

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080802

拜拜的煙「辦辦」！

學校名稱：高雄市大樹區九曲國民小學

作者：	指導老師：
小五 李祐慶	莊智揚
小六 林妍廷	曾雅慧
小六 李珮玟	
小五 余仲宸	
小六 雲子芳	

關鍵詞：排煙系統、線香燃燒、煙

拜拜的煙「掰掰」！

摘要

為了幫東隆宮的許伯伯解決問題，開啟了我們這一趟精彩的科學之旅，也讓我們從中學習許許多多關於「點香」這件事的知識，以下就是我們的研究成果

一、廟宇排煙研究

系統分類：工具型、建築型

操作方式：人力操作、自然運作

二、線香特性

- (一) 燃燒濃度隨著線香枝數增加而增加
- (二) 傳統香燃燒產生的濃度比無煙香多
- (三) 寺廟的香檢測的結果歸屬於傳統香

三、影響排煙因素

(一) 抽風機抽煙研究

- 1. 天花板最佳，側邊抽風機離香愈近效果愈好
- 2. 轉速快、風扇大抽煙效果愈好

(二) 排煙孔實驗

- 1. 有抽風機排煙效果好
- 2. 較高位置排煙效果好
- 3. 大排煙孔排煙效果好
- 4. 轉速快的排煙效果好
- 5. 大抽風機排煙效果好
- 6. 較多數量抽風機排煙效果好

壹、 研究動機

學校附近的東隆宮最近剛剛整修完工，整個廟看起是真美侖美奐令人目不暇已。但聽廟公許伯伯說：「廟最難照顧的是拜拜的煙，因為它容易把美麗的壁畫和裝飾品塗上一層層厚厚的煙燻妝，每個人物不分男女老少都成了張飛；柱子上原本的金龍全都變成了一尾尾黑龍，令人看了覺得很可惜。」

到廟裡拜拜是大部分民眾的信仰中心，但前陣子新聞報導拜拜所產生的煙，如果長期吸入會容易引發肺病，而且每次到廟裡拜拜，眼睛都被燻得很不舒服直流眼淚，如果有辦法能夠用方法把拜拜的煙很快的排出去，那對常常到廟裡拜拜的人們來說可不真是一件好事嗎？

本研究相關學習課程南一六上氧氣和二氧化碳

南一六下永續家園

康軒五上空氣與燃燒

康軒六下生物與環境

貳、 研究目的

一、觀察廟宇的排煙情形

二、研究線香的特性

(一)探討不同種類香外觀、氣味、觸感的特性。

(二)探討不同種類香燃燒的過程有何現象。

三、研究線香燃燒時的煙濃度

(一)探討不同種類香燃燒時的煙濃度。

(二)探討不同燃燒時間煙濃度情形。

(三)比較家用香與廟宇香燃燒時的煙濃度。

四、研究影響排煙效果的因素

(一)探討不同離香距離抽煙效果

(二)探討不同大小抽風機抽煙效果。

(三)探討不同轉速抽風機抽煙效果。

(四)探討不同高度排煙孔排煙效果。

(五)探討不同排煙孔徑的排煙效果。

(六)探討有無抽風機排煙效果。

(七)探討不同轉速抽風機排煙效果。

(八)探討不同數量抽風機排煙效果。

(九)不同大小抽風機排煙效果。

五、研究改善東隆宮排煙效果

(一)歸納與整理排煙設備要素

(二)探討東隆宮現有排煙效果

(三)探討東隆宮未來可行的排煙規劃

參、 研究器材

- 一、 材料類：線香、吸管、透氣繃帶、LED 燈泡、煙霧偵測器、雕塑板、塑膠桶、照度計、膠帶、風扇、雙面膠帶、魔鬼氈。



- 二、 工具類：自製線香觀察桶、自製煙濃度檢測箱、自製排煙觀測箱、自製抽風機、自製不同孔徑排煙孔、計時器、打火機、記事本、直流變壓器、黑色不織布、壓箱本、螺絲起子、照相機。

肆、 文獻探討

- 一、煙（英語：Smoke）是一種物理及化學的現象。當物質燃燒，急速的化學變化，轉化或分解出的微粒或氣體叫做煙。顏色的不同代表其成分，例如石油產品，塑膠燃燒產生的煙是黑色的，含水的木料燃燒生成的煙是白色的。常識認為白煙無毒，黑煙可致命。不過，煙的顏色還有七色以上，代表其中的成份有氯、鎂或硫磺……。

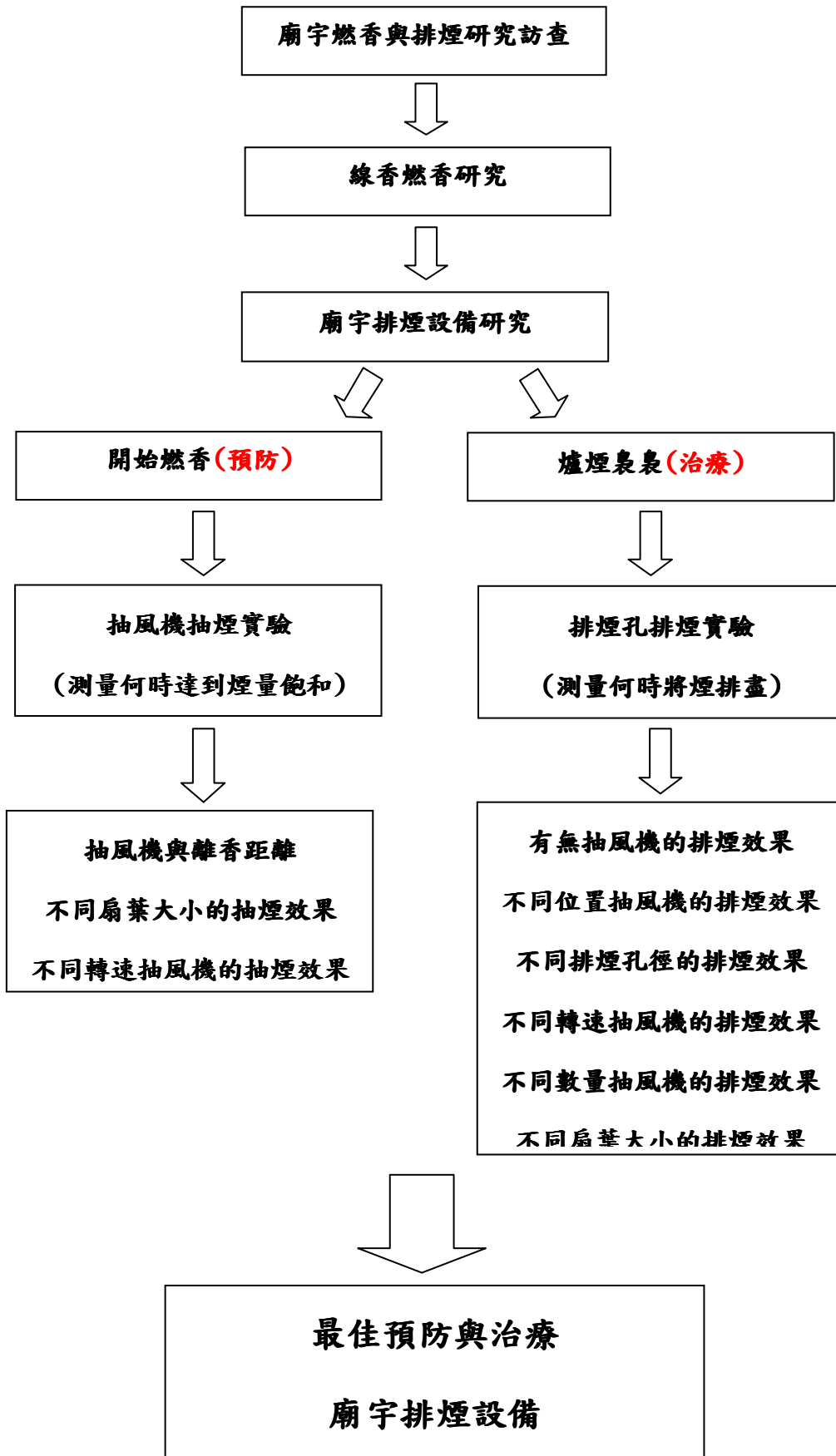
二、煙對人體的危害

拜拜用香中可能含有毒物質甲苯，會對人體皮膚、眼睛、中樞神經系統產生危害，還有含有 1,3-丁二烯致癌物質，用一百公克焚香，每次只燒兩分鐘，就測出高濃度致癌化學物質。根據美國作業場所工作安全健康協會（OSHA）相關規定，只要民眾接觸或吸入一 ppm 的苯或 1,3-丁二烯等有毒物質，就可能對眼睛、皮膚、呼吸系統、中樞神經造成危害，也有可能導致血癌、淋巴癌等病變；若長期接觸或吸入一百 ppm 以上的甲苯，也有可能對人體呼吸系統、中樞神經、肝臟、腎臟等造成傷害，或產生憂鬱症。

消基會強調，只要點燃拜拜用香就會釋放致癌物質，民眾長時間在室內焚香祭祀，實際危害程度可能比檢測值還高出一百倍。消基會建議，民眾最好以雙手合十的方式取代焚香祭拜，如果一定要燒香的話，最好在室內加裝通風設備，保持空氣流通或是減少燃香數量。

伍、研究方法、過程與結果

研究流程圖



一、 觀察廟宇的排煙情形

1. 研究過程與方法

研究方法

我們對附近廟宇進行實地查訪排煙的方法，透過實地訪問和觀察的方式來進行研究。

研究過程

實地訪問

1. 訪問地點：東隆宮、北極殿、天公廟、雙慈亭
2. 訪問對象：廟公、負責人、義工
3. 訪問問題
 - (1) 請問這間寺廟大概什麼時候拜拜的煙會比較多？
 - (2) 請問這間廟所使用的香是如何取得呢？
 - (3) 請問這間廟有安裝排煙系統嗎？
 - (4) 請問這間廟在什麼時候會開啟排煙系統？
 - (5) 排煙系統是如何控制的。

實地觀察

1. 訪問地點：東隆宮、北極殿、天公廟、雙慈亭

			
<p>科展小組成員實地查訪附近廟宇的排煙情形。</p>	<p>有些廟宇使用正前採光窗作部份的排煙</p>	<p>有的廟宇使用電動天井在天氣好時作為排煙用</p>	<p>有的廟宇利用側邊採光窗搭配抽風機輔助排煙</p>
			
<p>有的廟宇會利用電風扇把煙往上吹。</p>	<p>有的廟在沒有天井的樓層會利用天花板安裝排煙設備</p>	<p>有的廟宇會在屋頂高處開設排煙孔。</p>	<p>有的寺廟會在屋頂安裝抽風機</p>

2. 觀察結果

(1) 訪問結果整理

	東隆宮	北極殿	天公廟	雙慈亭
問題一： 請問這間寺廟大概什麼時候拜拜的煙會比較多？	1. 由於是地方的廟宇所以平時來的人還算可以。 2. 農曆初一、十五時來拜拜的人會比較多。 3. 如果進香團來的時候也會比較多。	農曆初一、十五或是有節慶的時候。	因為是區域型的大廟平常的人就很多，如果遇到大日子如過年時期來拜拜的人就會很多。	平時廟裡來拜拜的人就很多，如果是特殊的節日人會更多。
問題二： 請問這間廟所使用的香是如何取得呢？	廟裡使用香是向溫府千歲請示後指定選用的香。	廟裡所使用的香是由信徒捐獻沒有特定來源。	廟裡有設金香部，香的來源有特定的管道。	廟裡設有金香部提供固定來源的線香，另外也有提供信徒捐獻的散香供來拜拜的人取用。
問題三： 請問這間廟有安裝排煙系統嗎？	有	沒有安裝特定的排煙系統透過自然流動的方式來排煙	不同的樓層有不同排煙系統，二樓設有電動天井，一樓因為沒有天井所以在天花板有安裝抽風機。	因為廟裡只有一層樓所以設有可開啟的天井；另外也會利用採光窗加抽風機來幫助排煙。
問題四： 請問這間廟在什麼時候會開啟排煙系統？	1. 平時會把採光窗的窗戶打開。 2. 必要時會把抽風機打開。	無	1. 二樓的電動天井在天氣好的時候會打開，下雨天就會關閉。 2. 一樓的天花板抽風機會在人多時開啟。	平日會把天井和採光窗打開，但是如果是下雨天就會把天井關閉。
問題五： 排煙系統是如何控制的？	排煙系統是廟裡人員開啟	無	排煙系統是由廟裡的人員負責。	排煙系統是由廟裡的人員負責。

2. 觀察結果整理

(1) 排煙系統的分類

工具型	抽風機	電風扇	電動天井
建築型	採光窗	排煙孔	

(2) 寺廟排煙設備操作方式表

人力操作	抽風機	電風扇	電動天井
自然運作	採光窗	排煙孔	

...

3. 結果討論：

經過小組成員的訪查後，利用採光窗和排煙孔的排煙設備是利用空氣對流的方式，熱空氣上升時順便把煙帶離室內的空間。而工具型的設備如抽風機、電風扇、電動天井則是由廟裡面的工作人員看現場煙濃度的情形來進行操作，而操作的依據有時是會受天氣的情形影響，例如電動天井天氣好的時候打開讓空氣流通順便增加採光，但如果是下雨天的話天井就無法開啟使用也會影響當天的排煙情形。

另外，我們也發現有些廟爐煙裊裊，一進廟門就覺得眼睛刺痛猛流眼淚，有些廟則不會。我們心中出現的幾個問題。

(1) 白色的煙霧從何而來？

(2) 為什麼有些香火鼎盛的廟卻不會出現爐煙裊裊的景象？

- (3) 安裝排煙系統會對廟裡的煙有幫助嗎？
- (4) 煙的濃度與什麼有關？與香的品質、香的數量、排煙系統有關嗎？
- (5) 重新整建後東隆宮需要什麼樣排煙系統來幫助他們向煙說掰掰呢？

二、研究線香的特性

經過寺廟的巡禮後，讓我們想先從香的特性來了解到廟裡拜拜的人們手中一把把裊裊升起的煙是如何出現和飄散的。

(一) 探討不同種類的香外觀、氣味、觸感的特性。

1. 研究過程和方法

研究方法

用比較的方式把收集到的香作視覺上外觀的觀察，用嗅覺來了解不同的香氣味是不是不一樣；用手的觸感來發現各種香不同的地方。

研究過程

從生活周遭著手來收集平時可買到的香，香的收集成兩個類別一是傳統的線香；另一是加入現代環保健康訴求的無煙香。

			
在家附近購買傳統香和無煙香各兩種	用眼睛仔細觀察線香的外觀。	聞一聞它們的味道。	用手指去感受線香的觸感。

2. 觀察結果

線香特性 線香種類	外觀	氣味	觸感
傳統香 1	<ul style="list-style-type: none"> ● 外觀是棕色的有些白色的顆粒附著在上面，比傳統香 2 要粗一些。 ● 線香長度約 40 公分。 	香體聞起來有中藥味，但香腳的部位就沒有味道。	<ul style="list-style-type: none"> ● 摸起來感覺有些粗糙，用手指滑去有刺刺的感覺。 ● 線香的香粉會掉落。
傳統香 2	<ul style="list-style-type: none"> ● 香的顏色是暗棕色，有許多細小的黑白斑點。 ● 和傳統香 1 相比，香體較細。 ● 線香的長度約 40 公分。 	香體聞起來沒有中藥味反而有些木頭味，香腳的部位有淡淡的香味。	製作上感覺比傳統 1 細緻一些，用手滑過去後有一點粉附著在手上。
無煙香 1	<ul style="list-style-type: none"> ● 與傳統香 1 一樣粗，顏色是黑色。 ● 香的表面有些細小顆粒凸出。 ● 長度約 40 公分 	香體的部份有細微的木頭香，香腳部份沒有味道。	粗糙感與傳統香 1 差不多，用手滑過後刺刺感較少，還是會掉些黑色的粉末。
無煙香 2	<ul style="list-style-type: none"> ● 顏色是黑色的，有些亮亮的小點點，和傳統香 2 同粗。 ● 長度約 40 公分。 	香體的部份沒有味道，香腳的部份也沒有味道。	頭呈現圓柱狀到尾端較扁平，用手指滑過後沒有刺刺的感覺，掉落的粉末較少。

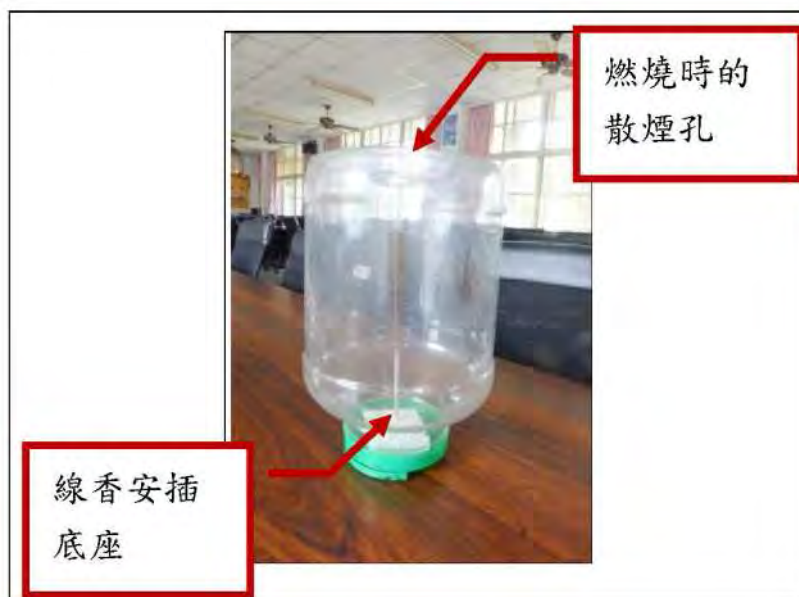
3. 結果討論

- (1) 不同的香由於製作方法和材料不同，所以在外觀、味道和觸感上也不大相同。
- (2) 雖然這四種香在外觀、味道和觸感上不同，但四種香的長度大都相當於 40 公分，我們上網查了資料知道從過去到現在常見拜拜用的香分成 1 尺 3 和 1 尺 6 的長度，40 公分長相當於 1 尺 3 的長度，在魯班尺裡是屬於吉祥尺寸，有登科興旺的意涵在。
- (3) 這 4 種香外觀和長度上有著許多的不同與相同，要是用火點燃後又有哪些一樣和不一樣的地方呢？

(二) 探討不同種類的香其燃燒的過程有何現象

自製線香燃燒觀察桶

為了順利觀察線香燃燒的情形，我們準備一個大的透明塑膠桶，把桶子反轉將桶蓋改裝成線香安插的底座，再將桶底挖一個洞作為線香燃燒時煙的排出口。

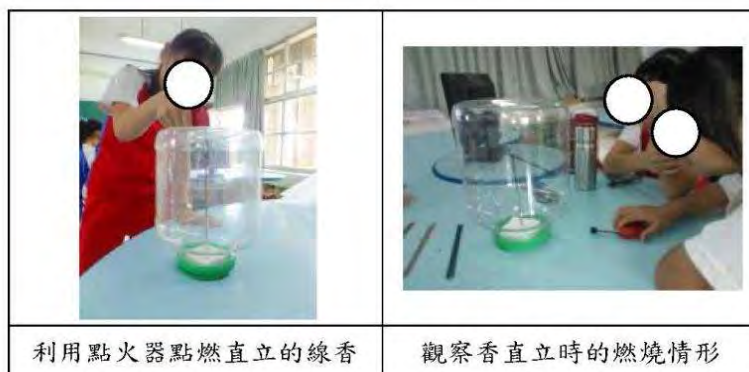


1. 研究過程與方法

研究方法

- (1) 利用自製觀察桶，觀察線香燃燒情形。
- (2) 每一種類的線香都裁切為 25 公分，點火前先放入觀察桶內與桌面成垂直狀態後利用點火器點燃後觀察 10 分鐘。

研究過程



2. 實驗結果

觀察內容 線香總類	燃煙觀察	灰燼觀察	其他
傳統香 1	<ul style="list-style-type: none"> ● 煙很多而且保留一陣子才散去。 ● 煙味類似中藥材。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 3 分鐘後灰還留在線香上，頂端尖而且微微彎曲。 ● 5 分鐘後灰掉落。 ● 9 分鐘後灰掉落第二次。 	10 分鐘總共燃燒線香 4.5 公分
傳統香 2	煙是白色	<ul style="list-style-type: none"> ● 灰是米黃色 ● 2 分鐘後灰雖未掉落但較彎曲，4 分鐘後和香體成垂直，9 分鐘後香灰掉落。 	10 分鐘燃燒了 4.5 公分。
無煙香 1	剛點燃時有煙	<ul style="list-style-type: none"> ● 3 分鐘後灰燼彎曲掉落。 ● 灰是白的。 ● 灰是直立的且保留較久。 	10 分鐘燒 4 公分
無煙香 2	<ul style="list-style-type: none"> ● 沒有煙 ● 煙味刺鼻 	<ul style="list-style-type: none"> ● 灰是白色的 ● 灰未掉落之前是直立的 ● 7 分鐘後灰掉落 ● 即使香灰掉落後剩下的香灰還是很筆直。 	10 分鐘燃燒 3.5 公分。

3. 結果討論

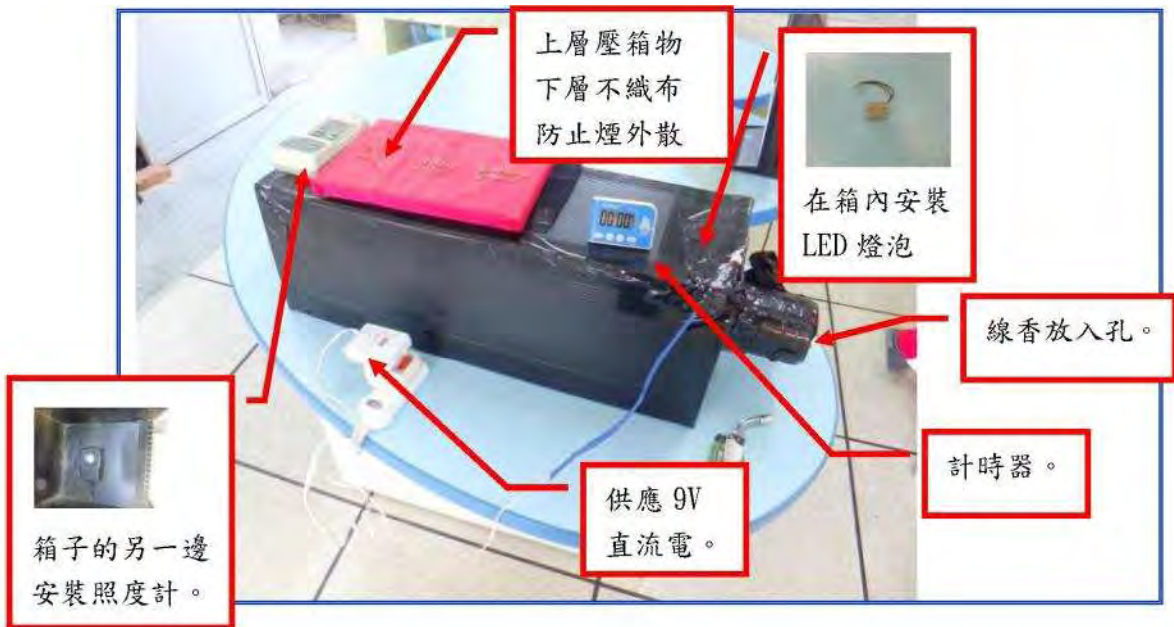
- (1) 點燃後傳統香產生的煙比無煙香明顯。
- (2) 所有的香燃燒後會有味道產生，或許是因為成份不同所以味道也不盡相同。
- (3) 香點燃 10 分鐘後減少的長度大約在 3.5~4.5 公分左右，這和以前古時候線香常被拿來當作計算工具有關，雖然這樣的功能已經很少用了，但現在製香的人還是把它保留下來了。
- (4) 在線香的燃燒觀察中，我們發現不同的線香所產生的煙量也有所不同，接下來我們想用科學的方法來找出這些香到底產生了多濃的煙。

三、研究線香燃燒時的煙濃度

自製煙濃度檢測箱

為了測量線香煙的濃度情形，科展小組製作了一個煙濃度檢測器。檢測器的靈感是來自於車子的大燈，每次坐家裡車子的時候，只要是在晚上開車每台車子都會開啟大燈用來照明也順便提醒路上的行人和其他車子注意；另外在路上有霧的時候車子也會開大燈。

很特別的是當霧越濃時，大燈所能照的亮度就會被影響，我們利用這個原理製作一個長 60 公分、寬 20 公分、高 20 公分不透光的檢測箱。在裡頭安裝了一個 LED 燈泡給它固定 9V 電壓，在另一邊安裝一個原本用來檢查教室日光燈亮度夠不夠的照度計。LED 燈泡就像是車子的大燈，照度計就像是我們的眼睛。線香燃燒時的煙如果越多越濃，LED 的光線就會被阻擋，照度計收到的光線就會愈少，相反如果產生的煙少，LED 的光線被阻擋的少，照度計就會收到較多的光線。



(二) 探討線香數量與燃燒時煙濃度的關係

1. 研究過程與方法

研究方法

- (1) 每種香都裁切成 25 公分長。
- (2) 將吸管剪成 20 公分為確保每次放入的長度固定就在吸管底部算起 5 公分處作上記號。
- (3) 將每種類的 25 枝線香分成 1 枝 1 組、3 枝 1 組、5 枝 1 組、7 枝 1 組、9 枝 1 組、11 枝 1 組。
- (4) 每次放入線香前先打開燈泡紀錄照度計上的數值作為「背景值」，線香放入 3 分鐘後取出，再靜置 5 分鐘後檢查照度值作成紀錄。
- (5) 如果線香燃燒產生的煙愈多，LED 燈泡的光就會被阻擋愈多，照度值就會愈低。

研究過程

<p>將每一種線香裁成 25 公分後分類捆好</p>	<p>開始前先測量箱內的照度值是不是 0。</p>	<p>每次測量前先將 LED 燈泡打開，紀錄照度計上顯示的照度值。</p>	<p>利用打火機將線香點燃</p>

			
將線香放入箱內	利用計時器來控制線香放入時間。	取出線香後將放入孔用不織布加蓋封好靜置5分鐘。	利用計時器計算控制靜置時間。
			
時間到後觀察照度計數值並紀錄。	利用風扇將測量器內的濃煙排出	利用膠帶將測量器內的灰燼清出	把檢測箱平穩放好繼續實驗。

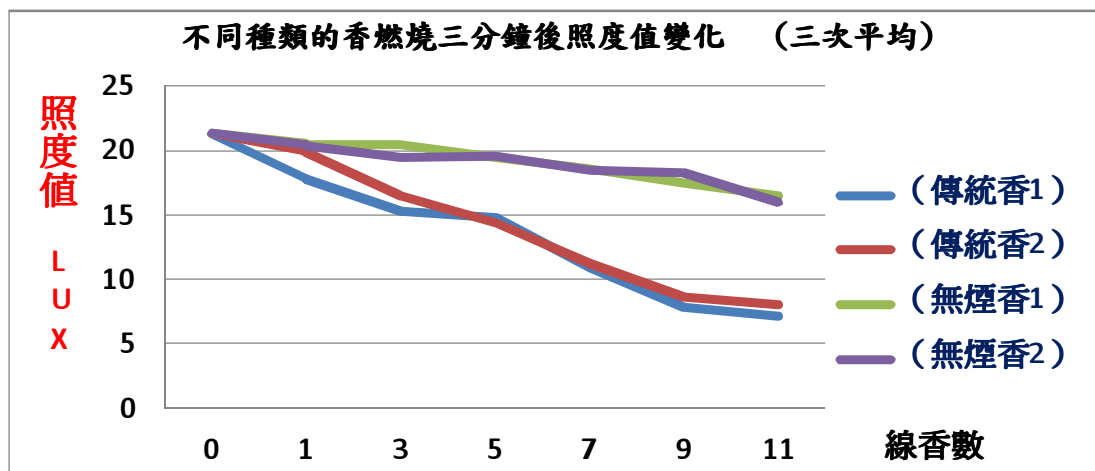
2. 實驗結果

不同線香枝數 LUX 值 (三次實驗平均值)

單位：LUX

線香枝數 香的種類	0 (背景值)	1	3	5	7	9	11
(傳統香 1)	21.3	17.8	15.3	14.8	10.9	7.9	7.2
(傳統香 2)	21.3	19.9	16.5	14.4	11.2	8.7	8.1
(無煙香 1)	21.3	20.5	20.5	19.5	18.6	17.5	16.5
(無煙香 2)	21.3	20.4	19.5	19.6	18.5	18.3	16

(背景值誤差約±0.15LUX)



3. 結果討論

- (1) 線香枝數愈多，照度值就愈小，表示照度計接收到的光線隨著線香數量增多而減少。由此可知成語用「香火鼎盛」來形容一間寺廟信徒很多是有道理的。因為信徒多，點的香就多，自然產生的煙就多。
- (2) 不同的香測量出來的濃度不同，可能與每種香所使用的材料、原料不同有關。
- (3) 傳統香所產生的煙濃度比無煙香產生煙濃度高，由此可知無煙的香雖然不是全部都不會產生煙，但和傳統的香相比，它所產生的煙還是比較少的。

(三) 探討不同燃燒時間的煙濃度情形。

1. 研究過程與方法

研究方法

- (1) 選用傳統香 2 作為測試對象，每一枝都裁切成 25 公分長，將吸管剪成 20 公分為確保每次放入的長度固定就在吸管底部算起 5 公分處作上記號。
- (2) 將線香每 3 枝分成 1 組共分成 5 組。
- (3) 每次放入線香前先打開燈泡紀錄照度計上的數值作為「背景值」，依不同燃燒時間放入，再靜置 5 分鐘後讀取照度計作成紀錄。

研究過程

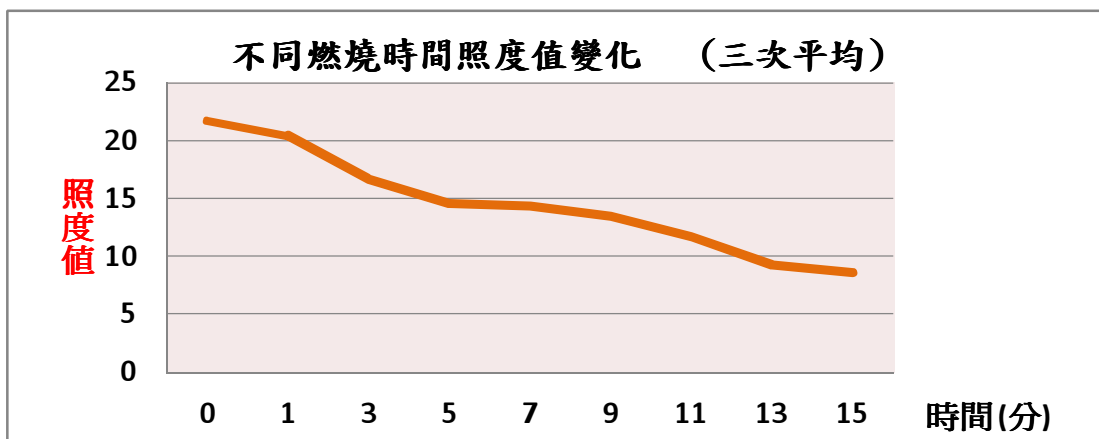
		
<p>將傳統香 2 剪成需要的數量</p>	<p>按照不同的線香放置時間進行計時。</p>	<p>因為燃燒時間不同，燃燒完後的線香長度也不相同。</p>

2. 實驗結果

不同線香點燃時間照度值 (三次實驗平均值)

單位:LUX

點燃時間	0 分鐘 (背景值)	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	7 分鐘	9 分鐘	11 分鐘	13 分鐘	15 分鐘
照度值	21.75	20.4	16.7	14.6	14.3	13.5	11.7	9.3	8.6



(背景值誤差約±0.3LUX)

3. 結果討論

使用同一種香，點燃時間愈長照度值就越小，因此可推論線香點燃的時間愈長所產生的煙就愈濃。

(四) 比較家用香與附近廟宇香燃燒時的煙濃度。

在「線香數量與燃燒時煙濃度的關係」實驗中我們發現了線香數量和煙濃度的關係以及傳統香與無煙香的差異，現在我們打算在拿附近廟宇的香作相同的實驗來作比較。

1. 研究過程與方法

研究方法

收集附近廟宇的香，然後按照「線香數量與燃燒時煙濃度的關係」實驗步驟來實驗。

研究過程

<p>將收集到的香裁剪成所要的長度</p>	<p>按寺廟來分裝保存</p>	<p>按照「線香數量與燃燒時煙濃度的關係」實驗步驟來實驗</p>

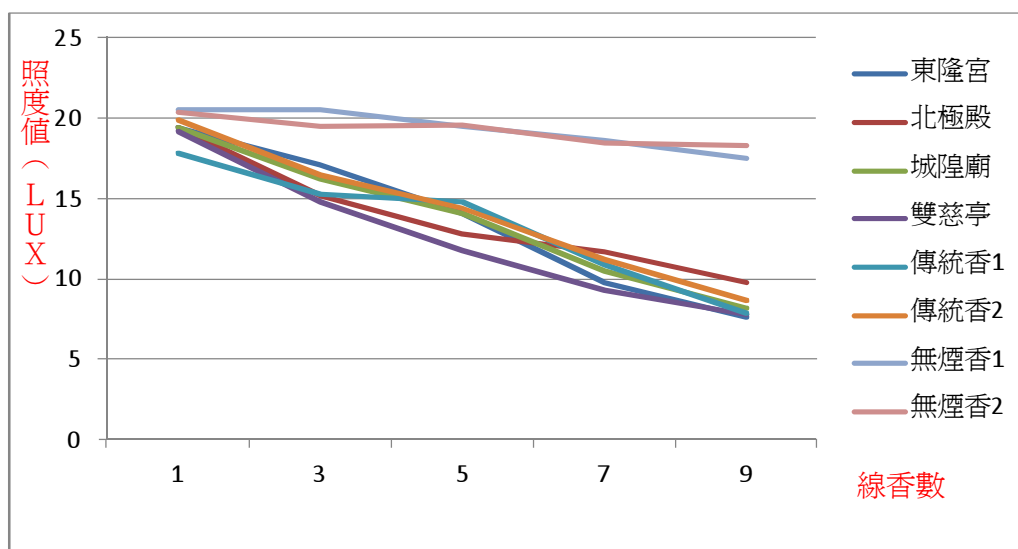
2. 實驗結果

家用香與附近廟宇香燃燒時的煙濃度比較表（三次實驗平均值）

單位:LUX

線香枝數 香的種類	0 (背景值)	1	3	5	7	9
東隆宮	21.3	19.4	17.1	14.1	9.8	7.6
北極殿	21.3	19.4	15.2	12.8	11.7	9.8
城隍廟	21.3	19.4	16.2	14.1	10.5	8.2
雙慈亭	21.3	19.2	14.8	11.8	9.3	7.8
傳統香 1	21.3	17.8	15.3	14.8	10.9	7.9
傳統香 2	21.3	19.9	16.5	14.4	11.2	8.7
無煙香 1	21.3	20.5	20.5	19.5	18.6	17.5
無煙香 2	21.3	20.4	19.5	19.6	18.5	18.3

(背景值誤差約±0.2LUX)



3. 結果討論

- (1) 學校附近寺廟收集的香，燃燒濃度也是隨著線香枝數增加而增加。
- (2) 從數字和圖表的比較中知道在學校附近寺廟中所使用的香比較接近傳統香。
- (3) 香點的愈多所產生的煙就愈多，難怪那些香火鼎盛的寺廟會安裝排煙設備，但是這些寺廟的排煙設備是有效的嗎？在安裝這些設備時要注意些什麼呢？

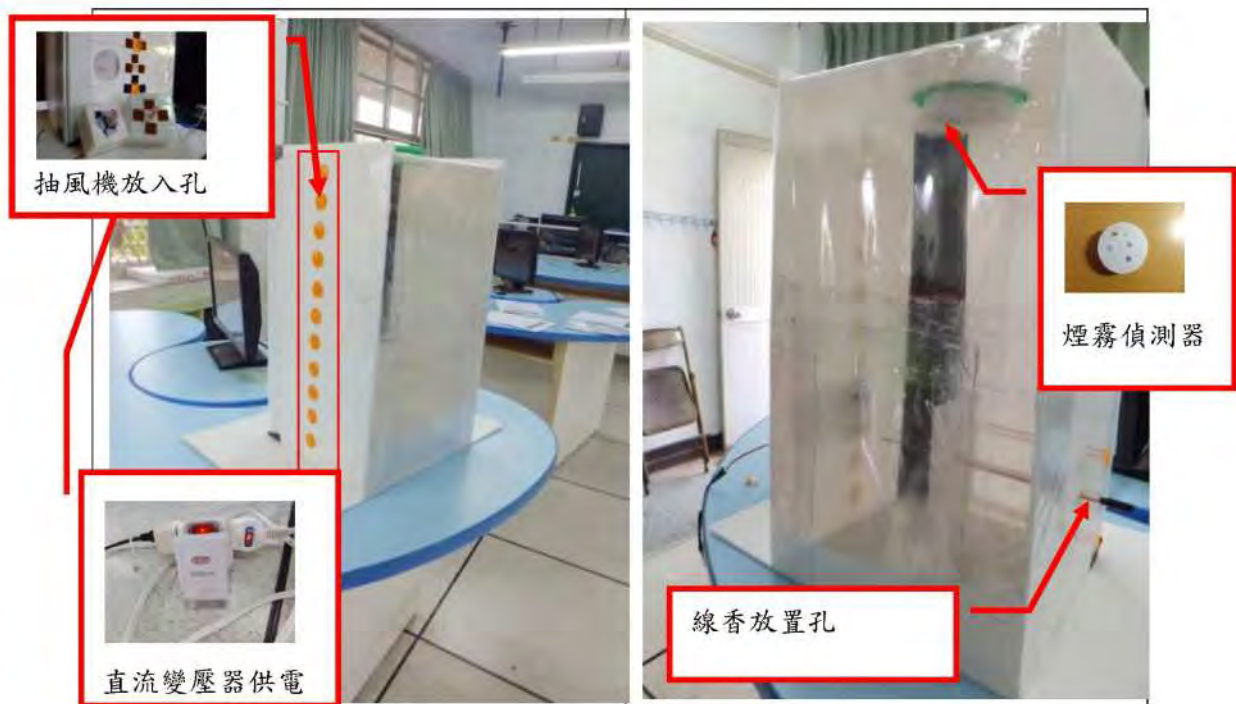
四、研究影響排煙效果的因素

香點的愈多煙就愈多，但到廟裡拜拜好像又不能不拿香，所以如何有效又快的把拜拜的煙快快帶走是這個研究的重要目標。我們的實驗分為兩部份，分別是抽風機抽煙研究以及排煙孔排煙研究：



在煙的濃度實驗中發現線香煙的飄散和空氣流動有相關，在線香點燃的時候會產生熱，熱空氣上升會把煙往上帶走，如果遇到阻隔物時煙就會被攏聚在一起，於是我們利用這個特性來設計一個觀測箱來測試排煙效果。

我們製作了一個長 30 公分、寬 30 公分、高 60 公分且而且有一面是透明的觀測箱，這樣就可以順利觀察線香燃燒的情形。因為線香燃燒時煙有向上飄的特性，所以在箱子的上方安裝了一個消防用的煙霧警報器作為煙霧是否存在的依據，當箱子裡的煙霧到一定的量時煙霧警報就會鳴叫；煙霧被抽離後它就停止鳴叫。














線香開始點燃時，抽風機要如何放置才不會讓屋內濃煙密布，以下是我們第一部分抽煙的探究

觀察寺廟抽風機和排煙設備大都裝在天花板或是高處，距離香爐插香的位置好像有一段距離，這樣的安裝位置一定是最好的嗎？

1. 研究過程與方法

研究方法

- (1) 在觀測箱的另一邊在高度 15 公分的地方，設計線香放置的管道，每次放入 2 枝 33 公分的線香。
- (2) 在觀測箱的側邊由底部算起每隔 5 公分鑽一個直徑 1 公分的抽風孔，並且在觀測箱的上方安裝一個煙霧偵測器作煙霧數量判斷的依據。
- (3) 利用 4cmX4cm 的抽風機製作成一個排煙器，供應直流 12V 的電壓。
- (4) 在觀測箱天花板位置同樣也取直徑 1 公分抽風孔接相同抽風機與側邊比較。
- (5) 放入線香的同時開啟抽風機並計算時間直到警報器鳴叫時就停止。

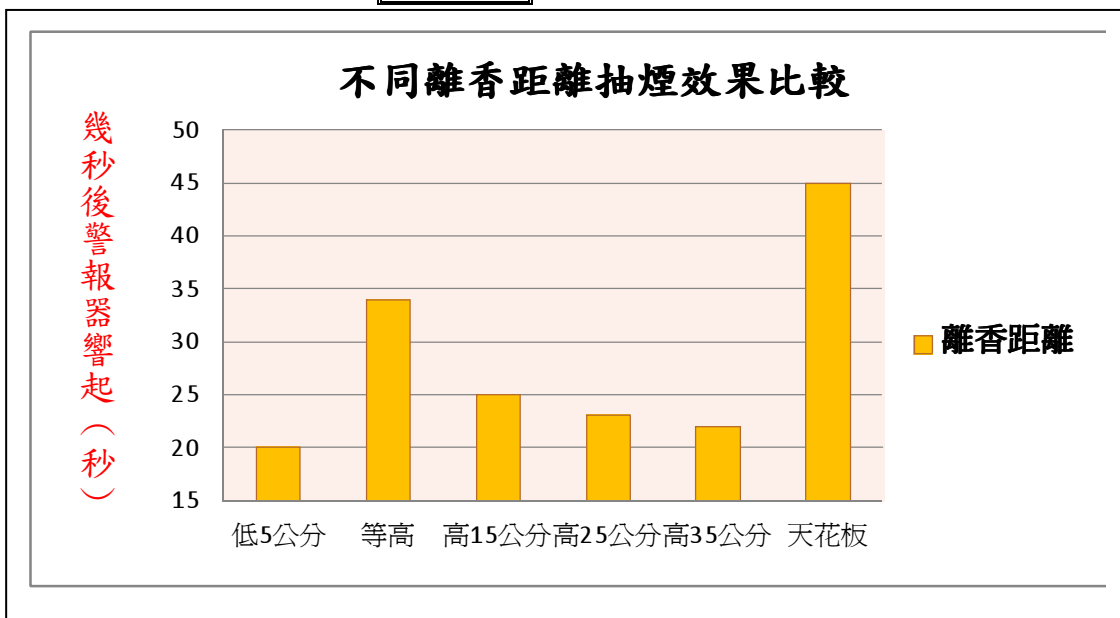
			
將觀測器放置於平穩桌面上。	在側面從底部算起每 5 公分鑽一個抽風孔。	觀測器方安置一個煙霧警報器。	將自製排煙器放置於抽風孔上。
			
將每一枝測試用的線香都裁成 33 公分長	利用穩壓器提供給排煙器穩定的電壓 12V。	每次使用 2 枝線香提供固定的煙霧量。	把線香放置器作上記號來確定每次放入的長度是一樣的。
			
當線香放入觀測器後即開始計時	當觀測器裡的煙霧警報器響聲後停止計時，並且把警報器取下。	為避免煙霧警報器受煙塵污染，每作完一次即替換感應器上的透氣繃帶。	檢查感應器用乾電池的電量是否充足。

			
利用強力的抽風機將留在觀測器內的煙排出	再將煙霧警報器放入觀測器內，	把觀測器完整密封	在天花板位置取抽風孔作相同的實驗來比較。

2. 實驗結果

(1) 不同離香距離排煙效果表

與線香的相對高度	低 5 公分	等高	高 15 公分	高 25 公分	高 35 公分	天花板上
幾秒後警報響起 (秒)	20	34	25	23	22	45



3. 結果討論

- (1) 天花板位置警報器響起的時間最晚，表示煙濃度最晚達飽和量，抽煙效果最佳。推論天花板上的抽風機因為順著煙流動的方向所以容易把煙排開，但這對在廟裡拜拜的人幫助不大，因為煙在升到天花板的過程中已經被吸到身體裡去了。
- (2) 側邊排煙孔在線香等高位置來排煙，警報器響起的時間次晚，由此可知抽風機位於線香等高位置的排煙效果也不錯。而且我們觀察到側邊抽風機啟動時原本直升的煙會因為抽風機吸力的關係而轉彎從側邊排開。
- (2) 側邊最好的排煙位置是設在線香點燃等的地方，但是在我們探訪的寺廟中好像沒有看到這樣類型裝置。

(二) 探討不同大小抽風機的抽煙效果

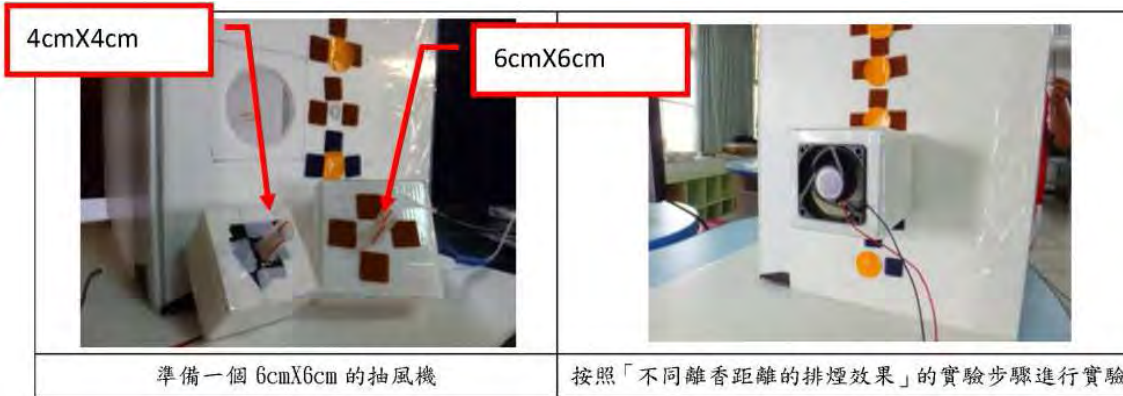
1. 研究過程與方法

研究方法

(1) 將抽風機改為 6cmX6cm 並提供直流 12V 的電壓，重覆「不同離香距離的排煙效果」的實驗步驟。

(2) 將所得到的結果和 4cmX4cm 大小抽風機實驗的結果作比較。

研究過程



2. 實驗結果

抽風機抽煙時間 (秒)

排煙器高度	低 5 公分	等高	高 15 公分	高 25 公分	高 35 公分	天花板上
排煙器大小						
4cmX4cm	20	34	28	23	20	45
6cmX6cm	46	241	152	95	90	294



3. 結果討論

- (1) 6cmX6cm 抽風機抽煙時室內煙濃度較慢達到飽和，抽煙效果較佳。
- (2) 在相同轉速下，扇葉大的抽煙效果比扇葉小的抽煙效果佳。
- (3) 放置在天花板的抽風機具有最佳是抽煙效果。

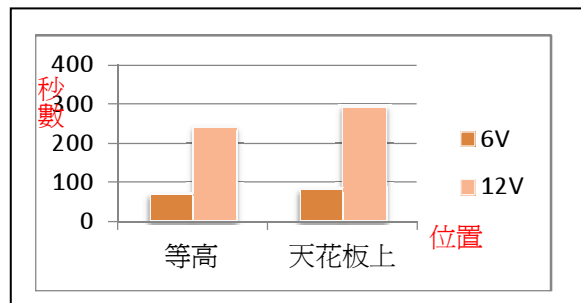
(三) 不同轉速抽風機的抽煙效果

1. 研究方法

- (1) 利用電壓不同來改變抽風機轉速。
- (2) 在觀測箱取線香等高與天花板 2 個位置作「離香距離的抽煙效果」實驗。
- (3) 將所得資料與 12V 供電的相互比較。

2. 實驗結果 抽風機抽煙時間 (秒)

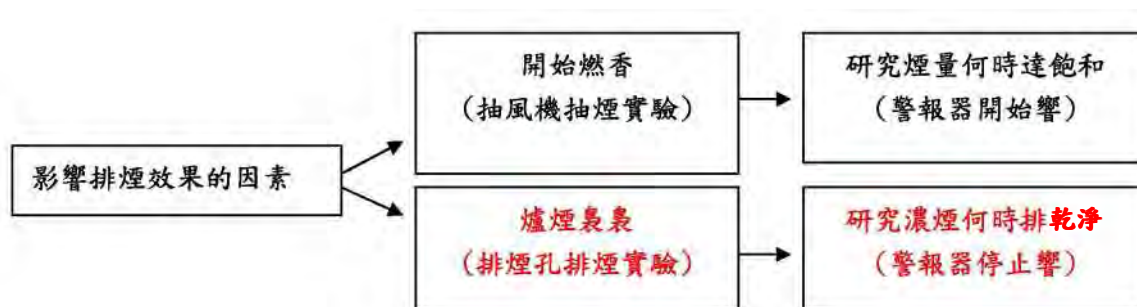
抽風機高度	等高	天花板上
電壓		
6V	70	82
12V	241	294



3. 結果討論：轉速快(12V)的抽風機抽煙的效果比轉速慢(6V)的抽風機好。

(四) 探討不同高度排煙口的排煙效果。

當廟裡爐煙裊裊時，如何以最快速度將濃煙排乾淨呢？我們繼續進行第二部分排煙的探究









為了比較不同高度的抽風機的排煙效果，我們先讓觀測箱先有煙再來比較看那一個位置的抽風機的排煙速度比較快。

1. 研究過程與方法

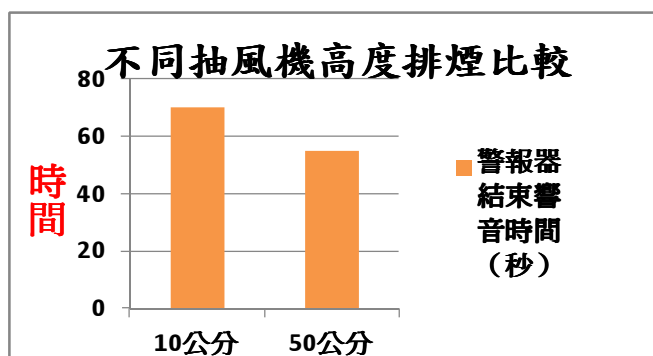
研究方法

- (1) 在觀測箱側面與線香燃燒等高處及 50 公分處各取一個直徑 6 公分的排煙孔並使用 7cmX7cm 的抽風機提供直流 12V 電壓進行測試。
- (2) 一次點燃 3 枝線香，放入觀測箱內燃燒 1 分鐘後取出。
- (3) 分別測試觀測箱側面線香等高位置 (低) 及 50 公分 (高) 處進行排煙並計算時間，直到原先觀測箱內的**警報器停止響聲為止**。

			
使用 7cmX7cm 抽風機	在線香燃燒等高處安裝抽風機。	未啟動前先用不織布加外蓋防止煙散出。	在 50 公分高處安裝抽風機。
			
未啟動前先用不織布加外蓋防止煙散出。	在觀測箱上安裝警報器。	點燃線香後放入觀測箱內計時 1 分鐘	線香取出後啟動抽風機，並計算警報器響時間。

2. 實驗結果

抽風機高度	等高	50 公分
線香移出後警報器響音時間 (秒)	70 秒	55 秒



3. 結果討論：

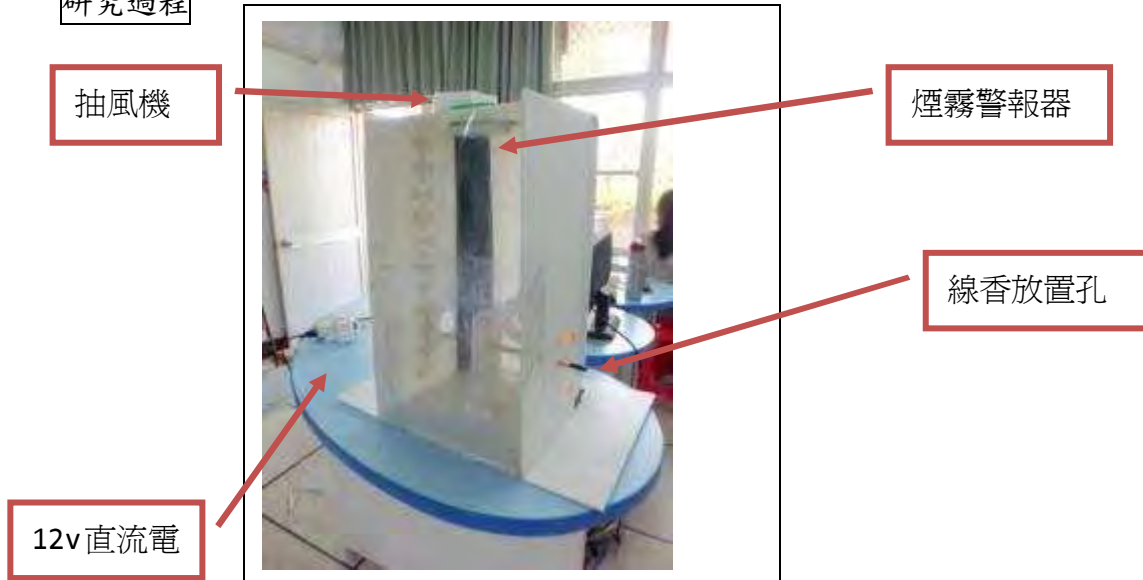
- (1) 相同吸力下高度較高的抽風機排煙的時間較少，我們推測當室內濃煙密布時因為煙會往上飄所以煙聚集在上層，因此抽風機放置在上層時會較快將煙排乾淨。
 - (2) 由實驗結果可知寺廟的抽風機安裝在建築裡較高的位置是有它的道理的。
- (五) 探討不同排煙孔徑的排煙效果。
- 在探查廟宇的排煙設備過程中發現了有廟宇會在排煙窗口加裝抽風機或是直接的天花板中加裝抽風機來幫助排煙，於是我們很想知道在設計排煙器時排煙孔的大小會不會對排煙效果產生影響。
- 同樣的我們先讓箱裡面有煙，再來看那一個孔徑的排煙器排煙的速度比較快。









1. 研究過程與方法

研究方法

- (1) 在觀測器上方安裝直徑分別為 1 公分、2 公分、3 公分、4 公分、5 公分、6 公分的排煙孔，並使用 7cmX7cm 抽風機提供直流 12V 的電壓。
- (2) 每次取 3 枝長短相同的線香，點燃後放到觀測箱內燃燒 30 秒取出後開啟抽風機計算並計算時間，直到觀測箱內的警報器停止響聲為止。

研究過程



			
使用 7cmX7cm 抽風機	事先製作好的各式各樣的排煙孔	觀測器方安置一個煙霧警報器。	將進行測試的排煙孔安裝在抽風機上。
			
將抽風機安裝在觀測箱上方	在抽風機上方加上一層不織布並加上外蓋用來防止未啟動前煙從孔徑散出。	將線香點燃後放入觀測箱內 30 秒後取出，並開啟上方的抽風機。	利用計時器計算自抽風機開動後到警報器停止響叫的時間。

2. 實驗結果

排煙孔直徑	1 公分	2 公分	3 公分	4 公分	5 公分	6 公分
線香移出後警報器響音時間 (秒)	210	163	72	43	30	26

3. 結果討論

(1) 我們發現不同排煙孔徑排煙效果也不同。孔徑越大警報器停止響音秒數越短，因此排煙效果越好。

(2) 排風孔的大小會影響排煙的速度，那麼如果沒有安裝抽風機排煙效果又會如何呢？




(六) 探討有無抽風機的排煙效果

1. 研究過程與方法

研究方法

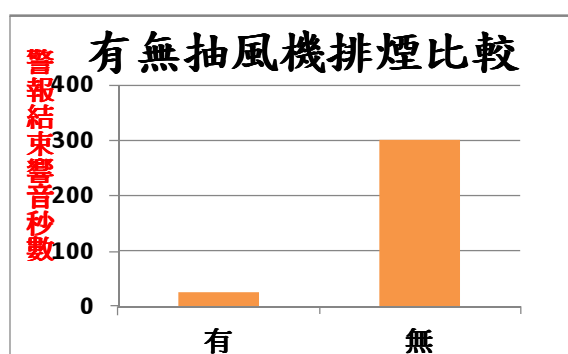
- (1) 在觀測上方取一個直徑 6 公分的排煙孔，先用隔板擋住。
- (2) 每次取 3 枝長短相同的線香，點燃後放到觀測箱內燃燒 30 秒後取出，將原先擋住煙外洩的隔板移開並開始計算時間直到警報器停止響聲為止。
- (3) 將觀察到的排煙時間和安裝直徑 6 公分抽風機的排煙時間相互比較。

研究過程

			
在觀測箱上方取一個直徑 6 公分的排煙孔	在排煙孔上放置隔板，並且在上方放置加壓物品	觀測器方安置一個煙霧警報器將線香點燃後放入觀測箱 30 秒後	再打開隔板讓煙排出。

2. 實驗結果

有無抽風機	有	無
線香取出後警報器持續響音時間 (秒)	26	300



3. 結果討論

(1) 沒有抽風機的排煙孔依然可以將煙排出，但是排煙的速度比有安裝抽風機的排煙孔慢很多，以此可知安裝抽風機是有必要的。

(2) 既然有安裝抽風機的排煙孔的排煙效果會比較好，那麼抽風機葉片轉動的速度會不會影響排煙的速度呢？

(七) 探討不同轉速抽風機的排煙效果




我們使用同一個抽風機將電壓下降讓轉速下降來觀察排煙情形。

1. 研究過程與方法

研究方法

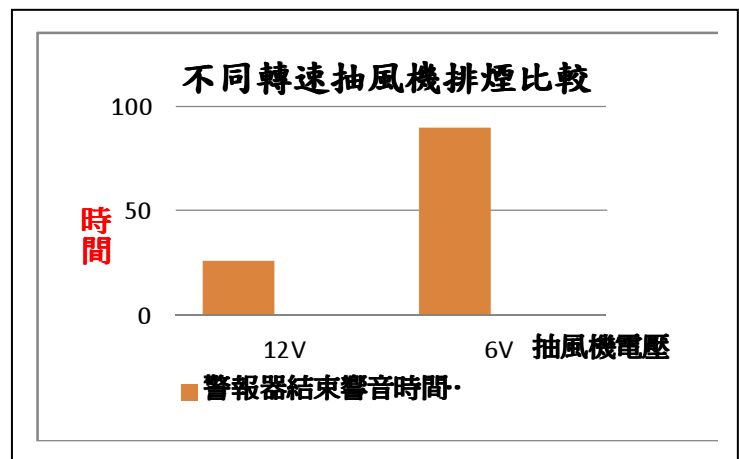
- (1) 與「探討不同排煙孔徑的排煙效果」實驗的排煙孔安裝相同的 7cmX7cm 的抽風機，並使用直徑 6 公分的排煙孔。
- (2) 將變壓器降為 6V 供電讓抽風機風扇轉速下降。
- (3) 使用 3 枝相同長度的線香，點燃後放入觀測箱內 30 秒後取出，線香取出後開啟抽風機，計算時間直到警報器停止響聲為止。
- (5) 將所得的秒數和先前「探討不同排煙孔徑的排煙效果」實驗中 12V 供電直徑 6 公分抽風機排煙時間作比較。

研究過程

		
電壓下降為 6V 讓轉速下降	將線香點燃後放入 30 秒再移出	移出後再開啟開抽風機並計算排煙時間。

2. 實驗結果

抽風機電壓	12V	6V
線香取出後警報器持續響音時間 (秒)	26	90



3. 結果討論

- (1) 12v 電壓的抽風機排煙秒數比 6v 電壓的抽風機排煙秒數少，因此相同抽風機轉速快的煙效果好。
- (2) 抽風機的轉速會影響排煙速度，如果把抽風機的數量增加會不會讓排煙的速度加快呢？




(八) 探討不同數量抽風機的排煙效果。

1. 研究過程與方法

研究方法

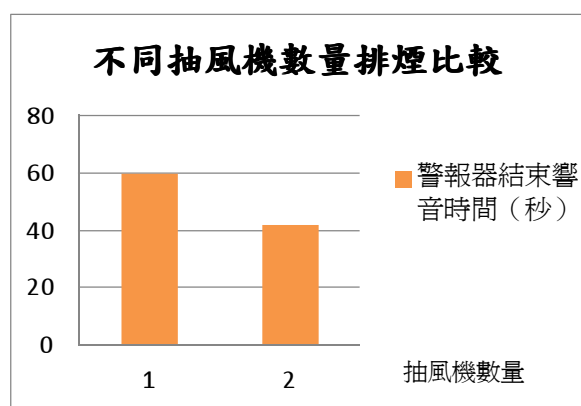
- (1) 在觀測箱取兩個直徑 6 公分的排煙孔。
- (2) 在每個排煙孔上方安裝相同型號 6cmX6cm 抽風機，分別提供 12V 電壓。
- (3) 點燃 5 枝等長線香後放入觀測箱內 2 分鐘後取出，線香取出後開啟抽風機並計算時間直到警報器停止響音為止。
- (4) 比較 1 個抽風機和 2 個抽風機開啟時的排煙速度。

研究過程

			
準備兩個相同的抽風機	在觀測箱上方取兩個直徑 6 公分的排煙孔	皆提供 12V 的電壓	安裝 1 個抽風機
			
測量 1 個抽風機的排煙時間。	安裝 2 個抽風機。	線香移出後將蓋子和不織布移除。	測量 2 個抽風機的排煙時間。

2. 實驗結果

抽風機數量	1	2
線香取出後警報器持續響音時間 (秒)	60	42



3. 結果討論

- (1) 2 台抽風機的排煙速度會比 1 台抽風機時快。
- (2) 雖然抽風機多排煙速度快，但 2 台抽風機的排煙速度卻不是 1 台抽風機的 2 倍。

(九) 不同大小抽風機排煙效果

1. 研究方法與過程

- (1) 選用 4cmX4cm 抽風機並供應 12V 電壓。
- (2) 作「探討不同數量抽風機的排煙效果」實驗中「1 個抽風機」的實驗步驟。
- (3) 將實驗後的結果與 6cmX6cm 抽風機 1 個的時間作比較。

2. 實驗結果

抽風機大小	6cmX6cm	4cmX4cm
線香取出後警報器持續響音時間(秒)	60	95

3. 結果討論：扇葉大的抽風機比扇葉小的抽風機排煙效果要好。

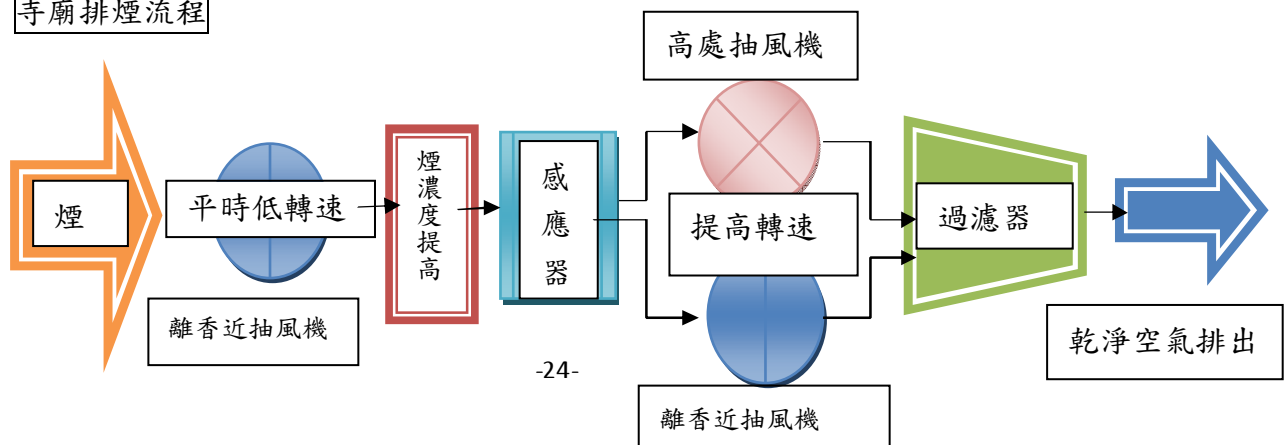
五、 探討改善東隆宮的排煙方法

(一) 歸納與整理排煙設備的要素

經過不斷的觀察和實驗，科展小組試著找出幫助寺廟排煙的方法，我們發現一個好的排煙系統可以朝下面幾個方式來設計。

1. **使用少煙的香**：從煙濃度的實驗中我們發現了雖然每種香的外觀粗細與長度沒有明顯的不同，但在點燃後放進濃度檢測箱所產生的濃度卻有不同，無煙香比傳統香所產生的煙濃度少許多，如果一定要燒香拜拜的話，無煙香是一個不錯的選擇。
2. **足夠的抽風機**：加裝抽風機比單單只有排煙孔可以更快排煙；較多的抽風機也可以幫助煙很快的抽離。
3. **自動控制**：在訪談過程中有安裝排煙系統的寺廟都是由人來控制排煙系統，在進行排煙實驗時使用到煙霧警報器給我們一個靈感，如果寺廟裡有一個自動感應裝置，當煙到達一定的濃度時就自動開啟加快轉速，煙少時能自動關閉或降低轉速，可以減少廟公先生的負擔，排煙設備也不用一直開著更可以節約能源。
4. **要健康**：在排煙實驗裡我們知道為什麼寺廟裡的排煙孔和抽風機要安裝在較高的位置，因為配合空氣對流的方向可以順利的將煙排出。但在升到高處之前已經有很多煙被拜拜的人吸到身體裡去，這樣的排煙方式對人的健康幫助是有限的。在「離香距離」的實驗裡讓我們知道離香燃燒愈近的地方排煙效果愈好，這應該被設計在排煙系統裡，但在巡訪的廟裡卻沒有被發現過。
5. **愛地球**：我們有觀察到現在廟裡的排煙設備只是把煙抽離開後排放天空裡，但是線香燃燒後產生的大都是一些有毒物質，如果只是直接排到天空裡對環境也是一種污染，所以排煙設備裡也該應該要裝設過濾裝置把對環境有害的物質攔截下來後再把乾淨空氣排放出去，因為我們只有一個地球。

寺廟排煙流程



(二) 探討東隆宮現有的排煙效果

1. 研究過程與方法：利用現場查訪的方式對東隆宮進行排煙設備的勘察。
2. 查訪結果

東隆環境示意圖

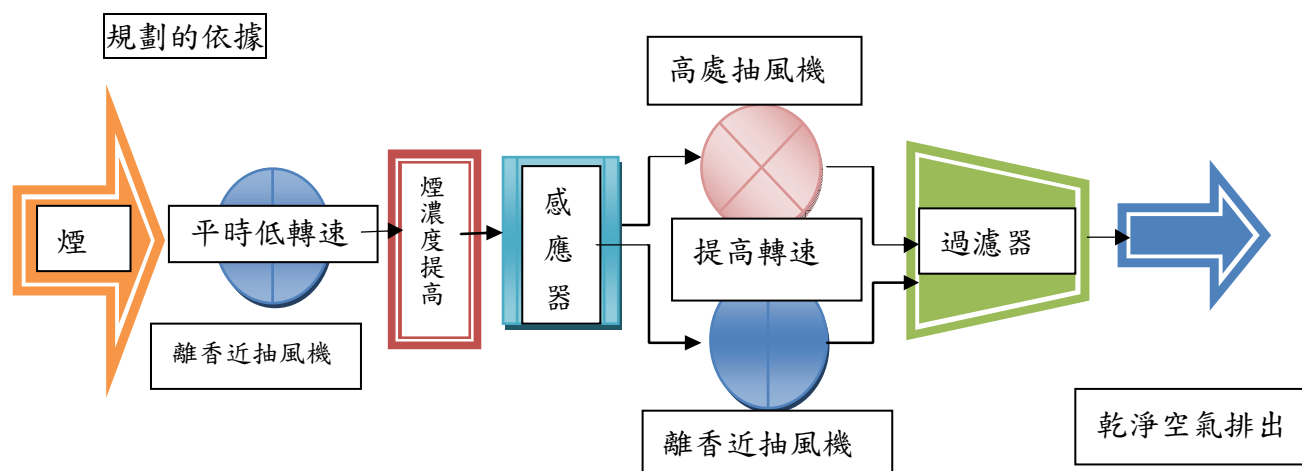


左殿上方沒有可以排煙的地方	主殿的前面上方有可以打開的採光窗和安裝在窗前的抽風機	右殿上方沒有可以排煙的地方

主殿的上方兩側有設計排煙孔在排煙孔外有加裝抽風機。		



3. 結果討論

- (1) 東隆宮已經有裝設排煙的設備，但都以主殿為主。另外兩側拜拜的地方就沒有。
 - (2) 東隆宮的排煙設備目前是由廟公先生來負責操作，依照他的經驗和判斷來控制，如果有一個自動控制的開關來幫助他啟動排煙系統，那麼他就不用每天除了處理廟裡的事外還要留心去開開關關電源；更可以節省電費。
 - (3) 東隆宮所使用的香在濃度測試上是屬於傳統香，點燃後所產生的濃度比較高的，煙濃度高也會增加排煙設備的負擔。
- (三) 探討東隆宮未來可行的排煙規劃
1. 研究過程與方法：利用這次研究的結果來進行東隆宮的排煙設備規劃。



2. 規畫結果



室內部份

		<p>在左、右兩殿的高處加裝排煙孔和抽風機增加排煙的速度。</p>
		<p>安裝感應器作為排煙設備的開關。</p>

插香的香爐可加裝小型的抽風機，將點燃的煙先抽離。

安裝感應器作為排煙設備的開關。


室外部份

	<ul style="list-style-type: none">● 東隆宮在牆壁四周有許多窗戶，平常應該常開啟讓空氣流通幫助排煙。● 戶外的大香爐雖然是在空曠的場地上，為了減少空氣污染也應該安裝排煙裝置。	
---	---	---

窗戶要開！

抽風機位置

過濾系統

	<p>廟裡回收的煙要經過濾裝置將有害的物質去除後再排回天空避免對環境造成傷害。</p>
---	---

拜拜的香

拜拜的香最好選用點燃後煙濃度低的香。

陸、 研究結論

為了幫東隆宮的許伯伯解決問題，開啟了我們這一趟精彩的科學之旅；也讓我們從中學習許許多多關於「點香」這件事的知識，以下就是我們在經歷過一連串實驗和討論後的成果。

一、廟宇的排煙系統分類後歸納分類

排煙系統的分類

工具型	抽風機	電風扇	電動天井
建築型	採光窗	排煙孔	

) 寺廟排煙設備操作方式表

人力操作	抽風機	電風扇	電動天井
自然運作	採光窗	排煙孔	

二、線香的特性

- (一) 市面上的香不管種類都有固定的長度
- (二) 延襲古代線香計時的特性，香點燃後的長度相差不遠。
- (三) 香的燃燒會產生煙、灰燼並且會附著物在觀察桶裡。

三、香燃燒時的煙濃度

- (一) 燃燒濃度會隨著線香枝數增加而增加。
- (二) 傳統香燃燒時產生的煙濃度比無煙香多。
- (三) 寺廟收集到的香檢測後濃度的情形可歸屬於傳統香。

四、影響排煙效果的因素

(一) 抽風機抽煙研究

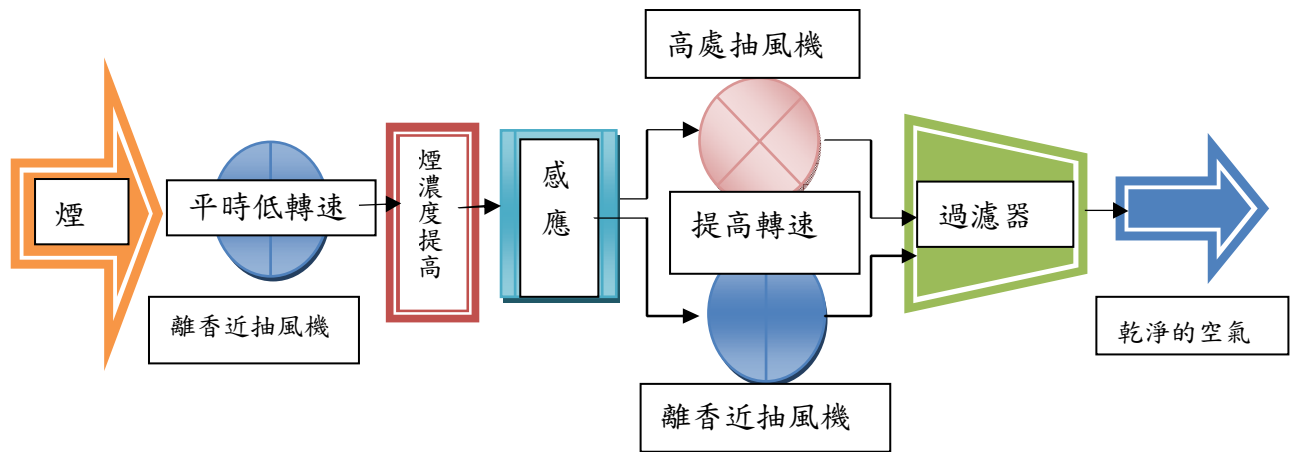
1. 天花板位置最晚達到飽和，但抽風機只裝在天花板，煙上升的過程中早被人吸入對健康沒幫助。
2. 側邊抽風機離香愈近抽煙效果次佳，但是在寺廟裡沒看過這種設備。
3. 相同抽風機，轉速快、風扇大的抽煙效果愈好。

(二) 通風孔排煙實驗

1. 有安裝抽風機的排煙孔排煙效果比較好。
2. 安裝在較高位置的排煙孔排煙效果比較好。
3. 大的排煙孔比較小的排煙效果好。
4. 轉速快的排煙效果較好。
5. 風扇大抽風機的排煙效果較好。
6. 較多的抽風機排煙效果比較好。

五、歸納與整理排煙設備的要素

- (一) 使用少煙的香
- (二) 足夠的抽風機
- (三) 安裝自動感應排煙系統
- (四) 要對人體健康有幫助。
- (五) 更要愛護我們的地球。



柒、參考文獻

何玉鈴、張永勳、張恬寧及曾木全(2005)。祭祀用線香使用中藥材之調查研究。中藥醫年報，23(5)，449-504。

維基百科(2013)。香。檢索日期：2013.01.16。取自

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A6%99>。

經濟部標準檢局(2013)。標準檢驗局公布市售「香品、紙錢」檢測結果。檢索日期：2013.01.16。取自

<http://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xItem=36604&ctNode=1510&mp=1>。

【評語】 080802

本作品主題與研究目的貼近生活且具鄉土性，但未曾進行廟宇內部的實場測試，且未將原始數據完整呈現，建議將實驗初始的原始數據再進行整理並多加探討，應可作為後續應用的珍貴資訊。