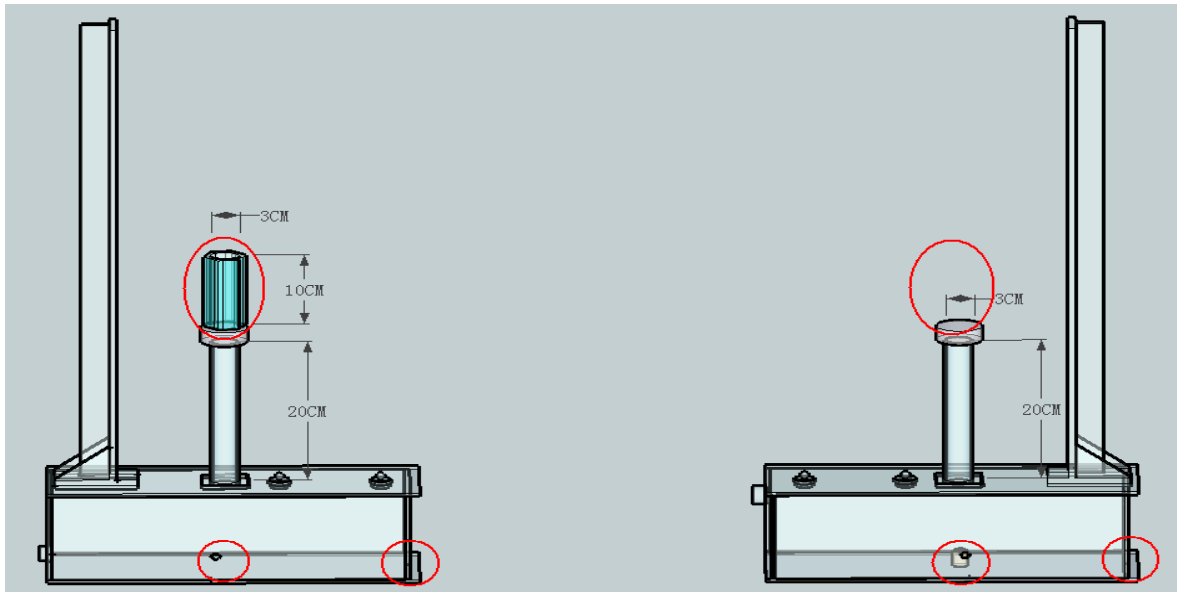
(圖十二)

3. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
4. 同時把兩個煙囪蓋和兩邊模型右側入口打開，並且再開啓左邊模型上面右邊出口和右邊模型上面左邊出口，觀察打開上面右邊和左邊出口的排煙速度。

## 六、觀察煙囪效應是否可逆向進行

### (一) 實驗十一

1. 準備黑色不織布黏在牆壁上。
2. 準備兩個模型平放在木板上，裝上煙囪兩根長 20 公分，再準備直徑 4 公分長 10 公分的煙囪，用冰袋環繞外圍，把煙囪口用蓋子蓋上。
3. 先在外面點燃蠟燭，再放入右邊模型中，保持通風以助於燃燒，同時將環繞冰袋的煙囪放在左邊模型離煙囪口上方 2 公分處。(圖十三)



(圖十三)

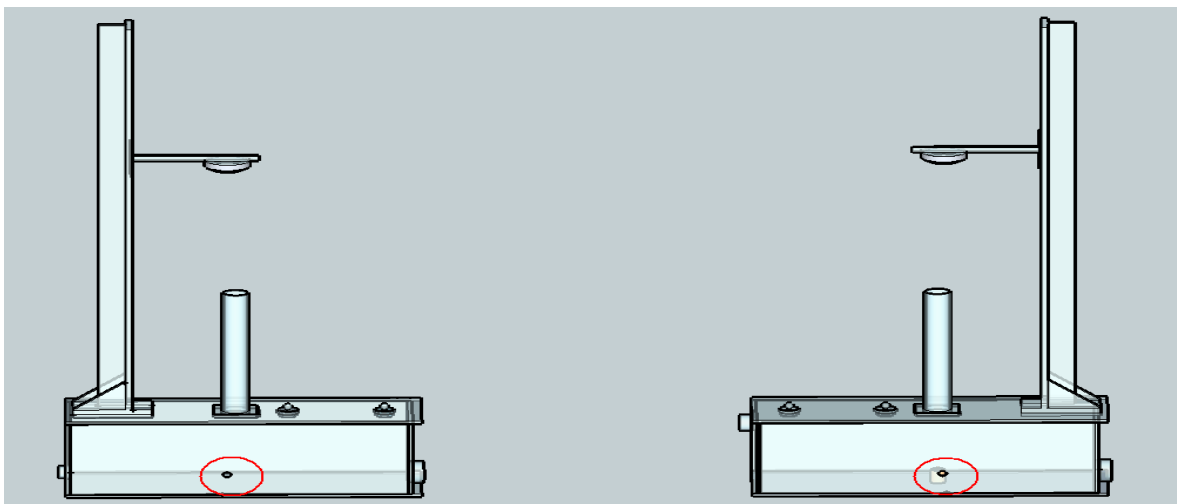
4. 準備兩個直徑 6 公分的蚊香用火點燃，燃燒約 1 分鐘後放入模型前吹熄，約 10 秒後把蚊香快速拿出。
5. 同時把兩個煙囪蓋打開和兩邊模型右側入口打開，觀察左邊模型是否可逆向進行煙囪效應。

## 伍、研究結果

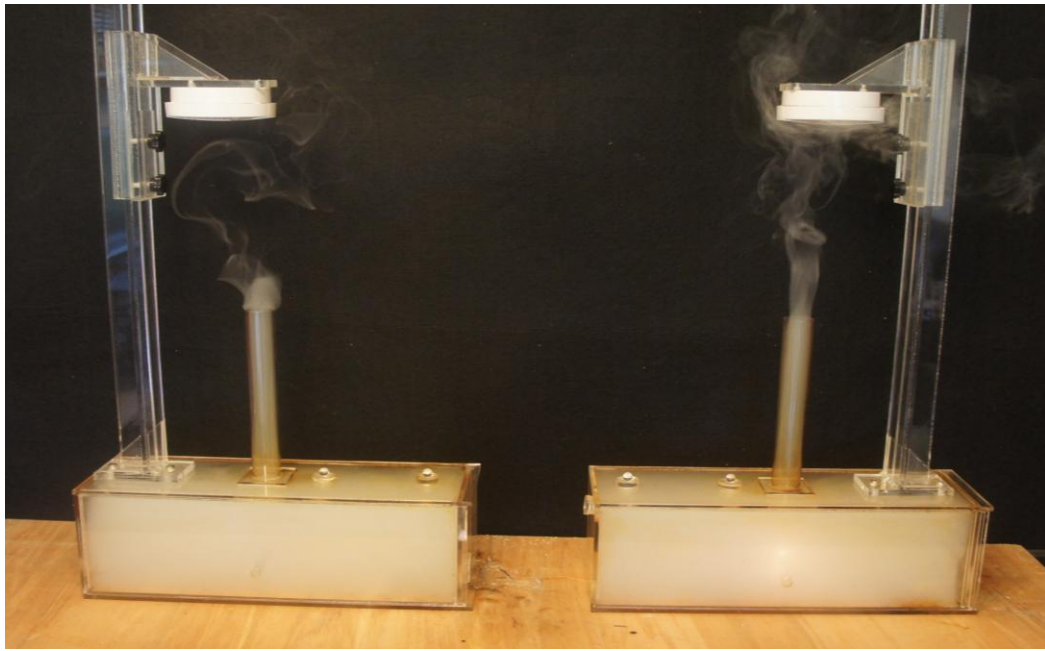
### 一、觀察加熱模型內無蠟燭加熱和有蠟燭加熱，在溫度不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

(一)由實驗一觀察煙囪效應的強度與戶內及戶外的溫度差距有關。

1. 我們將右邊模型內的蠟燭加熱，來改變模型內的溫度使溫度變高，讓模型內外的溫度差距增加。透過左右兩邊有無蠟燭加熱，使兩邊模型內溫度變高的條件有所不同(圖十四)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同時打開後，發現右邊有蠟燭加熱的模型，排煙上升速度較快(圖十五)。

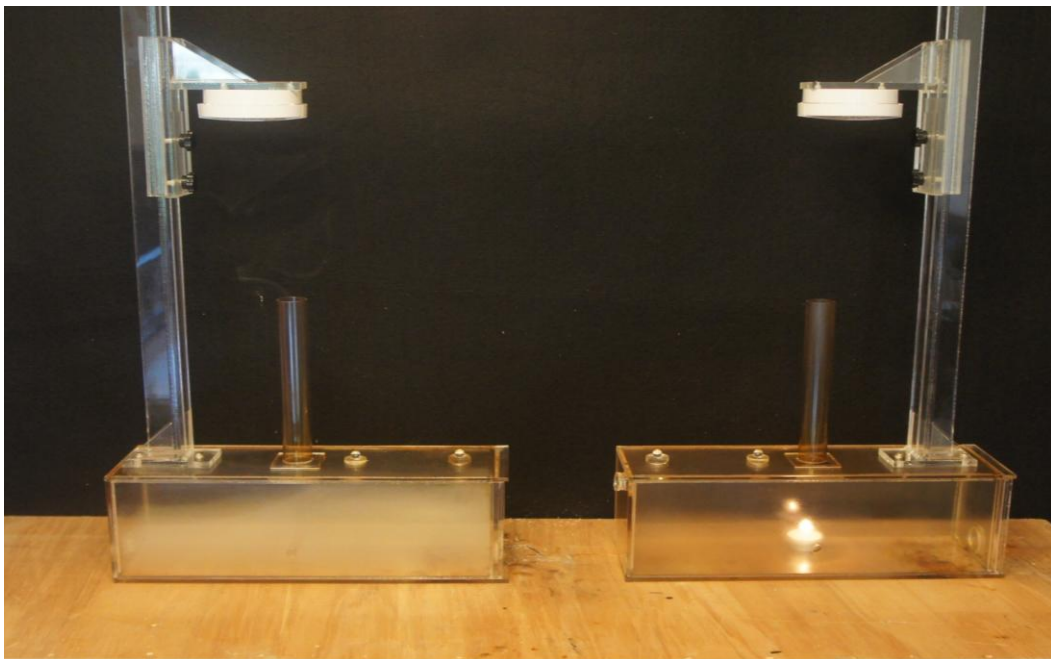


(圖十四)



(圖十五)

2. 在相同時間下，右邊有蠟燭加熱的模型，模型內部較快呈現透明，排煙速度快(圖十六)。



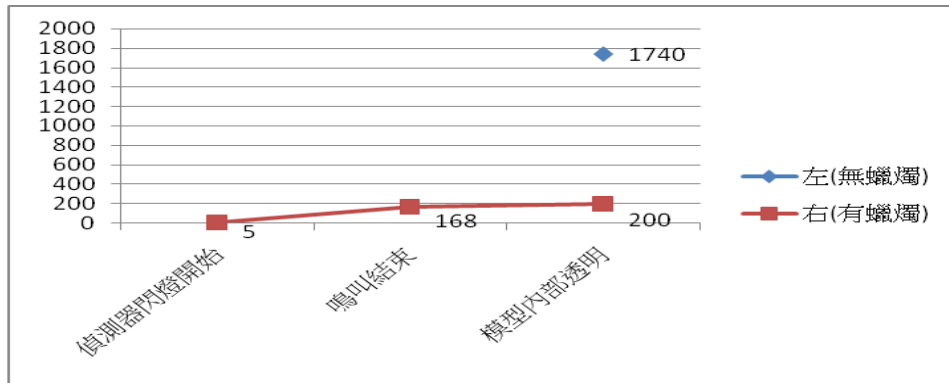
(圖十六)

3. 實驗數據(表 1-1、圖 1-2)。

實驗次數	左(無蠟燭)			右(有蠟燭)		
	第一次	第二次	平均值	第一次	第二次	平均值
偵霧器閃燈開始	—	—	—	0:07	0:04	0:05
鳴叫結束	—	—	—	2:53	2:44	2:48
模型內部透明	31:00	27:00	29:00	3:28	3:13	3:20

(表 1-1)

(單位:秒)

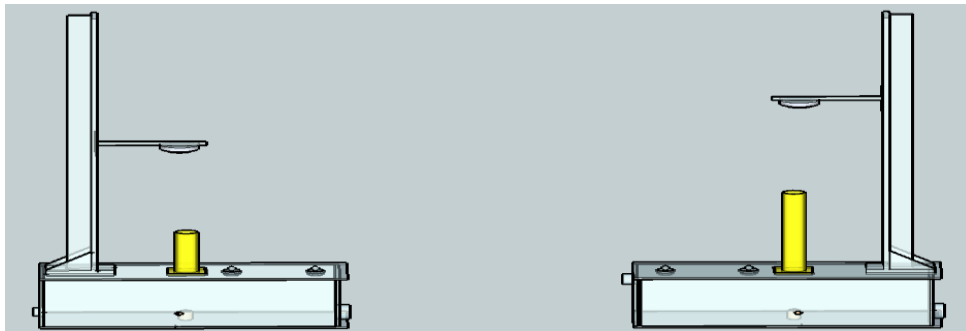


(圖 1-2)

二、觀察煙囪長度為 10 公分和 20 公分、20 公分和 30 公分，在長短不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

(一)由實驗二觀察煙囪效應的強度與煙囪的高度有關。利用長短不同的煙囪，來改變排煙路徑。

1. 我們使用左邊模型 10 公分和右邊模型 20 公分的煙囪長度來比較，長度 10 公分煙囪路徑較短，20 公分的煙囪路徑較長(圖十七)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同打開，發現右邊 20 公分路徑較長的煙囪，排煙上升速度較快(圖十八)。

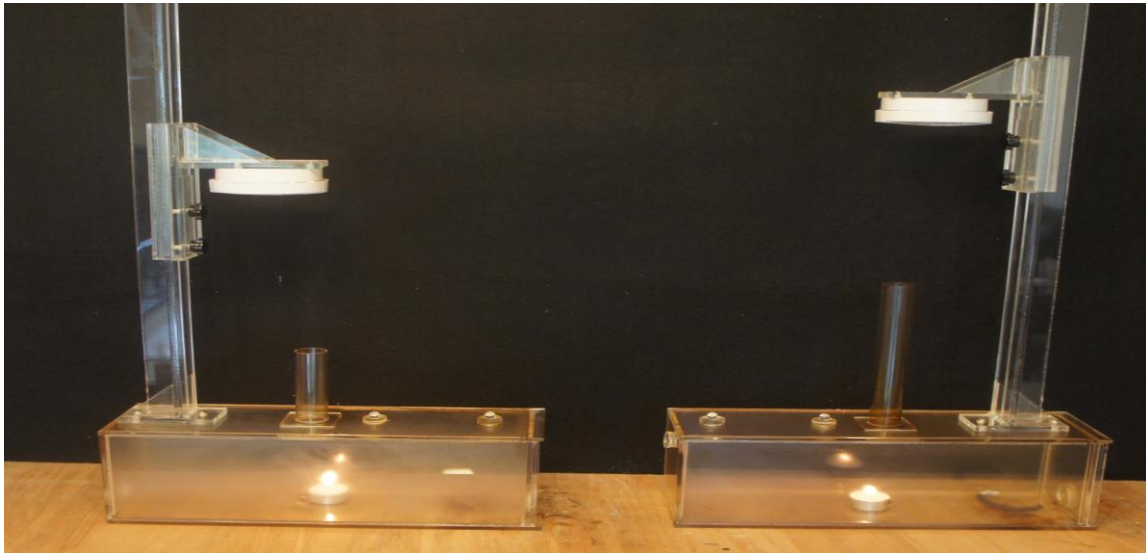


(圖十七)



(圖十八)

2. 在相同時間下，右邊長度20公分路徑較長的煙囪，模型內部較快呈現透明，排煙速度快(圖十九)。



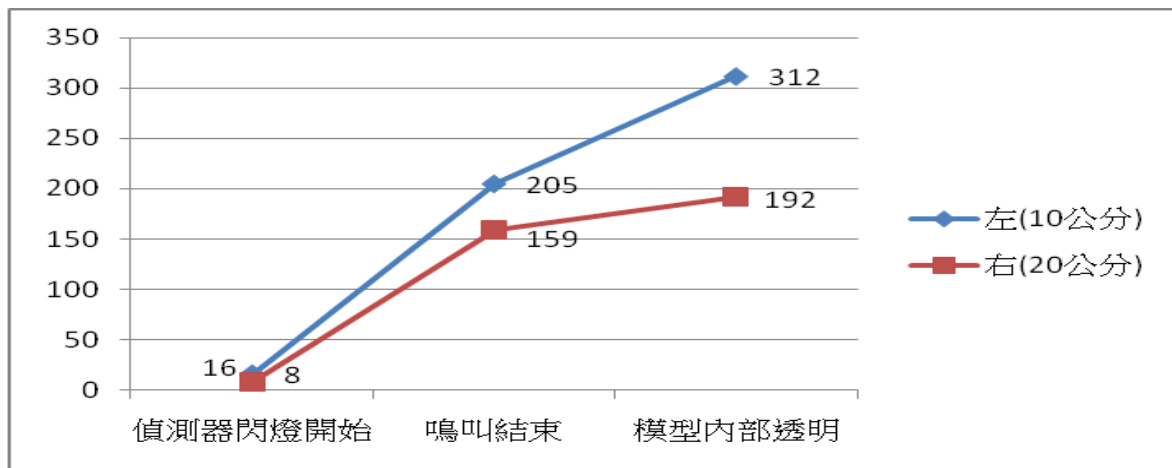
(圖十九)

3. 實驗數據(表 2-1、圖 2-2)。

實驗次數	左(10公分)				右(20公分)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵測器閃燈開始	0:18	0:15	0:16	0:16	0:09	0:06	0:09	0:08
鳴叫結束	3:33	3:24	3:20	3:25	2:42	2:40	2:35	2:39
模型內部透明	5:22	5:15	5:00	5:12	3:23	3:16	2:58	3:12

(表 2-1)

(單位:秒)

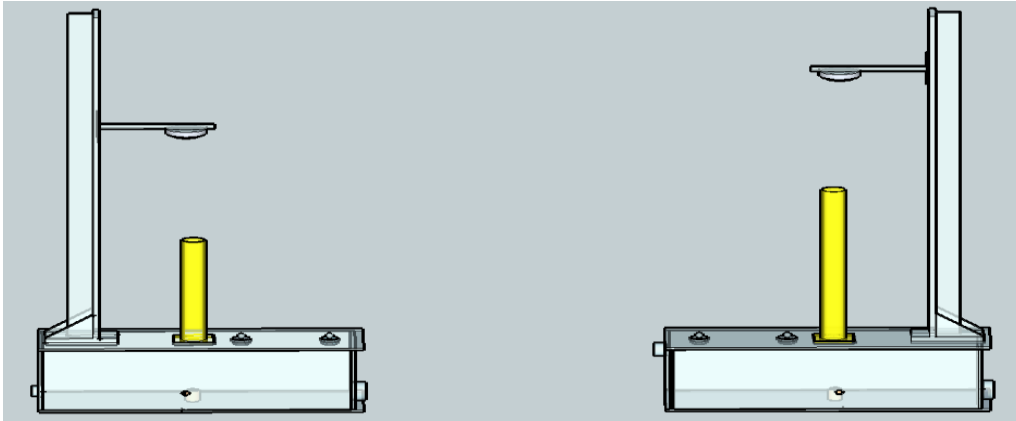


(圖 2-2)

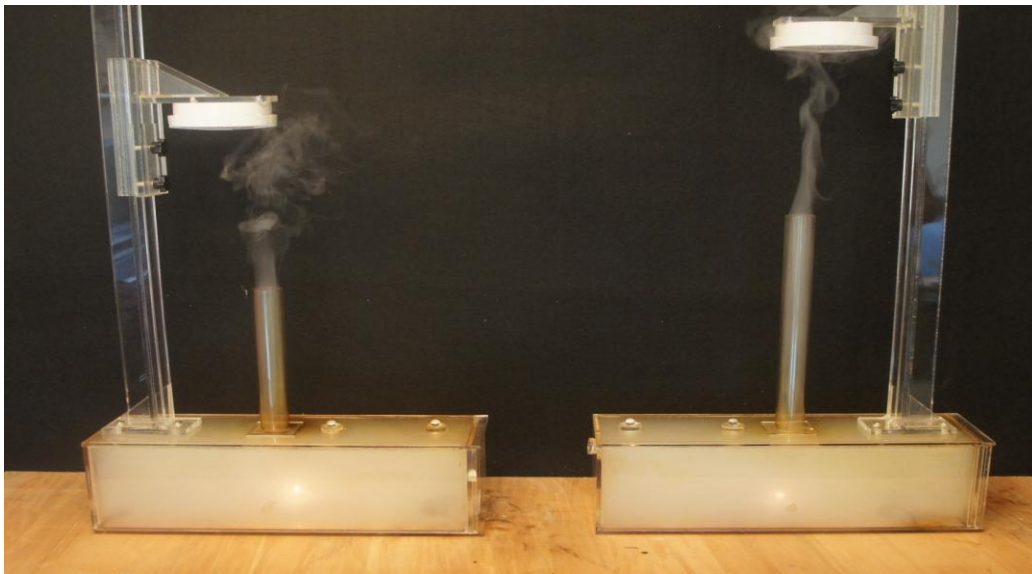
(二)由實驗三觀察煙囪效應的強度與煙囪的高度有關。利用長短不同的煙囪，來改變排煙路徑。

1. 我們使用左邊模型 20 公分和右邊模型 30 公分的煙囪長度來比較，長度 20 公分煙囪路徑較短，30 公分的煙囪路徑較長(圖二十)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的

蓋子同時打開，發現右邊 30 公分路徑較長的煙囪，排煙上升速度較快(圖二十一)。

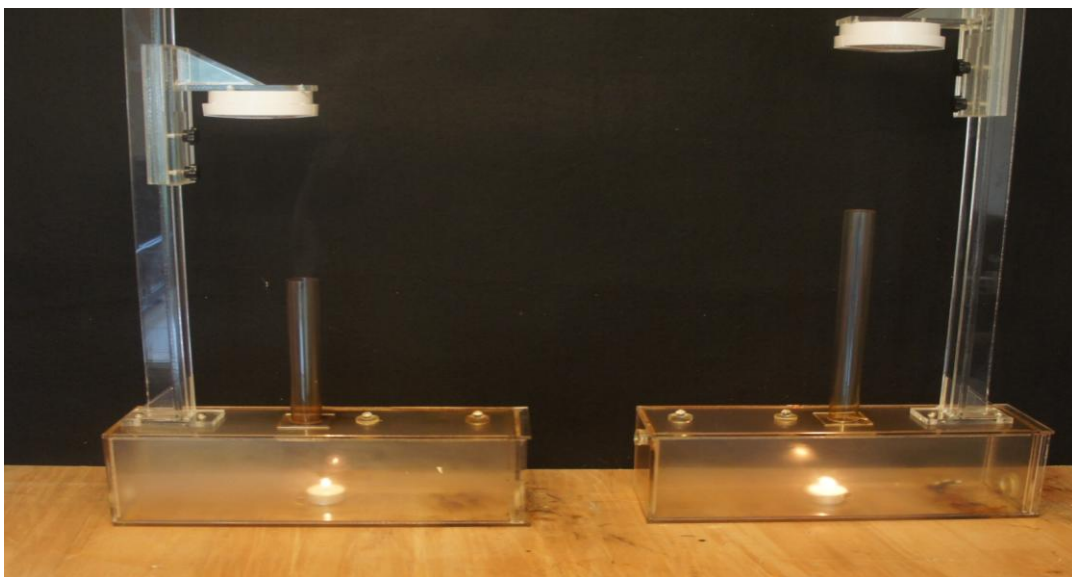


(圖二十)



(圖二十一)

2. 在相同時間下，右邊長度30公分路徑較長的煙囪，模型內部較快呈現透明，排煙速度較快(圖二十二)。



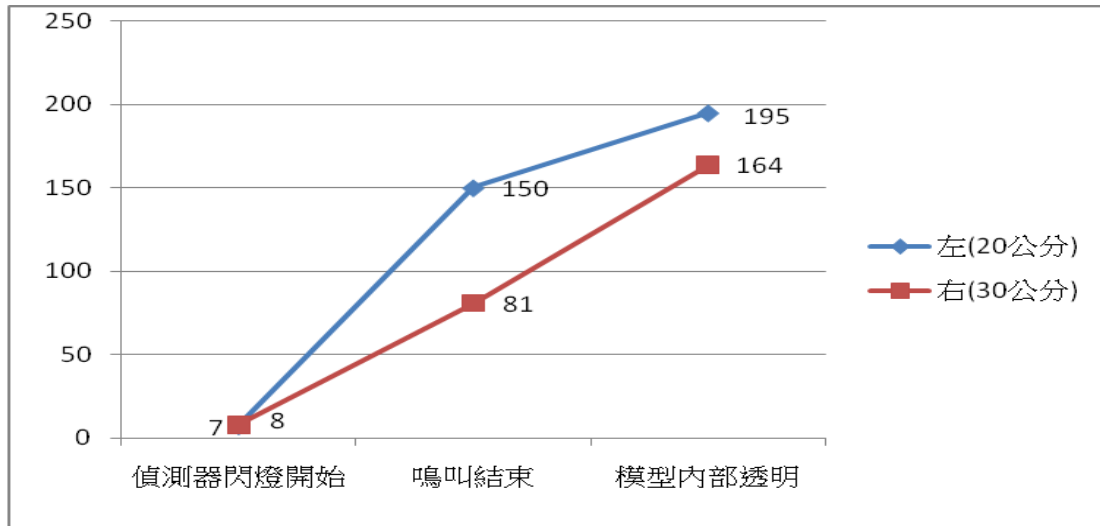
(圖二十二)

3. 實驗數據(表3-1、圖3-2)。

實驗次數	左(20公分)				右(30公分)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:06	0:09	0:07	0:07	0:08	0:09	0:07	0:08
鳴叫結束	2:29	2:32	2:31	2:30	1:19	1:25	1:20	1:21
模型內部透明	3:04	3:23	3:19	3:15	1:34	1:56	1:42	1:44

(表 3-1)

(單位:秒)

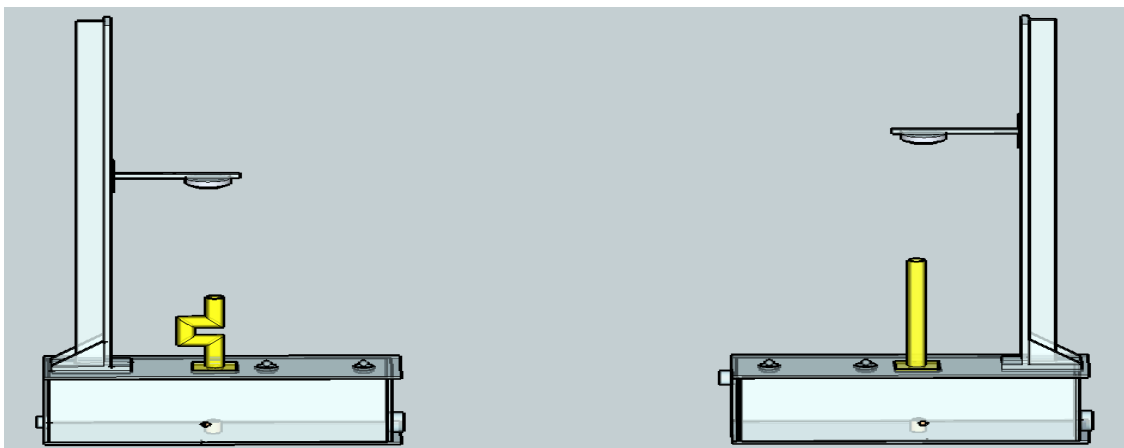


(圖3-2)

三、觀察煙囪形狀為彎曲和直行，在長度相同路徑不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

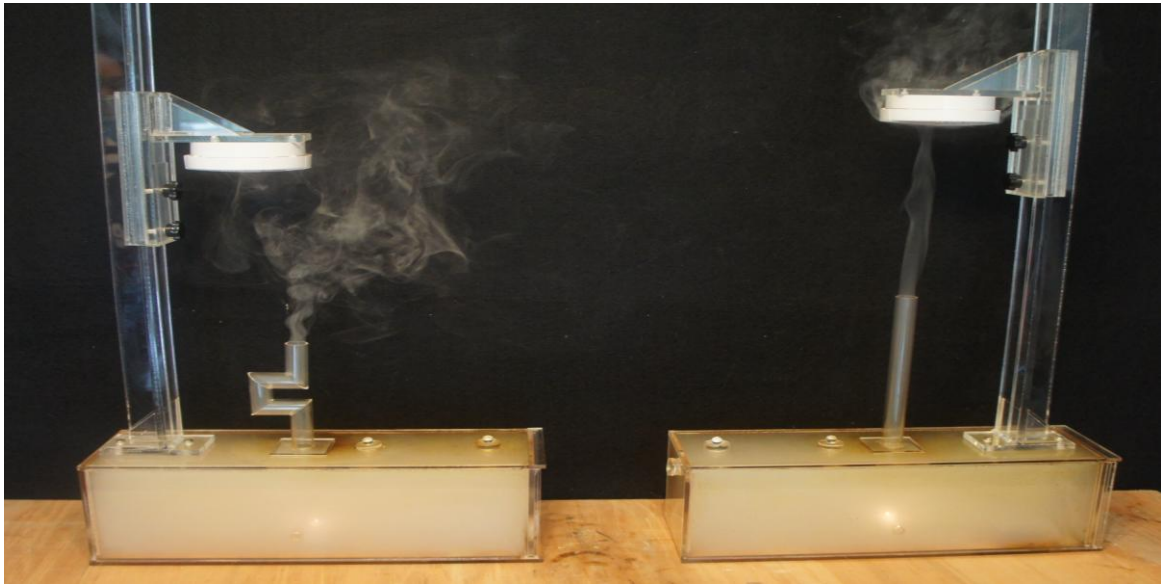
(一)由實驗四觀察煙囪效應的強度與煙囪的形狀有關。利用形狀不同的煙囪，來改變排煙路徑。

1. 我們使用左邊彎曲和右邊直行的煙囪形狀來比較，形狀彎曲的煙囪路徑為 20 公分，形狀直行的煙囪路徑為 20 公分(圖二十三)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同時打開，發現右邊形狀直行路徑為 20 公分的煙囪，排煙上升速度較快(圖二十四)。



(圖二十三)





(圖二十四)

2. 在相同時間下，右邊形狀直行路徑為20公分的煙窗，模型內部較快呈現透明，排煙速度較快(圖二十五)。



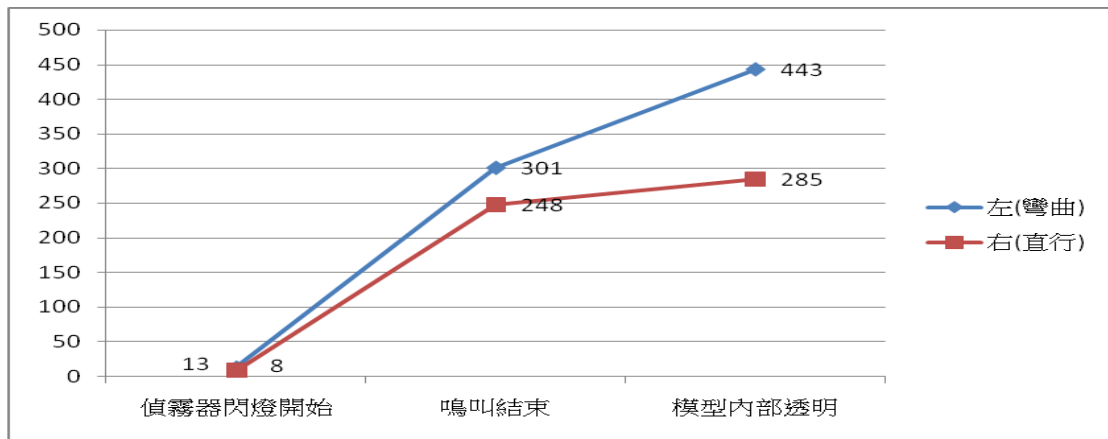
(圖二十五)

3. 實驗數據(表4-1、圖4-2)。

實驗次數	左(彎曲)				右(直行)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:16	0:11	0:13	0:13	0:10	0:07	0:07	0:08
鳴叫結束	5:08	4:59	4:58	5:01	4:16	4:09	4:00	4:08
模型內部透明	7:29	7:25	7:16	7:23	4:58	4:46	4:33	4:45

(表 4-1)

(單位:秒)

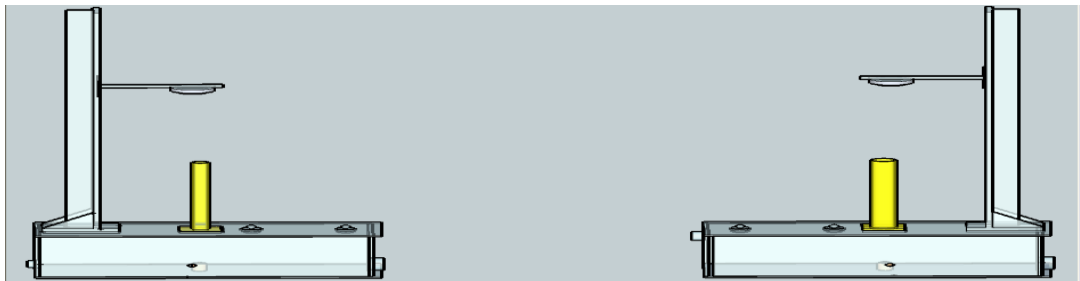


(圖 4-2)

四、觀察煙囪直徑為 2 公分和 3 公分、3 公分和 4 公分，在粗細不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

(一)由實驗五觀察煙囪效應的強度與煙囪的粗細有關。利用粗細不同的煙囪，來改變排煙出口的大小。

1. 我們使用左邊模型直徑 2 公分和右邊模型直徑 3 公分的煙囪來比較，直徑 2 公分的煙囪較細，直徑 3 公分的煙囪較粗(圖二十六)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同時打開，發現左邊模型直徑 2 公分的煙囪，排煙上升速度較快(圖二十七)。



(圖二十六)



(圖二十七)

2. 在相同時間下，右邊直徑3公分較粗的煙囪出口較大，模型內部較快呈現透明，排煙速度快(圖二十八)。



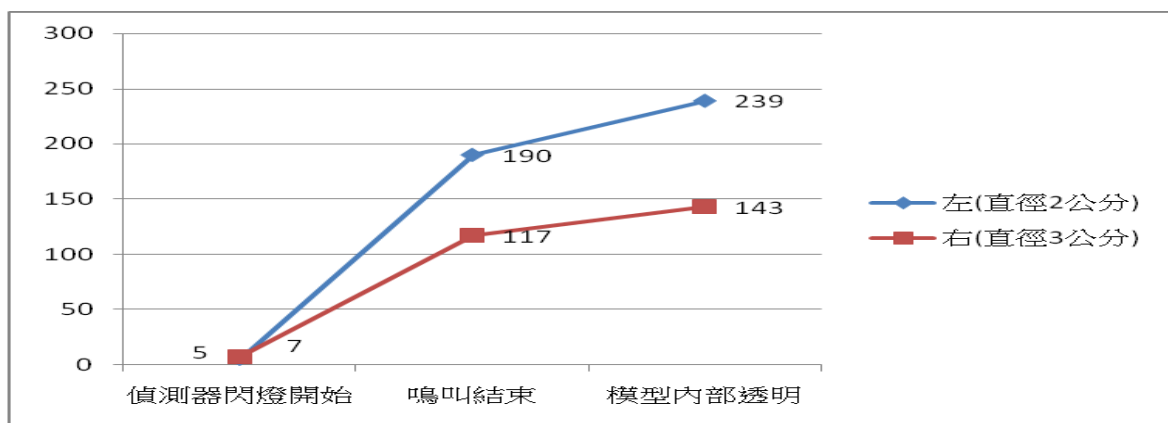
(圖二十八)

3. 實驗數據(表5-1、圖5-2)。

	左(直徑 2 公分)				右(直徑 3 公分)			
實驗次數	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:05	0:04	0:07	0:05	0:05	0:06	0:10	0:07
鳴叫結束	3:03	3:11	3:18	3:10	1:55	1:52	2:04	1:57
模型內部透明	3:48	4:03	4:06	3:59	2:10	2:25	2:34	2:23

(表 5-1)

(單位:秒)

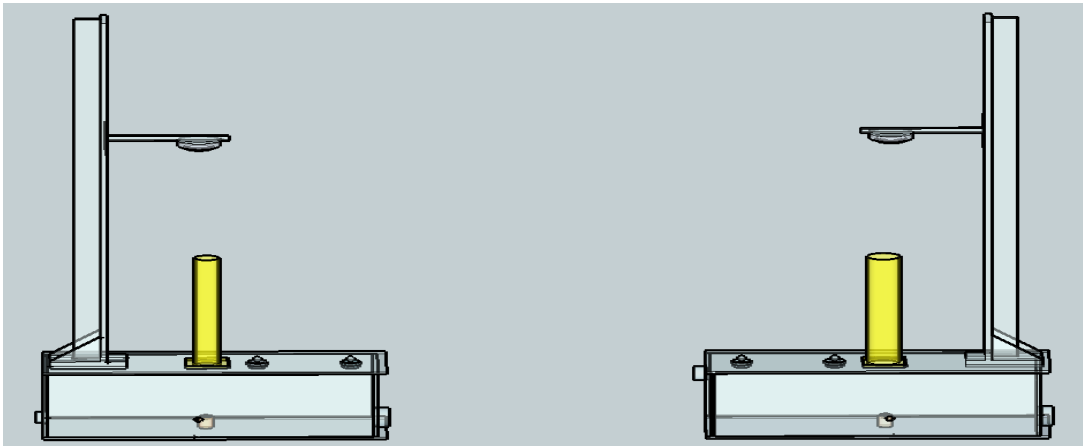


(圖 5-2)

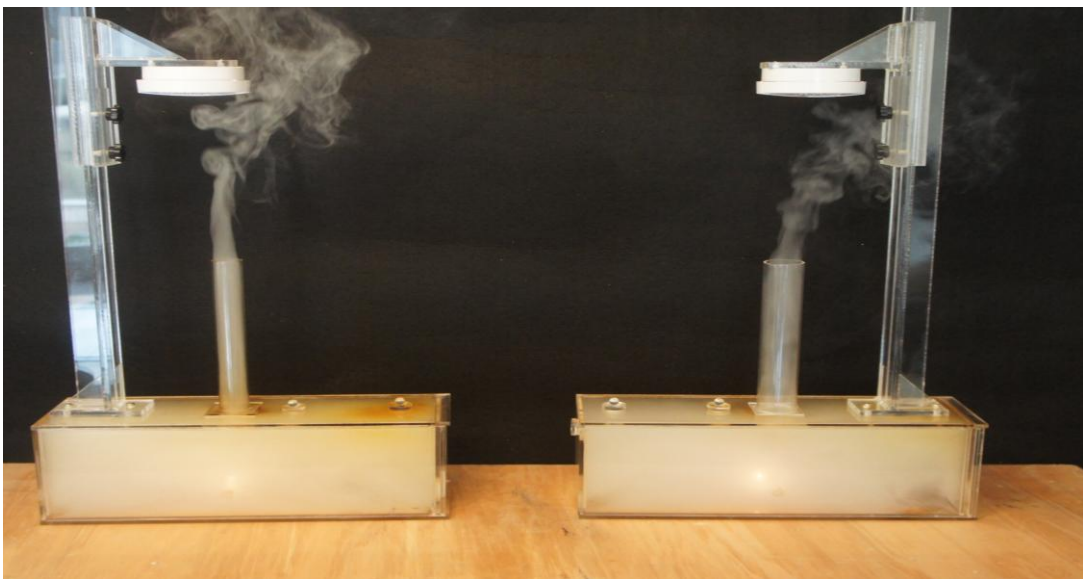
(二)由實驗六觀察煙囪效應的強度與煙囪的粗細有關。利用粗細不同的煙囪，來改變排煙出口的大小。

1. 我們使用左邊模型直徑 3 公分和右邊模型直徑 4 公分的煙囪來比較，直徑 3 公分的煙囪較細，直徑 4 公分的煙囪較粗(圖二十九)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的

蓋子同時打開，發現左邊模型直徑 3 公分的煙囪，排煙上升速度較快(圖三十)。



(圖二十九)



(圖三十)

2. 在相同時間下，右邊直徑4公分較粗的煙囪出口較大，模型內部較快呈現透明，排煙速度快(圖三十一)。



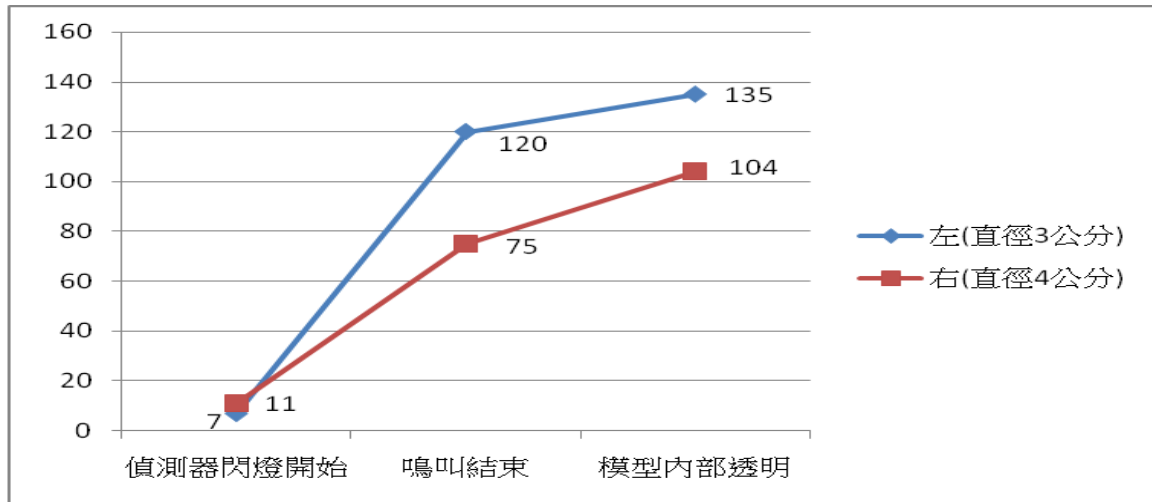
(圖三十一)

3. 實驗數據(表6-1、圖6-2)。

實驗次數	左(直徑 3 公分)				右(直徑 4 公分)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:05	0:03	0:13	0:07	0:12	0:11	0:12	0:11
鳴叫結束	2:03	1:53	2:06	2:00	1:15	1:11	1:19	1:15
模型內部透明	2:09	2:10	2:27	2:15	1:46	1:33	1:54	1:44

(表 6-1)

(單位:秒)

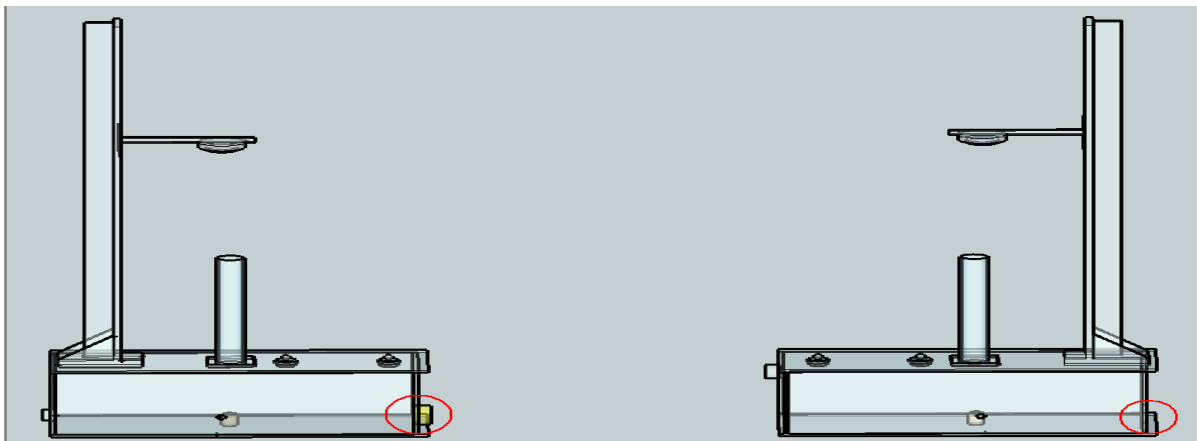


(圖 6-2)

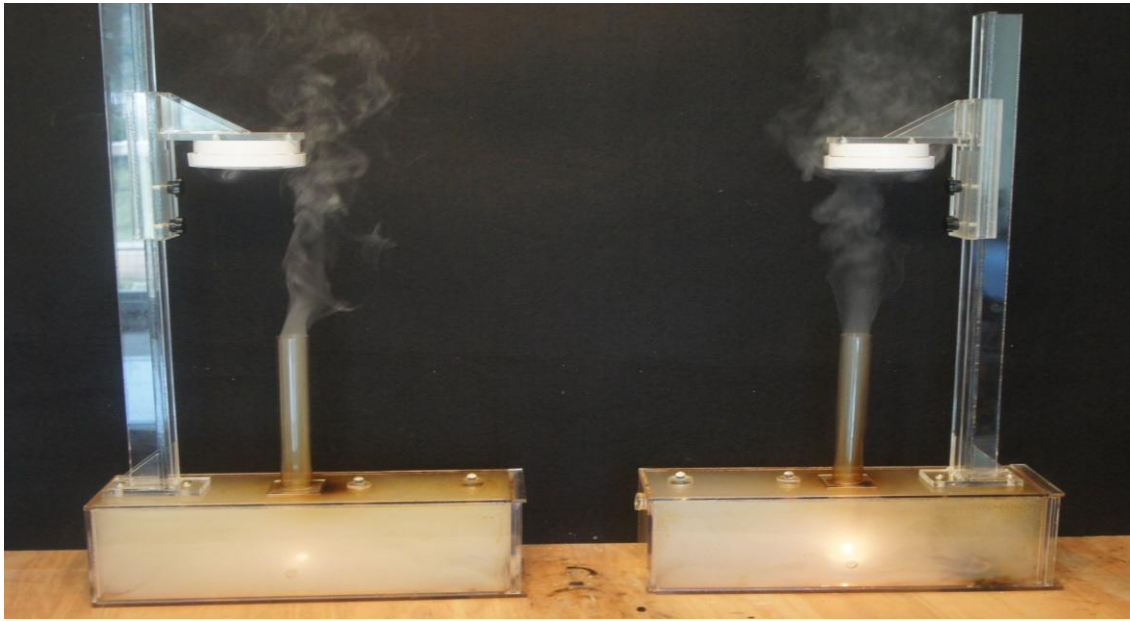
五、觀察在空氣流通量不同的條件下，是否會影響到排煙速度的快慢。

(一)由實驗七觀察煙囪效應的強度與空氣流通的程度有關。利用模型右側入口未打開和打開，來改變空氣流通量。

1. 我們不開啓左邊模型的右側入口和開啓右邊模型的右側入口，來改變空氣流通量比較換氣量大小(圖三十二)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同時打開，發現左右兩邊模型的排煙速度並無明顯差異(圖三十三)。

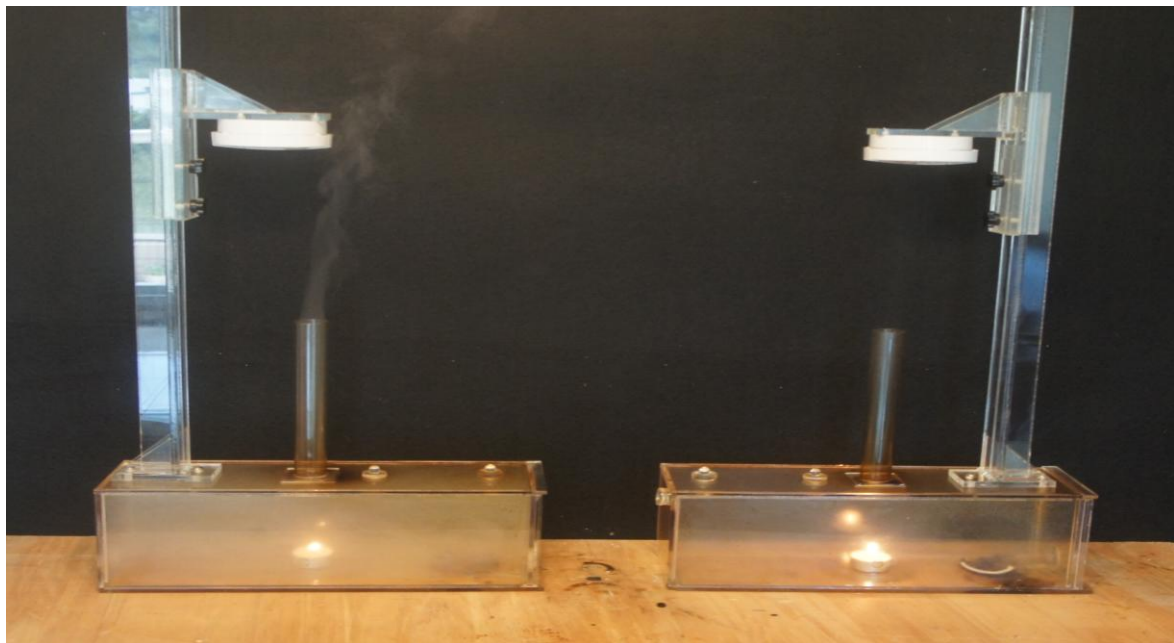


(圖三十二)



(圖三十三)

2. 在相同時間下，開啓右側入口的右邊模型內部較快呈現透明，排煙速度較快(圖三十四)。



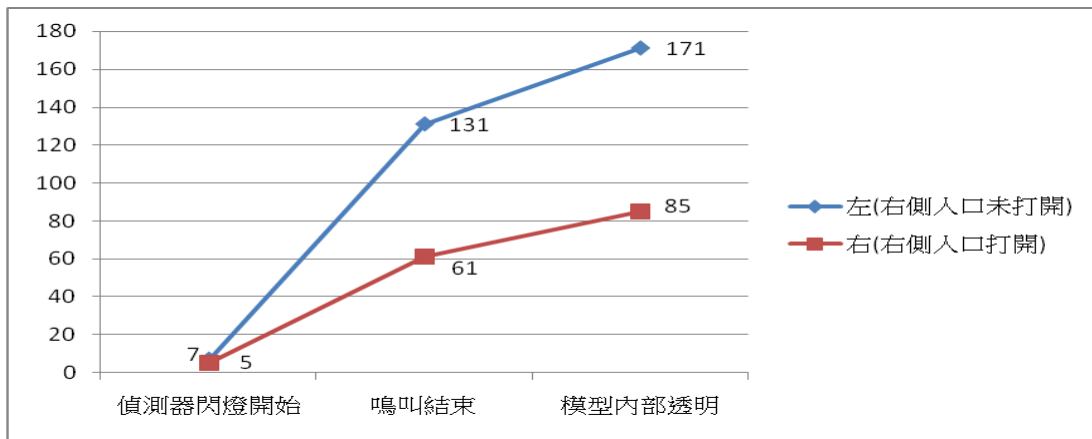
(圖三十四)

3. 實驗數據(表7-1、圖7-2)。

實驗次數	左(右側入口未打開)				右(右側入口打開)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:04	0:12	0:05	0:07	0:07	0:04	0:05	0:05
鳴叫結束	2:18	2:09	2:06	2:11	1:05	1:02	0:58	1:01
模型內部透明	2:59	2:44	2:51	2:51	1:33	1:20	1:23	1:25

(表 7-1)

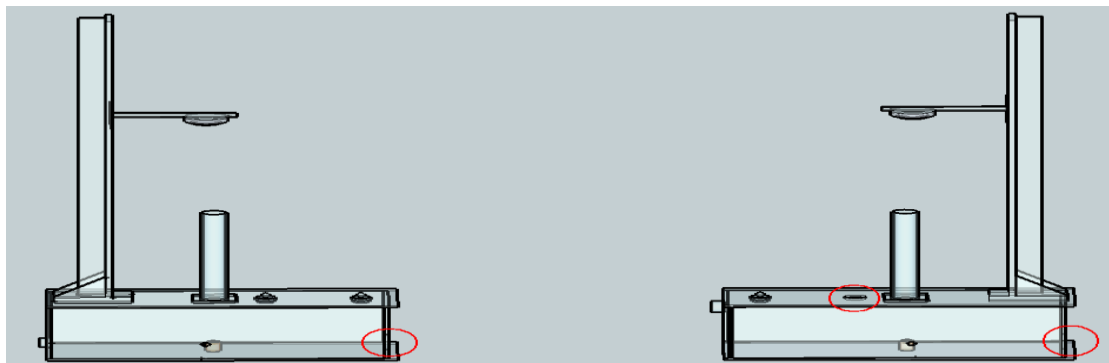
(單位:秒)



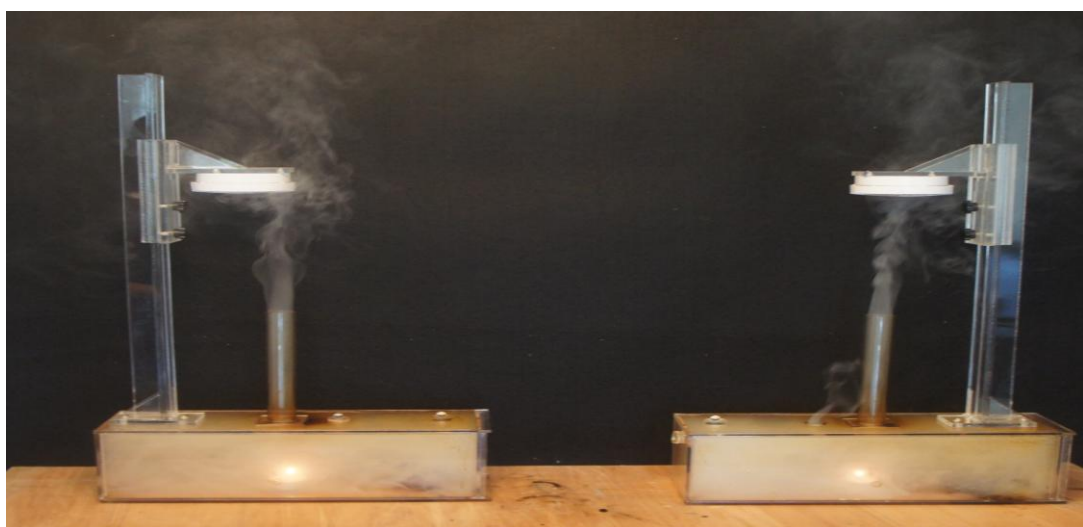
(圖 7-2)

(二)由實驗八觀察煙囪效應的強度與空氣流通的程度有關。先打開模型右側入口後，再利用模型上面煙囪附近的出口未打開和打開，來改變空氣流通量。

1. 我們開啓右邊模型上面煙囪附近的出口，來改變空氣流通量，比較換氣量大小(圖三十五)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同時打開，發現開啓右邊模型上面煙囪附近的出口冒煙(圖三十六)。

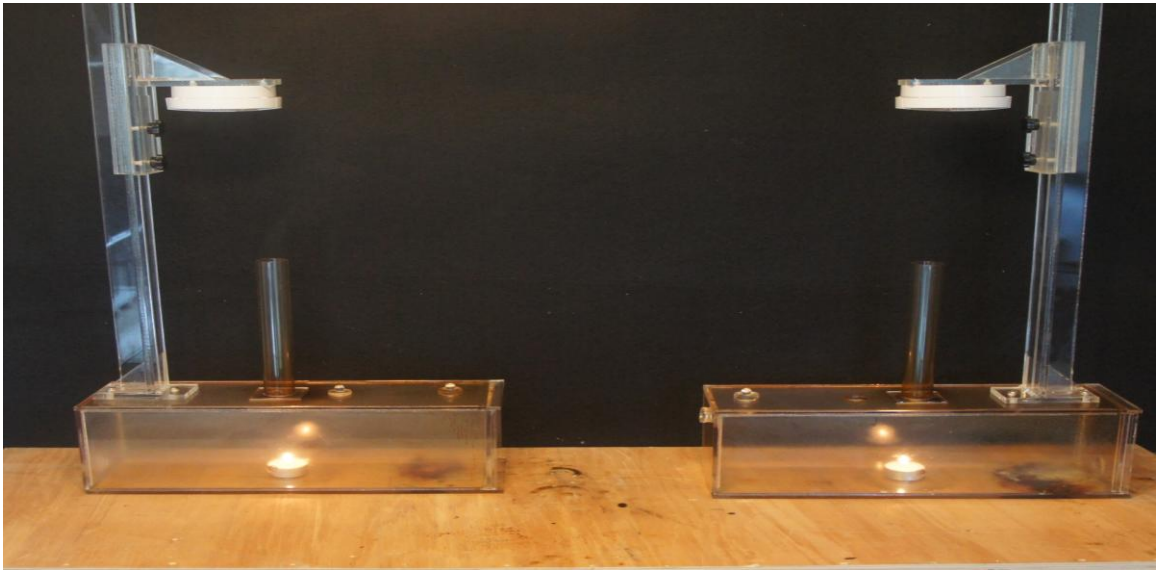


(圖三十五)



(圖三十六)

2. 在相同時間下，開啓模型上面煙囪附近出口的右邊模型，模型內部較快呈現透明，排煙速度快(圖三十七)。



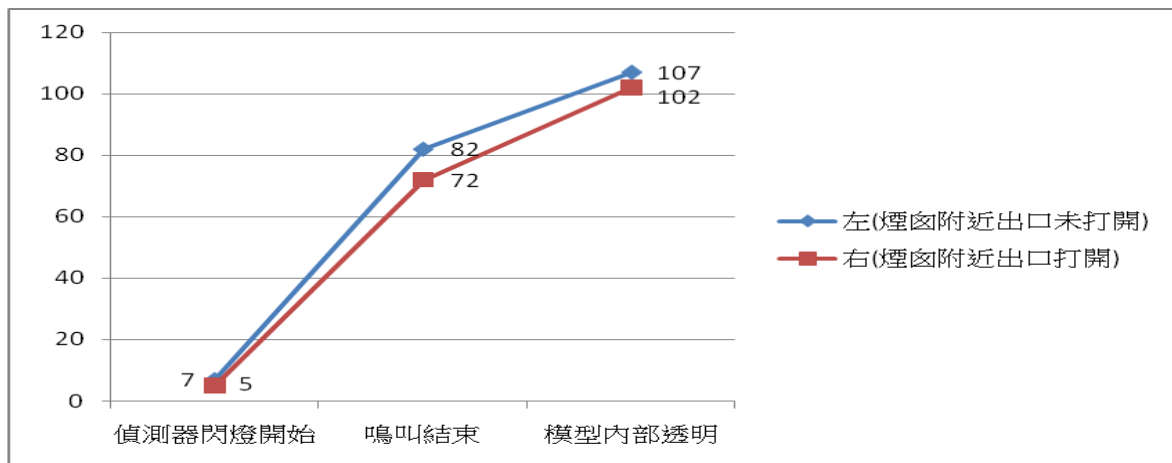
(圖三十七)

3. 實驗數據(表8-1、圖8-2)。

實驗次數	左(煙囪附近的出口未打開)				右(煙囪附近的出口打開)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:06	0:11	0:04	0:07	0:05	0:06	0:04	0:05
鳴叫結束	1:20	1:29	1:19	1:22	1:10	1:20	1:06	1:12
模型內部透明	1:43	2:00	1:38	1:47	1:44	1:45	1:38	1:42

(表 8-1)

(單位:秒)



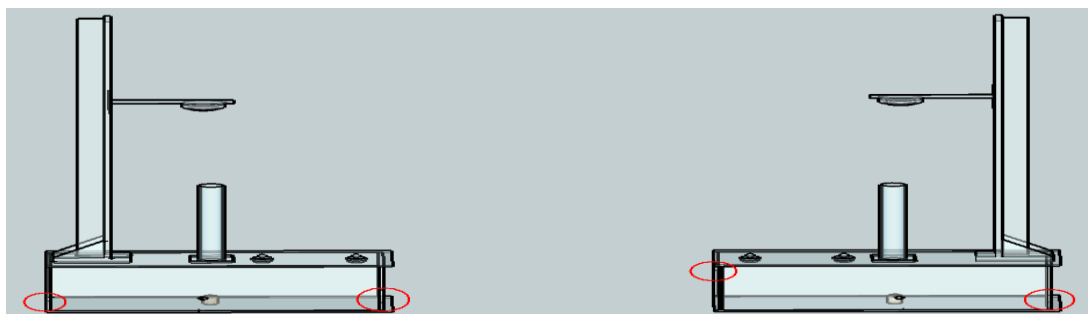
(圖 8-2)

(三)由實驗九觀察煙囪效應的強度與空氣流通的程度有關。先打開模型右側入口後，再打開模型左側上方出口和左側下方出口，來改變空氣流通量。

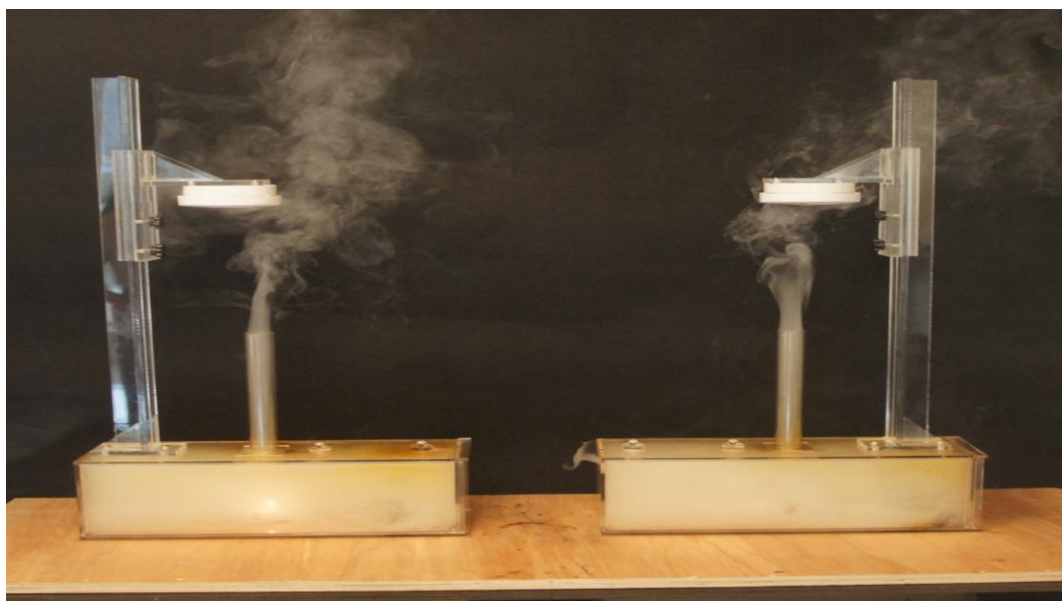
1. 我們開啓左邊模型的左側下方出口和開啓右邊模型的左側上方出口，來改變空氣流



通量，比較換氣量大小(圖三十八)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同時打開，發現開啓右邊模型左側上方的出口冒煙(圖三十九)。



(圖三十八)



(圖三十九)

2. 在相同時間下，開啓模型左側上方出口的右邊模型，模型內部較快呈現透明，排煙速度快(圖四十)。



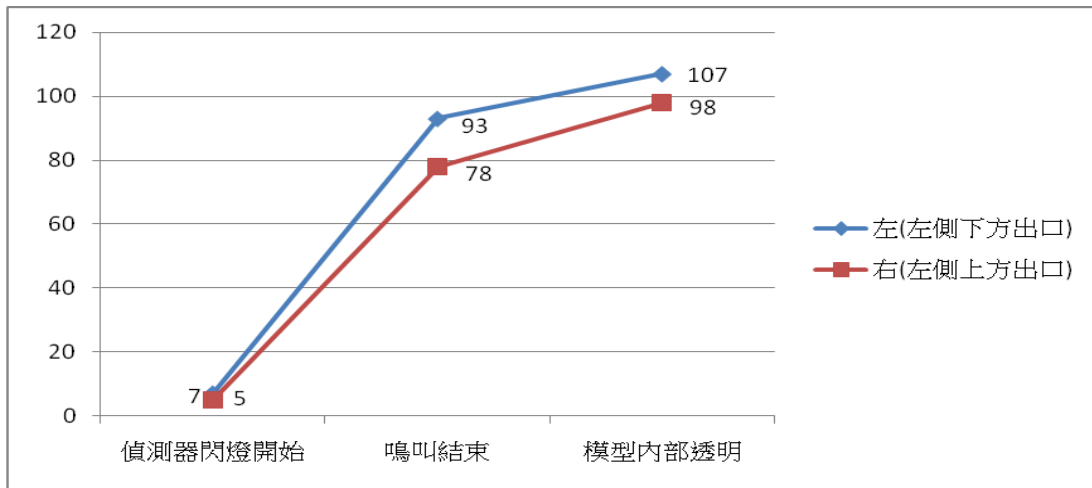
(圖四十)

3. 實驗數據(表9-1、圖9-2)。

實驗次數	左(左側下方出口)				右(左側上方出口)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:05	0:07	0:09	0:07	0:04	0:05	0:07	0:05
鳴叫結束	1:26	1:33	1:40	1:33	1:14	1:19	1:21	1:18
模型內部透明	1:34	1:53	1:56	1:47	1:26	1:40	1:49	1:38

(表 9-1)

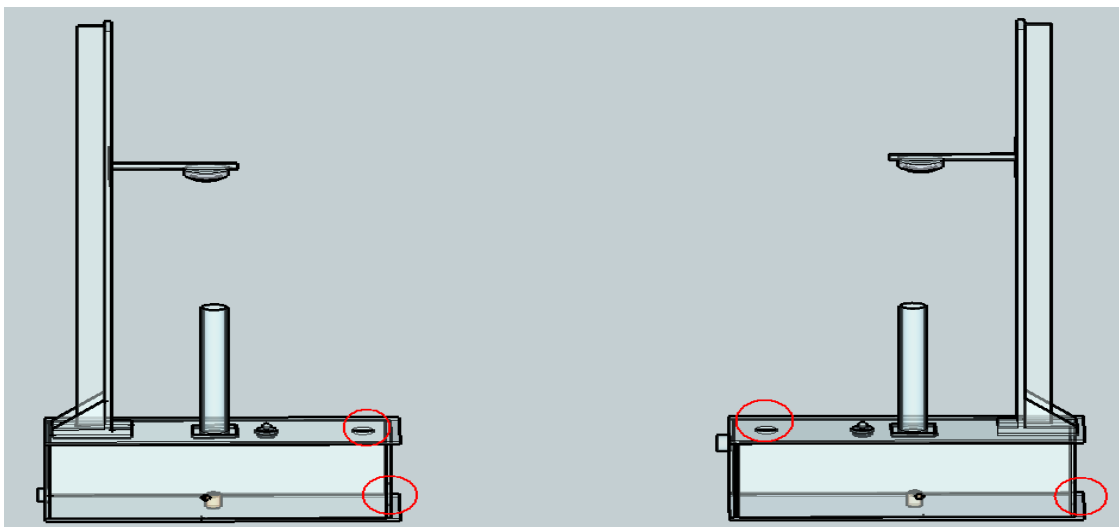
(單位:秒)



(圖 9-2)

(四)由實驗十觀察煙囪效應的強度與空氣流通的程度有關。先打開模型右側入口後，再打開模型上面右邊出口和左邊出口，來改變空氣流通量。

1. 我們開啓左邊模型的上面右邊出口和開啓右邊模型的上面左邊出口，來改變空氣流通量，比較換氣量大小(圖四十一)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子同時打開，發現開啓右邊模型上面左邊的出口冒煙(圖四十二)。



(圖四十一)



(圖四十二)

2. 在相同時間下，開啓模型上面左邊出口的右邊模型，模型內部較快呈現透明，排煙速度快(圖四十三)。



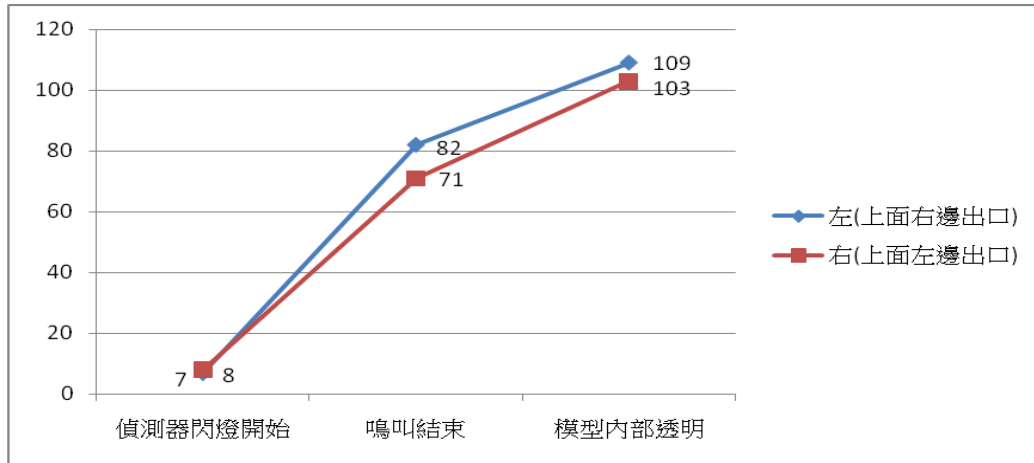
(圖四十三)

3. 實驗數據(表 10-1、圖 10-2)。

實驗次數	左(上面右邊出口)				右(上面左邊出口)			
	第一次	第二次	第三次	平均值	第一次	第二次	第三次	平均值
偵霧器閃燈開始	0:05	0:13	0:03	0:07	0:07	0:11	0:06	0:08
鳴叫結束	1:21	1:24	1:21	1:22	1:09	1:17	1:07	1:11
模型內部透明	1:51	1:54	1:43	1:49	1:41	1:51	1:37	1:43

(表 10-1)

(單位:秒)

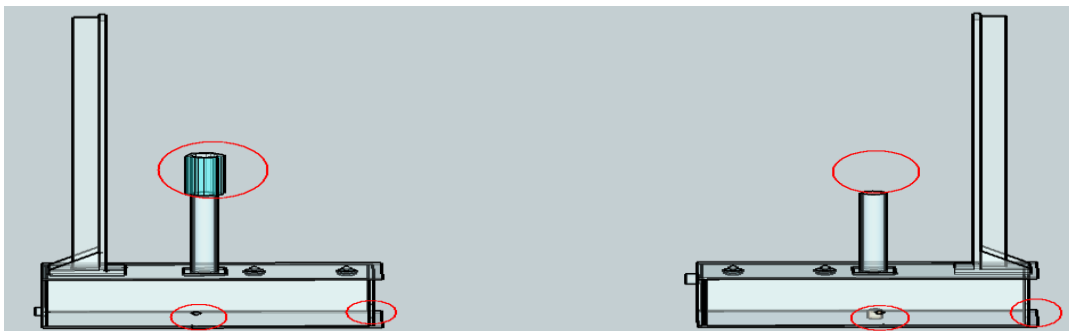


(圖 10-2)

## 六、觀察煙囪效應是否可逆向進行

(一)由實驗十一觀察煙囪效應是可逆向進行。

1. 我們將右邊模型內的蠟燭加熱，來改變模型內的溫度，使溫度變高，讓模型內外的溫度差距增加。同時在左邊模型的煙囪上方放置冰袋，來改變模型外的溫度，使溫度變低，讓模型內外的溫度差距增加(圖十四)。集煙完成後，再將兩邊煙囪上方的蓋子和模型右側入口同時打開後，發現左邊模型由右側入口排煙(圖四十五)。



(圖四十四)



(圖四十五)

## 陸、討論

- 一、我們所要進行的實驗是關於空氣與燃燒，因為空氣本身是無色的，所以我們以蚊香當作染料，將空氣染色，方便觀察。
- 二、實驗過程中，由於觀察煙霧較不容易，因此我們利用黑色不織布當背景，方便觀察。
- 三、我們在實驗過程中，遇到當蚊香小面積燃燒，會導致集煙慢，煙霧又少，相對耗氧，無法讓蠟燭繼續燃燒。因此我們讓蚊香大面積燃燒，縮短集煙時間，發現集煙快煙霧效果好，又較不耗氧，蠟燭也不會因缺氧而不燃燒。
- 四、在偵測煙霧的過程，發現煙霧流動的方向，若受到外在的氣流影響，無法直行向上時，將會影響偵測判讀。若將偵測器直接架在煙囪口，但是又會導致排煙的順暢，因此調整至離煙囪口 20 公分處。
- 五、在統計數據時，我們發現數據誤差會因為不同日期、不同時段而有所改變，因為每天氣候形成的因素不同，像是溫度不同、大氣壓力不同、風的方向風速不同等，許多變數間複雜關係都可能會影響實驗數據，因此我們採取同天同時段的數據做為比較依據。
- 六、透過實驗二、三我們利用煙囪長短不同，觀察到又高又長的煙囪，可以避免充滿塵埃的熱空氣過早接觸周圍的冷空氣而下降，造成塵埃四散空氣汙染，因此用煙囪來隔離冷空氣，讓熱空氣能順利往高空處排放。
- 七、透過實驗三在 20 公分和 30 公分的煙囪做比較時，出現過 30 公分的煙囪無法排煙，是因為煙太大沒察覺到蠟燭熄滅，使模型內溫度下降，導致空氣無法加熱膨脹而上升。因此，我們得知煙囪長度只會增加煙囪效應的強度，而熱空氣上升的熱對流，才是煙囪效應的主因。
- 八、透過實驗四由煙囪形狀直行或彎曲中，發現熱空氣會沿著有向上垂直坡度的空間上升。而模型與形狀直行的煙囪呈現向上垂直的坡度，排煙速度較快。但是熱空氣遇到形狀彎曲的煙囪時，因為橫向垂直的坡度讓熱空氣上升受阻，排煙速度較慢。因此生活中的煙囪角度，大多為直通屋頂，而不使用彎頭。
- 九、透過實驗五煙囪粗細不同中，一開始我們看到左邊模型直徑 2 公分的煙囪，排煙速度較快，是因為它的排煙出口面積小，使流速較快，並不代表排煙量大。最後較快呈現透明的是，右邊直徑 3 公分的煙囪，使膨脹的熱空氣較易通過面積大的出口，排煙速度快。
- 十、透過實驗七利用打開模型右側入口，來改變空氣流通量時，發現打開右側入口的模型，排煙速度快。像是打開煮菜的爐灶口來改變空氣流通量，可讓冷空氣在底部產生吸氣效果，使火更旺，同時增加排煙速度。
- 十一、透過實驗八打開模型上面煙囪附近的出口，可以觀察到空氣加熱體膨脹後，透過右邊模型上面的兩個排煙出口，使熱空氣較順利排出，排煙速度變快。雖然右邊模型比左邊模型排煙速度快，但並無明顯差距。
- 十二、透過實驗七打開入口來改變空氣流通量，和實驗八打開出口使排煙順利。我們發現打開入口增加空氣流通量與煙囪效應的強度較為密切，而增加排煙出口與煙囪效應的強度較無明顯差距。
- 十三、透過實驗九打開模型左側上方或是下方出口，觀察到熱空氣的流動有一定的方向，

由低往高流。像是電暖爐放在屋內的低處，整個屋子才能因熱空氣體積膨脹密度變小，使熱空氣變輕，向上對流而變暖。而冷氣機裝置在高處，因冷空氣下降使屋內變涼爽。因此在使用電暖爐時，可選擇打開上方窗戶，增加空氣流通的速度。

- 十四、透過**實驗十**打開模型上面右邊或是左邊出口，發現模型上面左邊出口的排煙速度較快。上面右邊出口較靠近進氣入口，空氣受到進氣入口冷空氣的影響，使溫度降低空氣不易向上流動，而無法排煙。因此在冬天開暖氣時，若想打開窗戶讓室內的廢氣較迅速排出時，記得選擇不要太靠近進氣入口的窗戶。
- 十五、透過**實驗十一**觀察煙囪效應是否可逆向進行，我們若將蠟燭加熱放入左邊模型，會讓模型內空氣溫度過熱直接從煙囪出口排出。所以我們不將加熱蠟燭放入左邊模型內，再將冰袋環繞左邊模型煙囪上方的外圍處，發現煙囪出口上方的冰袋使空氣溫度下降，讓空氣密度變大造成冷空氣下降，使空氣往右側入口排出，呈現冷煙囪效應。
- 十六、我們發現可以把煙囪效應的設計應用在綠色建築中，讓空氣對流快速使炎炎夏日產生涼爽，減少冷氣的使用達到節約能源，利用煙囪效應的可逆性，來設計一間冬暖夏涼的綠色建築。
- 十七、由實驗中我們了解當高樓大廈發生火災時，低樓層的火場會造成空氣受熱體積膨脹密度變小變輕，經電梯槽或樓梯間得以往上流動，使高熱氣體不斷在通道頂部積聚，常使火勢透過煙囪效應在大樓頂層製造另一個火場。因此我們要隨手關防火門，做好垂直通道的防火阻絕。
- 十八、若不小心遇到火災，我們須先摸門把確定火源和火勢後，再決定是否開啓門窗逃生。因為密閉空間變開放空間時，會增加空氣對流，提供充分的氧氣及風勢助長火勢。因此若火勢大溫度過高，則關門等待救援。

## 柒、結論

- 一、**實驗一**得知有蠟燭加熱的模型，排煙速度快。當蠟燭加熱後使空氣變熱，因為空氣受熱體積膨脹密度變輕，產生浮力效應向上流動，像是天燈。在熱空氣上升後，冷空氣就會進入填補熱空氣的位置，所以溫度內外的差距，是會加強煙囪效應。
- 二、**實驗二**和**實驗三**得知長煙囪排煙速度快，短煙囪排煙速度慢。由於煙囪下方因溫度高產生較大的壓力，而煙囪上方的溫度低壓力較小。所以煙囪高度愈高路徑較長時，煙囪的壓力差會越大，排煙速度也會隨著增強。所以煙囪做的高，可以讓熱空氣不斷上升，增加它的路徑，使煙能加速的排出。
- 三、**實驗四**得知在煙囪路徑長短一樣的條件下，形狀直行的煙囪排煙速度快，形狀彎曲的煙囪排煙速度慢。是因為熱空氣的行進路線會朝向上垂直的坡度前進，而形狀直行的煙囪可以提供向上垂直的坡度，使排煙速度快。
- 四、**實驗五**和**實驗六**得知煙囪直徑大排煙速度快，煙囪直徑小排煙速度慢。由於在空氣受熱後體積膨脹，需要較大面積的排煙出口，因此煙囪直徑大可以讓熱空氣有較大面積的排煙出口，使排煙速度快。
- 五、**實驗七**得知打開右側入口的模型排煙速度快，不打開右側入口的模型排煙速度慢。因

為打開出入口可以增加空氣流通量，使模型有更大的換氣量，導致排煙速度較快。所以增加戶內外空氣流通的程度，使空氣流通量變大，可加強煙函效應。

- 六、**實驗八**得知打開上面煙函附近出口的模型排煙速度快，不打開上面煙函附近出口的模型排煙速度慢。由於空氣加熱體積膨脹後，需要較大面積的排煙出口，透過右邊模型的兩個排煙出口，使熱空氣較順利排出，增加空氣流通量，讓排煙速度變快。
- 七、**實驗九**得知打開左側上方出口的模型排煙速度快，打開左側下方出口的模型排煙速度慢。當空氣加熱後體積膨脹密度變小，使熱空氣變輕向上流動，因此熱空氣會朝上方出口流動，增加空氣流通量，排煙速度快。
- 八、**實驗十**得知打開上面左邊出口的模型排煙速度快，打開上面右邊出口的模型排煙速度慢。由於上面右邊出口較靠近進氣入口，受到冷空氣影響，空氣降低溫度不易向上流動，而上面左邊出口進氣入口較遠，較不受冷空氣影響，熱空氣可順利排出，增加空氣流通量，使排煙速度較快。
- 九、**實驗十一**得知左邊模型由右側入口排煙，右邊模型由煙函出口排煙。因為左邊模型煙函出口附近的冷空氣密度大往下降，使冷空氣反向由煙函進入模型內，產生可逆向進行的冷煙函效應。

## 捌、參考資料及其他

- 一、自然與生活科技第五冊。台北市：康軒文教事業股份有限公司。
- 二、何謂煙函效應。維基百科。取自：  
<http://zh.wikipedia.org/zh-hant/%E7%85%99%E5%9B%AA%E6%95%88%E6%87%89>
- 三、1996年11月20日香港嘉利大廈火災－冷熱氣流引起之效應。取自：  
<http://hk.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=7006081705697>
- 四、雅虎奇摩: <http://www.google.com.tw>。維基百科。消防與安全。事故。說明熱氣流流動方向，與隧道出口之間的關係。雪隧有如「倒下的煙函」。
- 五、溫度，決定一切。台北市：天下文化書坊。