

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學科(二)科

佳作

052409

別「窗」新格-智能下懸窗改良設計之研究

學校名稱：國立彰化師範大學附屬高級工業職業學校

作者： 職二 劉雅瑄 職二 黃詩琦 職二 陳思妤	指導老師： 王秀芳 黃正誼
---	-----------------------------

關鍵詞：下懸窗、智能裝置、通風效益

摘要

本研究比較市面上各種常見的窗型設計，並融合智慧家居的概念，提出智能下懸窗改良設計，能自動偵測室內環境光線，調整室內的採光面積，且能自動控制改良懸窗的展開角度，讓室內隨時保持光亮，及感測室內與室外的細懸浮微粒(PM2.5)的多寡，預期改善居家環境的生活品質並降低室內空氣中PM2.5的細微粒子，使居家環境更為健康。另外，針對機構部分，我們改良了下懸窗防雨性差、上懸窗通風不良及懸窗因未裝設紗窗而防蚊效果差之問題。

首先製作試驗箱，依比例(1:8縮尺模型)模擬建築物室內進行升溫試驗，為了比較改良式懸窗戶與市面上常見窗之散熱速率，本研究進行基礎升溫試驗，光源依不同的照射時間，分析改良式懸窗與他窗之散熱曲線，來瞭解室內溫度的散熱情形。

壹、研究動機

隨著技術日新月異及生活品質的提高，生活方式多元化，有越來越多的家庭對家居裝修日益用心，而門窗也在朝著多元的方向發展，其門窗的形狀、色彩、比例都直接影響了建築物的整體構造。何種方法不但可以達到通風的效果，同時也有別於以往的窗戶，一直都長駐在我們的腦海中。

在網路上了解到窗戶之優缺點 (生活大搜羅, 2016)，例如：上、下懸窗的部分(如圖1-1、1-2)，當中提到了上、下懸窗因僅能開啟一條10厘米左右的縫隙導致通風不佳，開啟方向也易與窗簾起衝突，舉例來說，學校教室內部窗扇為下懸窗，但因架設在高處，一般的人很難開啟又加上僅能開啟一條10厘米左右的縫隙，通風不佳，易造成室內悶熱，且下方設置的推拉窗因為裝有滑輪的窗扇在窗框上進行，而導致開啟窗戶時僅有一半可以通風，通氣面積受到限制，又因風被窗簾擋住的設計不良，無法有效解決室內溫度過高的問題。

針對教室內部窗戶類型的探討:推拉窗的通風不良設計，及下懸窗向上接水的開啟方式，所以本研究決定採用下懸窗的原理，預期改善推拉窗的不良通風設計與下懸窗防水不佳等問題。

此外，下懸窗開啟部分因未裝設紗窗而無法有效阻擋蚊蟲侵入，所以，我們想要藉由這次窗形改良設計，研發具智能功能的窗戶，藉此來改善以往下懸窗戶通風不好、防水不佳、驅蚊不良的缺點。

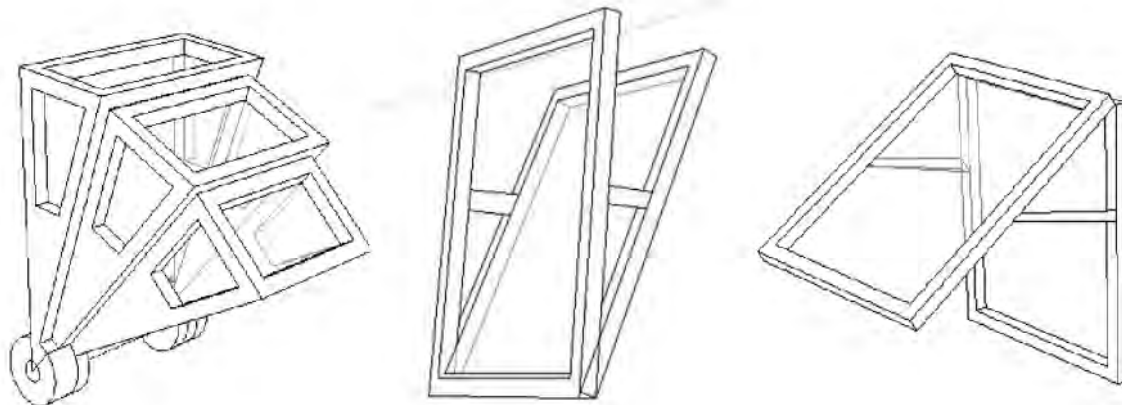


圖1-1 改良窗、下懸窗、上懸窗示意圖

貳、研究目的

如何對這些通風效果不佳的窗戶進行改善，尋求一種較經濟的方式，達成降低室內悶熱，改善室內空氣環境品質，以不囤積室內熱氣為目的。

本研究採用下懸窗的原理並使用光感測器控制伺服馬達，模型部分則以倒三角型之三扇窗戶所組成，在各頂點的位置嵌入軸承並鑽入一圓棒以結合，即可將窗戶分成三個角度並一層一層的推出，設計出通風較佳的窗戶，並搭配可偵測日照強度的光感測器控制窗戶的閉合角度，能避免太陽直接照進室內，導致溫度過高。

本研究主要探討不同角度（自變量）之改良式新型下懸窗戶對自然通風及室內溫度（應討論變量）之影響，主要目的如下：

- 一、改良下懸窗與市面上常見窗戶影響室內溫度之比較。
- 二、瞭解改良下懸窗之光照開合角度對室內溫度之影響。
- 三、瞭解改良下懸窗之通風及粉塵散溢效果。
- 四、探討未來如何商品化及降低成本。

參、研究設備及器材

本研究設備如表3-1所示。

表3-1 研究設備及模型器材一覽表



圖3-1



圖3-2 砂紙

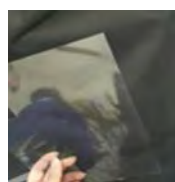


圖3-3 賽璐璐片



圖3-4 密集板

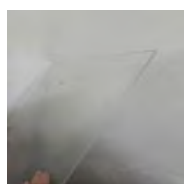


圖3-5 壓克力板



圖3-6 紗窗



圖3-7 磨砂機

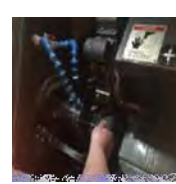


圖3-8 CNC車床

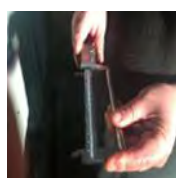


圖3-9 游標卡尺



圖3-10 軸承

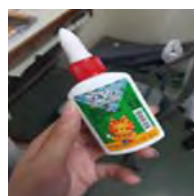


圖3-11 白膠



圖3-12 捲尺



圖3-13 輕鋼架



圖3-14 碼錶

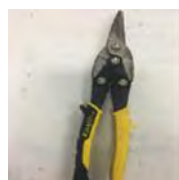


圖3-15 鋼剪



圖3-16 熱融膠



圖3-17 電鑽



圖3-18 石膏板



圖3-19 美工刀

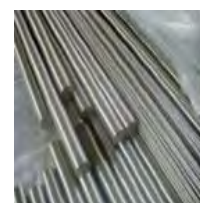


圖3-20 圓棒



圖3-21 弓形鋸



圖3-22 線香



圖3-23 電路板



圖3-24 馬達

肆、研究過程及方法

一、研究過程

(一)文獻探討

我們的研究流程首先是蒐集窗戶的相關資料及文獻 (admin, 2016)，接著訂定實驗主題、製作實驗表格、製作房屋模型、開始實驗，而實驗時所要讀取的數據大致上分為三個部分，窗戶對流實驗、改良窗與其他窗之室內溫度比較以及改良窗角度影響室內溫度，而實驗模型又分為實驗組與對照組兩組及窗戶分別以20°、40°、60°的開啟角度對室內溫度的影響作為基礎，並分別加上變因、將其數據加以分析進而討論成果與結論，如圖4-1研究流程圖所示。

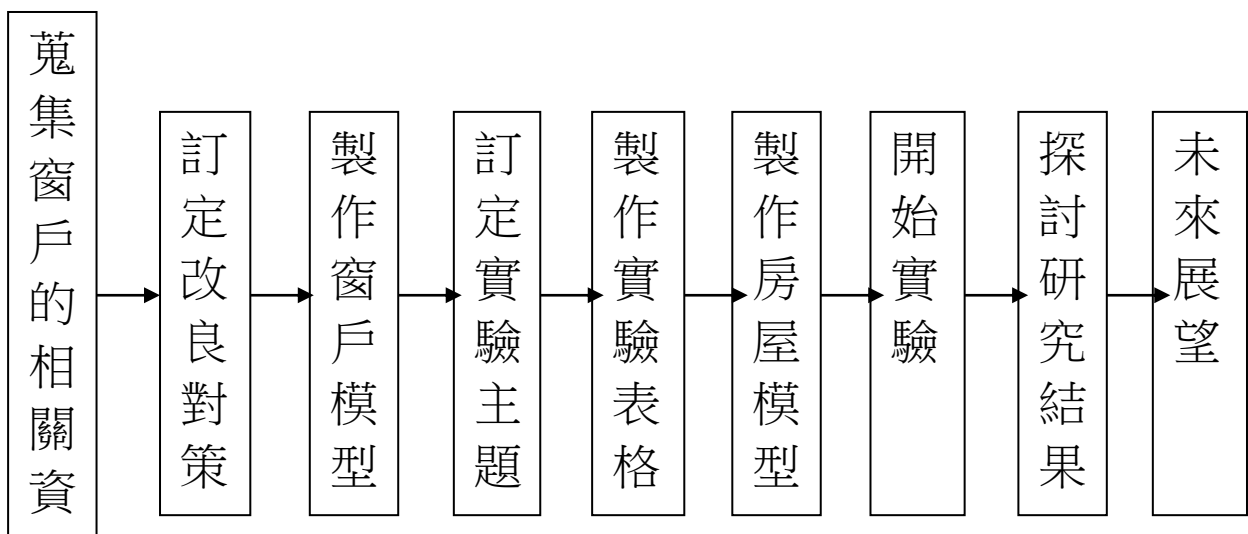


圖4-1研究流程圖

(二)常見之窗戶優缺點之統整比較

一般的窗戶多為橫拉窗，推開窗，上懸窗，下懸窗，平開窗(如圖4-2)，這幾種為多，我們分析了各種窗戶形式之利弊(如表4-1)，來改良出新式窗戶，並試著以開合角度之變化來調整室內溫度。

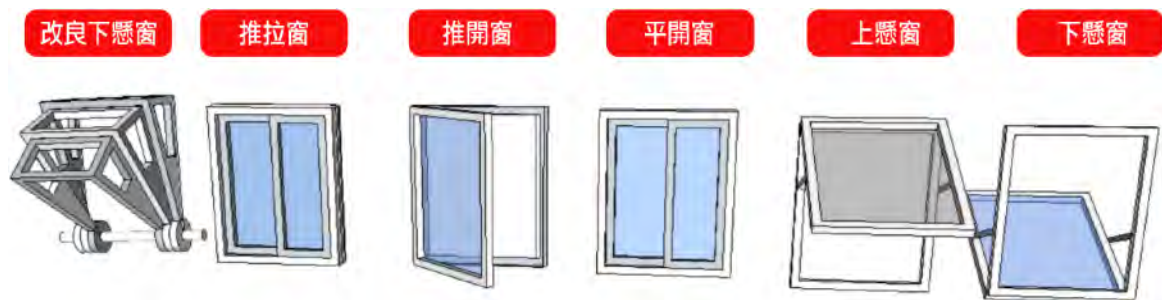


圖4-2 窗戶類型

表4-1 窗戶優缺點之統整比較

窗戶	缺點	優點
橫拉窗	隔音效果差	方便拆洗
推開窗	易壞難清洗	隔音效果佳
上懸窗	不防蟲	防雨性好
下懸窗	通風不佳，不防水，不防蟲	安全性高
平開窗	價格昂貴	密封性能好，通風佳
改良式新式窗戶	成本較高	通風佳，防蟲，防水

表4-2 新式懸窗改良對策

	本研究懸窗改良對策	特色
通風	利用熱對流的方式在上方開設紗窗，解決通風問題	散熱速度增快
採光	在上方及側邊開設窗戶增加採光範圍。	加強室內採光
防水	在上方的窗口部分裝置推拉玻璃窗片來防水，且改良懸窗的弧度可讓水順流而下	利用弧度排水
防蟲	上方設置紗窗，可阻擋蚊蟲。	紗窗阻擋蚊蟲
智能	用光敏電阻模擬人對光度感官的系統，做出機動。	智能感測調節開合角度
電能	在窗戶上方設置太陽能板，提供電力所需	不需消耗額外的電能

(三)通風改良設計

上懸窗因開合角度過小，通風不佳，而熱空氣會被上懸窗之窗片擋住，而下懸窗能避掉窗片擋住的缺點，因此本研究採用下懸窗來改良設計。我們所設計的改良窗加入Arduino撰寫，偵測光照度去控制開合角度，開合角度比下懸窗只能開10釐米之縫隙更加有效，圖4-3所示。

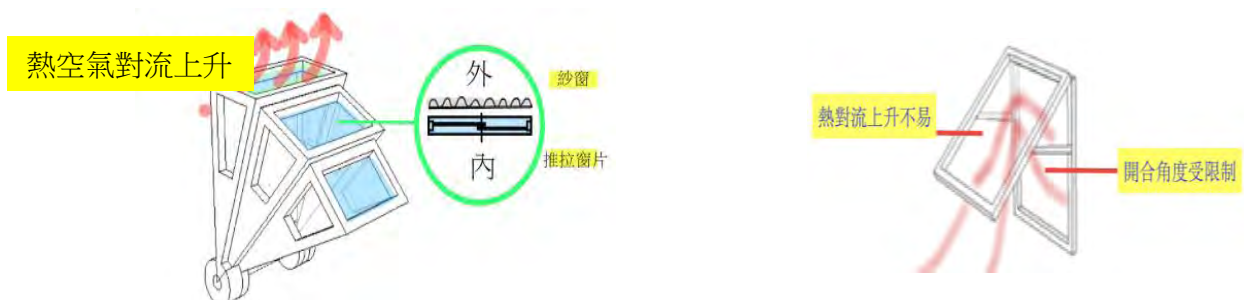


圖4-3通風改良設計

(四)採光改良設計

一般的平面窗只能接收正面的採光(如圖4-5)，上方跟側邊之採光較不佳。而我們設計的改良窗，會在上方開設窗戶，以降低室內溫度(如圖4-4)。



圖4-4 採光改良設計

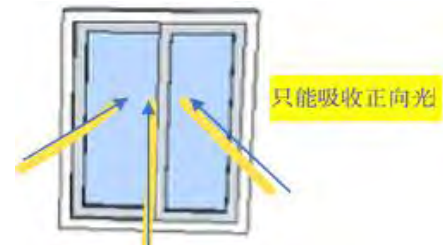


圖4-5 平開窗之光照模擬圖

(五)防蟲改良設計

上下懸窗的窗片都是開放式的所以蚊蟲容易從縫隙跑進去(如圖4-6)，而改良窗上方設置的紗窗，如圖4-7所示，讓蚊蟲完全沒辦法從任何一個縫隙進入。



圖 4-6 下懸窗防蚊示意圖



圖 4-7 防蟲改良設計

(六)防水改良設計

下懸窗的開啟方向向上，防水效果差(圖4-8)，因此在上方的窗口設計了推拉玻璃窗片防水，且改良懸窗的弧度可以讓水往下流，並在側邊裝飾雨刷條，達到防水的目的。(圖4-9)

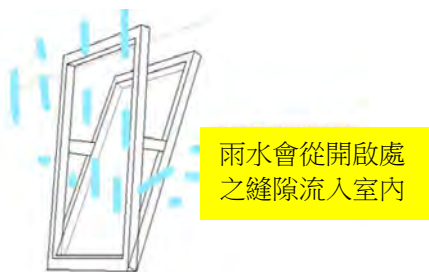


圖4-8 下懸窗防水示意圖



圖4-9 改良懸窗防水示意圖

(七)智能機構

1.結構解析

(1)窗片構造

利用下懸窗的結構下去發想，並跳脫傳統的下懸窗往室內開的思維，我們想要改善懸窗開合角度有限的問題，以及通風，採光，防水，防蟲等功能，我們做出了可旋轉並結合智能感應的窗戶。窗戶是由三個三角形之窗片組成，三個窗片藉由下方軸承，連結在一起，並分別賦予代號為IA20、IA40、IA60，三個窗片各連接不同長度的窗框，變成了三個大，中，小的窗戶(圖4-10)，可以相切並變成一個窗戶，如表4-3所示。

表4-3 尺寸及代號對照表

	IA20	IA40	IA60
尺寸	大	中	小
安裝位置	外	中	內
所對應窗框調	圖4-10藍色部分	圖4-10黃色部分	圖4-10綠色部分

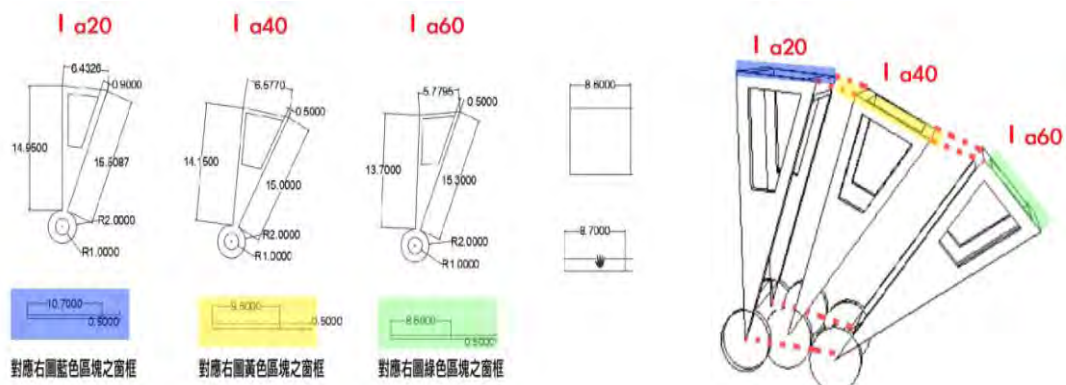


圖4-10 窗片構造

(2)軸承構造

以直徑10mm圓棒貫穿內徑10mm外徑19mm之軸承以及IA20、IA40、IA60之窗框，利用軸承滾動及與圓棒之配合方便窗戶做轉動。(如圖4-11)

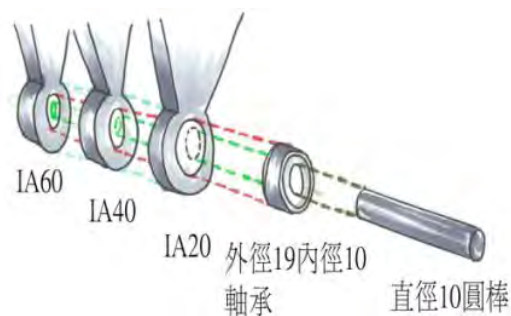


圖4-11 軸承構造

(3)Arduino智能機構

本研究智能部分採用Arduino控制板為核心，搭配光敏電阻取得環境光線變化，再透過伺服馬達連動窗戶(圖4-13)，調整窗戶展開角度，讓室內維持在適宜的光線之下。當環境光線越強，Arduino讀得數值(以下簡稱LVal)越高，此時搭配伺服馬達調整窗戶展開角度越小，詳細的控制邏輯如圖4-12所示。

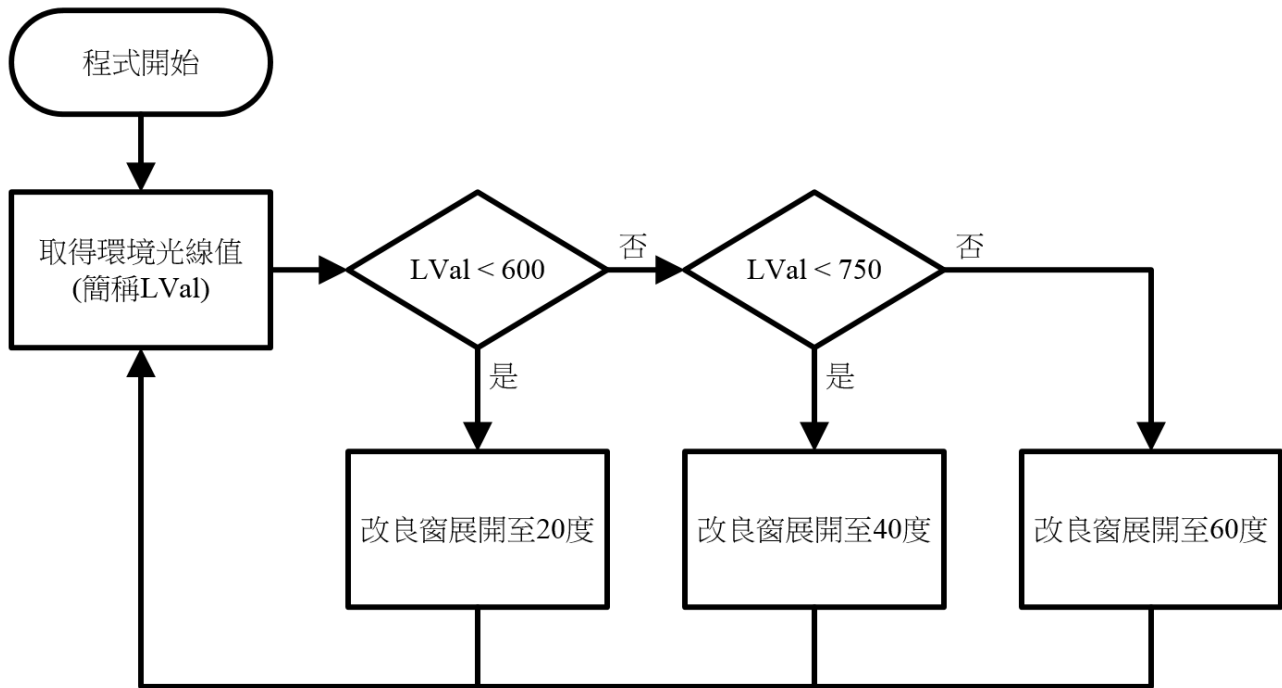


圖 4-12 程式流程圖

(4)智能機構與窗戶結合之傳動說明

寫完程式後，將Arduino控制板裝上伺服馬達，馬達設裝上舵片，再用鐵絲連接窗戶跟舵片，即可偵測光照控制角度。室外光照的程度越大，窗戶角度會經感測後向內推而變小；反之，室外光照程度越小，窗戶角度會經感測之後向外推而變大，即可完成傳動。(如圖4-13)



圖4-13 智能機構與窗戶結合之傳動說明

(5)電能(綠能)來源

為了響應節能減碳，我們在改良懸窗最容易接收到太陽光的地方裝設太陽能板，在窗戶上方形成一個小型的發電站，以便提供機動裝置所需消耗的電力，不需要額外的電力供應，就可以啟動懸窗的機動功能。如圖4-14。

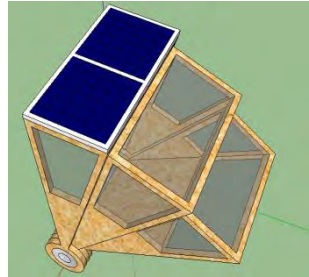


圖 4-14 太陽能板架設處

二、模型製作過程

(一)窗戶模型尺寸

表4-4 窗戶模型尺寸對照表

	改良窗尺寸(cm)	模型尺寸(cm)
1.比例尺	1:1	1:8
2.模型長度 (cm)	95.2	11.9
3. 模型高度 (cm)	152.0	19
4. 大片尺寸(a) (IA20)	119.6	15.0
5. 大片尺寸(b) (IA20)	51.46	6.4
6. 大片尺寸(c) (IA20)	124.07	15.5
7. 大片尺寸窗戶位置(IA20)	向內 7.2	向內 0.9
8.中片尺寸(d)(IA40)	113.2	14.2
9.中片尺寸(e) (IA40)	52.6	6.6
10.中片尺寸(f) (IA40)	120.0	15.0
11.中片尺寸窗戶位置(IA40)	向內 4	向內 0.5
12. 小片尺寸(g) (IA60)	109.6	13.7
13. 小片尺寸(h) (IA60)	46.2	5.8
14. 小片尺寸(i) (IA60)	122.4	15.3
15.小片尺寸窗戶位置(IA60)	向內 4	向內 0.5
16.軸承(mm)		內徑 10 外徑 19
17. 圓棒尺寸(mm)		直徑 10

(二)懸窗改良製作過程

1. 用CAD畫出窗戶之尺寸。(圖4-14)

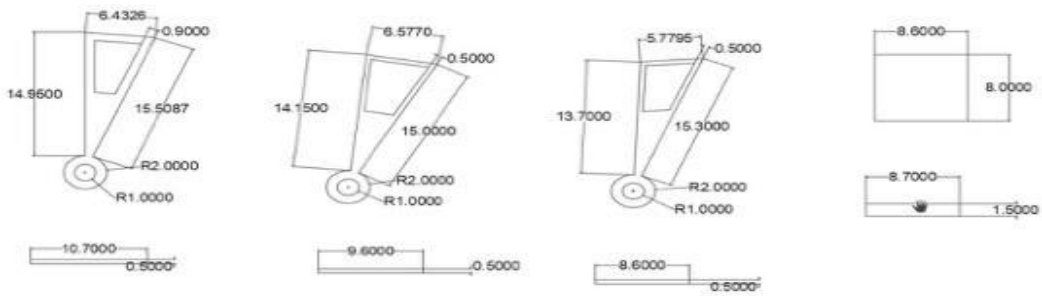


圖4-14 窗戶尺寸

2. 改良窗角度分別為20度，40度，60度，於密集板用雷雕機割下。(圖4-15)
3. 將三角度之窗戶裝上內徑10mm外徑19mm之軸承，並用白膠填縫。(圖4-16)



圖4-15 使用雷雕機將模型割下



圖4-16 內徑10mm外徑19mm之軸承

4. 將窗戶軸承插入直徑10mm之圓棒與其餘窗框組合，得三扇不同角度之窗片。(圖4-17)
5. 將三扇窗戶之側邊黏上賽璐璐片。(圖4-18)



圖4-17 將窗框組合



圖4-18 側邊黏上賽璐璐片

6. 窗戶上方黏上紗窗。(圖4-19)
7. 完成窗戶模型。(圖4-20)



圖4-19 上方黏上紗窗



圖4-20 窗戶模型

(三)試驗箱尺寸對照表

完成窗戶模型後我們製作1:8縮小套房，並在上方裝上改良窗做實驗，如表4-5。

表4-5 試驗箱尺寸對照表

	建築物尺寸(cm)	模型尺寸(cm)
1.比例尺	1:1	1:8
2.模型長度 (cm)	360.0	45.0
3.模型寬度 (cm)	300.0	37.5
4.模型高度 (cm)	300.0	37.5
5.樓地板面積(cm)	108000.0	1687.5
6.窗戶開口率	1/6	1/6
7.窗戶面積 (cm)	18000.0	281.3
8.窗戶高度 (cm)	150.0	18.8
9.窗戶寬度 (cm)	120.0	15.0
10.窗戶位置 (cm)	地板面上方 120.0	地板面上方 15.0

(四)試驗箱製作過程

1.試驗箱模型製作步驟如下：

(1) 依比例 1：8 製作長45x37.5x37.5公分之石膏做為屋牆。(如圖4-21)

(2) 將長42.6x35x35公分輕鋼架裝訂在石膏屋中。(如圖4-22)



圖4-21 石膏做為屋牆



圖4-22 輕鋼架裝訂在石膏屋中

(3) 組裝模板後在各邊長之四分之一補釘。(如圖4-23)

(4) 在頂部裝上壓克力板。(如圖4-24)

(5) 將外部批土。(如圖4-25)



圖4-23 四分之一補釘



圖4-24 裝上壓克力板



圖4-25 外部批土

三、實驗過程

為了驗證本研究所提出的智能式改良下懸窗確實優於一般市面上常見的窗戶，我們選取下懸窗、推開窗、上懸窗作為實驗的對照組，本研究提出之改良窗為實驗組，並比較在室內溫度調節(圖4-26)、排風及PM2.5懸浮微粒散逸效率上的具體成效。

(一) 室內溫度調節實驗

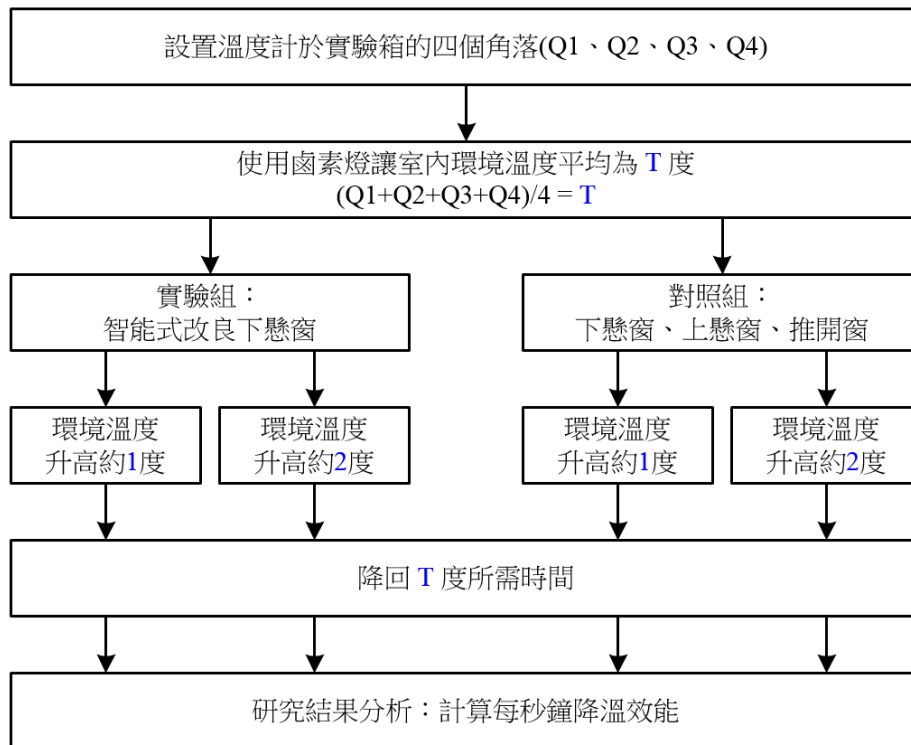


圖4-26 實驗步驟及對照組、實驗組之差別

1. 實驗組之改良窗

- (1) 在實驗箱上嵌上改良窗。(圖4-27)
- (2) 在實驗箱四個角落放入探針溫度計，且溫度計代號分別為Q1、Q2、Q3、Q4。(圖4-28)
- (3) 在實驗箱外放置室外溫度計，去檢視室外溫度。(圖4-29)



圖4-27 嵌上改良窗



圖4-28 放入探針溫度計



圖4-29 放置室外溫度計

- (4) 放置試驗箱至室內溫度平均為 $T_{\text{初始溫度}}$ 。(圖4-30)
- (5) 用鹵素燈模擬太陽日照照射試驗箱，調整鹵素燈角度為45度，並固定與實驗箱之距離。(圖4-31)



圖4-30 平均至25.5度



圖4-31 鹵素燈模擬太陽日照

- (6) 利用鹵素燈將室內溫度平均照射至 $T_{\text{初始溫度}} + 1$ 。(圖4-32)
- (7) 量測升高與降溫的時間數據。(圖4-33)



圖4-32 平均照射至26.5度

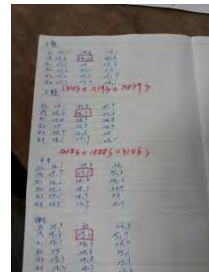


圖4-33 計算時間數據

2.對照組之下懸窗

- (1) 在實驗箱上嵌上下懸窗。(圖4-34)
- (2) 在實驗箱四個角落放入探針溫度計，且溫度計代號分別為Q1、Q2、Q3、Q4。(圖4-28)
- (3) 在實驗箱外放置室外溫度計，去檢視室外溫度。(圖4-29)
- (4) 放置試驗箱至室內溫度平均為 $T_{\text{初始溫度}}$ 。(圖4-30)
- (5) 用鹵素燈模擬太陽照射試驗箱，鹵素燈角度為45度，並固定與實驗箱之距離。(圖4-31)
- (6) 利用鹵素燈將室內溫度平均照射至 $T_{\text{初始溫度}} + 1$ 。(圖4-32)
- (7) 量測升高與降溫的時間數據。(圖4-33)



圖4-34 嵌上下懸窗

3.對照組之上懸窗

- (1) 在實驗箱上嵌上懸窗。(圖4-35)
- (2) 在實驗箱四個角落放入探針溫度計，且溫度計代號分別為Q1、Q2、Q3、Q4。(圖4-28)
- (3) 在實驗箱外放置室外溫度計，去檢視室外溫度。(圖4-29)
- (4) 放置試驗箱至室內溫度平均為 $T_{\text{初始溫度}}$ 。(圖4-30)
- (5) 利用鹵素燈模擬太陽日照照射試驗箱，調整鹵素燈之角度為45度，並固定與實驗箱之距離。(圖4-31)
- (6) 利用鹵素燈將室內溫度平均照射至 $T_{\text{初始溫度}} + 1$ 。(圖4-32)
- (7) 量測升高與降溫的時間數據。(圖4-33)



圖4-35 嵌上懸窗

4.對照組之推開窗

- (1) 在實驗箱嵌上推開窗。(圖4-36)
- (2) 在實驗箱四個角落放入探針溫度計，且溫度計代號分別為Q1、Q2、Q3、Q4。(圖4-28)
- (3) 在實驗箱外放置室外溫度計，去檢視室外溫度。(圖4-29)
- (4) 放置試驗箱至室內溫度平均為 $T_{\text{初始溫度}}$ 。(圖4-30)
- (5) 利用鹵素燈模擬太陽日照照射試驗箱，調整鹵素燈之角度為45度，並固定與實驗箱之距離。(圖4-31)
- (6) 利用鹵素燈將室內溫度平均照射至 $T_{\text{初始溫度}} + 1$ 。(圖4-32)
- (7) 量測升高與降溫的時間數據。(圖4-33)



圖4-36 嵌上推開窗

(二) 改良窗之排風實驗

1. 將試驗箱開口部分用壓克力板封住，使試驗箱成密閉空間。(圖4-37)



圖4-37 開口部分用壓克力板封住

2. 點燃六枝線香，放入密閉的試驗箱中，維持實驗時間。
3. 將試驗箱開口處裝上改良窗戶，並製作IA20、IA40、IA60的測得排煙量之效率 排完所有煙的時間。(圖4-38~4-40)



圖4-38 IA20排煙情形



圖4-39 IA40排煙情形

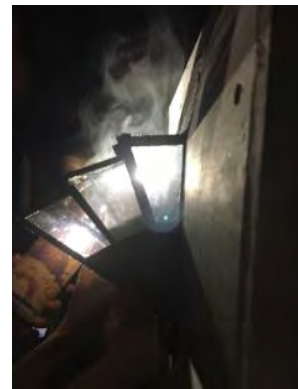


圖4-40 IA60排煙情形

(三) 測得改良懸窗與他窗PM2.5(懸浮微粒)之散溢效果實驗

1. 將線香分別放入裝設改良窗及他窗的試驗箱中。(如圖4-41)
2. 等待放有線香的試驗箱之PM2.5(懸浮微粒)達到最高值後將線香取出。(如圖4-42)
3. 比較改良懸窗與他窗PM2.5(懸浮微粒)降到之散溢時間。(如圖4-43)

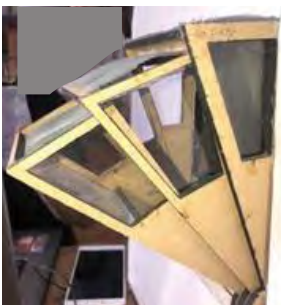


圖4-41 線香放入試驗箱中



圖4-42 待PM2.5達到最高值

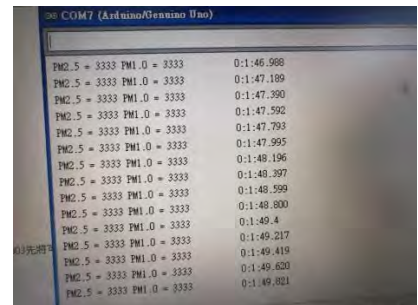


圖4-43 比較散溢時間

伍、研究結果與分析

一、各窗型之室內溫度散熱效率之討論與分析

表5-1 代號說明

代號	意義	代號	意義
S1	光照前溫度	T	光照後散熱時間
S2	光照後溫度	W	易散效益
A1 (60°)	改良懸窗開啟60°(照光到26.7°)	A2(60°)	改良懸窗開啟60°照光到27.6°)
A1 (40°)	改良懸窗開啟40°(照光到26.7°)	A2(40°)	改良懸窗開啟40°照光到27.6°)
A1 (20°)	改良懸窗開啟20°(照光到26.7°)	A2(20°)	改良懸窗開啟20°(照光到27.6°)
B1	推開窗(照光到26.7°)	B2	推開窗(照光到27.6°)
C1	下懸窗(照光到26.7°)	C2	下懸窗(照光到27.6°)
D1	上懸窗(照光到26.7°)	D2	上懸窗(照光到27.6°)

二、各窗型對室內溫度散熱效率比較之討論與分析

(一)各窗型照光至26.7° 後的易散效益之比較

表5-2 B1之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.6	29.7		26.3	
Q1	26.9	26.2		25.8	
Q2	25.8	26.3	1568s	25.4	1.703x10 ⁻² (°C/S)
Q3	26.7	28.2		25.4	
Q4	27.2	26.4		26.1	
室內平均溫度(°C)	25.7	26.7		25.7	

表5-3 C1之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	26.0	31.8		25.9	
Q1	25.4	26.3		24.8	
Q2	25.1	26.8	1119s	25.4	2.386x10 ⁻² (°C/S)
Q3	26.0	26.8		26.1	
Q4	26.1	26.9		26.2	
室內平均溫度(°C)	25.7	26.7		25.7	

表5-4 D1之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.8	29.6		26.1	
Q1	25.5	26.0		25.6	
Q2	25.6	25.2	1235s	25.0	2.162x10 ⁻² (°C/S)
Q3	25.6	27.5		25.9	
Q4	25.7	27.7		26.1	
室內平均溫度(°C)	25.6	26.6		25.7	

表5-5 A1(60°) 之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.3	31.1		25.9	
Q1	25.4	27.0		25.8	
Q2	25.4	26.0	913s	25.2	2.924x10 ⁻² (°C/S)
Q3	25.7	26.8		26.0	
Q4	26.3	26.9		26.2	
室內平均溫度(°C)	25.7	26.7		25.7	

表5-6 A1(40°)之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.4	31.1		25.9	
Q1	25.5	27.0		25.0	
Q2	24.6	26.0	954s	25.7	2.799x10 ⁻² (°C/S)
Q3	25.9	26.8		26.0	
Q4	25.9	27.0		26.1	
室內平均溫度(°C)	25.6	26.7		25.7	

表5-7 A1(20°)之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.7	30.9		25.8	
Q1	25.6	26.2		25.6	
Q2	25.4	26.6	1063s	24.6	2.512x10 ⁻² (°C/S)
Q3	25.7	26.9		26.0	
Q4	25.8	27.1		26.2	
室內平均溫度(°C)	25.6	26.7		25.6	

以下為改良懸窗及他窗從26.7度升溫至27.7度的散熱數據(表5-8~5-13)

表5-8 B2之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.9	30.0		26.3	
Q1	25.6	27.6		25.7	
Q2	26.1	26.3	2884s	26.3	9.570x10 ⁻³ (°C
Q3	25.0	28.8		25.1	/S)
Q4	25.3	28.8		25.1	
室內平均溫度(°C)	25.6	27.6		25.6	

表5-9 C2之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.4	29.5		25.6	
Q1	25.6	27.5		24.6	
Q2	26.2	27.8	2388s	25.5	1.156x10 ⁻² (°C
Q3	24.6	27.5		26.1	/S)
Q4	25.8	27.6		26.2	
室內平均溫度(°C)	25.6	27.6		25.6	

表5-10 D2之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	26.0	29.5		26.0	
Q1	25.6	27.5		25.6	
Q2	25.8	26.8	2432s	26.0	$1.135 \times 10^{-2} (^\circ\text{C})$
Q3	25.4	27.8		25.2	/S)
Q4	25.4	28.8		25.2	
室內平均溫度(°C)	25.6	27.6		25.6	

表5-11 A2(60°) 之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.5	25.5		25.5	
Q1	24.8	27.6		24.9	
Q2	25.7	27.4	2043s	25.5	$1.351 \times 10^{-2} (^\circ\text{C})$
Q3	25.8	27.3		26.3	/S)
Q4	26.1	27.8		25.7	
室內平均溫度(°C)	25.6	27.6		25.6	

表5-12 A2(40°) 之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	25.8	33.4		26.2	
Q1	25.8	27.6		25.4	
Q2	24.9	27.4	2173s	25.4	$1.270 \times 10^{-2} (^\circ\text{C})$
Q3	25.8	27.1		26.3	/S)
Q4	26.0	28.0		25.5	
室內平均溫度(°C)	25.6	27.6		25.6	

表5-13 A2(20°) 之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T	K	W
室外溫度(°C)	26.0	33.4		26.2	
Q1	26.0	28.0		26.0	
Q2	25.2	27.3	2250s	25.1	$1.227 \times 10^{-2} (^\circ\text{C})$
Q3	25.7	27.8		25.4	/S)
Q4	25.4	27.3		25.9	
室內平均溫度(°C)	25.6	27.6		25.6	

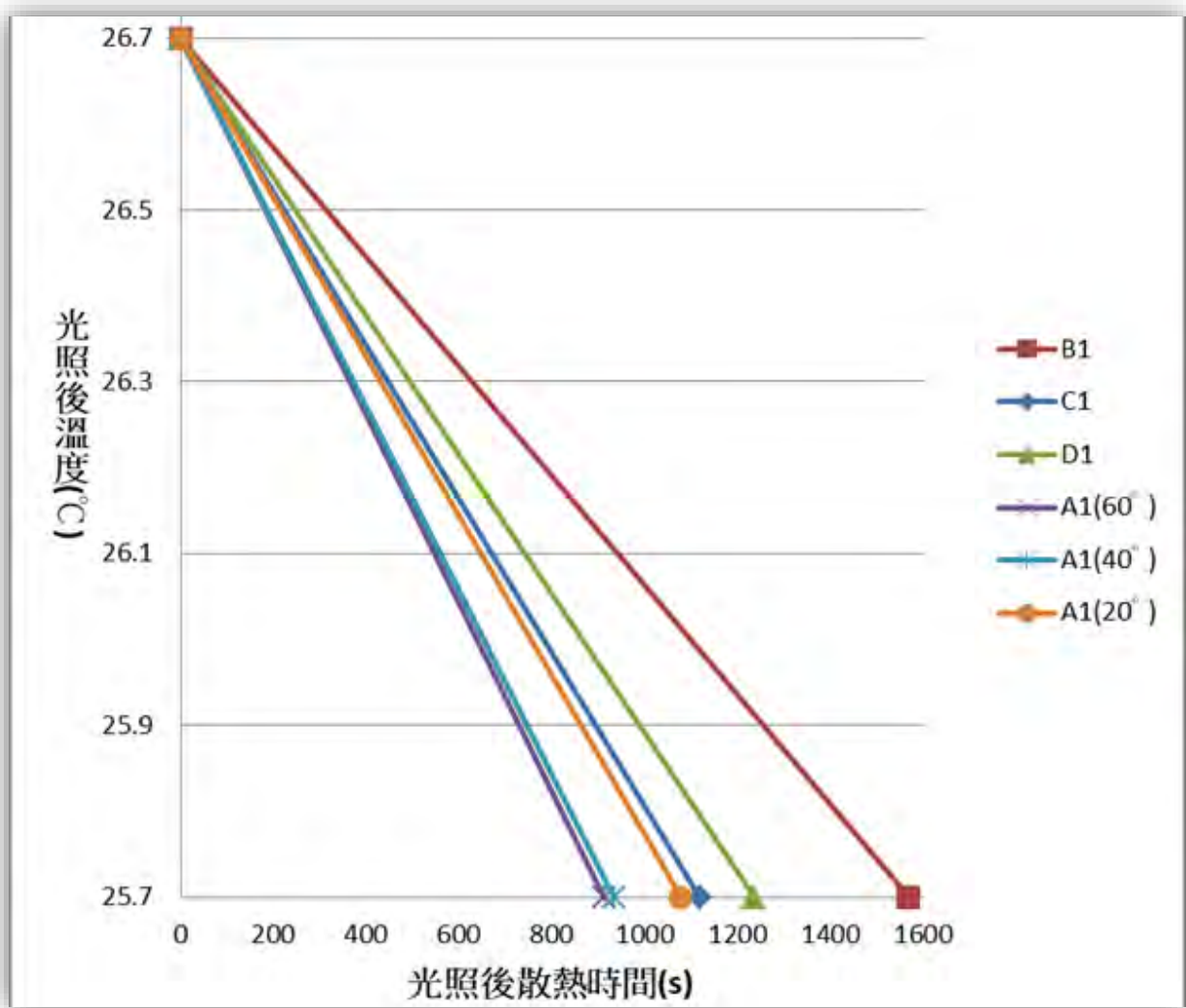


圖5-1 各窗戶散熱效率之比較

由此圖5-1可知，從模擬套房去做各種窗戶形式對室內溫度變化及溢散時間，我們利用此數據及 $\frac{\text{溫度}}{\text{溢散時間}}$ 之公式，去計算出各形式窗戶之散熱效益去評斷出散熱時間。

得知:A1(60°)>A1(40°)>A1(20°)>C1>D1>B1

$2.924 \times 10^{-2} > 2.799 \times 10^{-2} > 2.512 \times 10^{-2} > 2.386 \times 10^{-2} > 2.162 \times 10^{-2} > 1.703 \times 10^{-2}$

說明：

A1(60°)的易散效益是B1的1.72倍

A1(40°)的易散效益是B1的1.64倍

A1(20°)的易散效益是B1的1.47倍

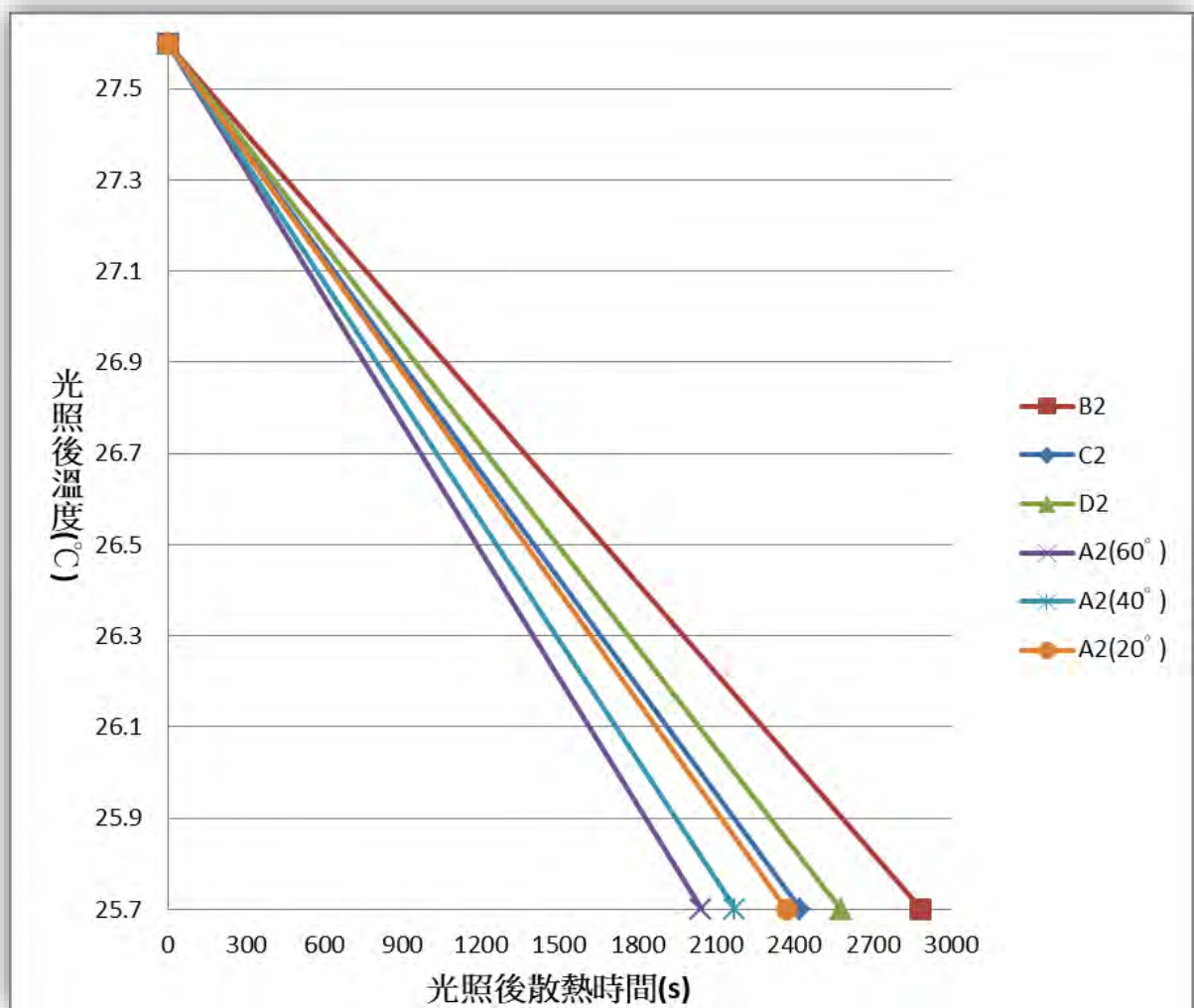


圖5-2 各窗戶散熱效率之比較

由此表5-8~表5-13研究及圖5-2可知，從模擬套房去做各種窗戶形式對室內溫度變化及溢散時間，我們利用此數據及 $\frac{\text{溫度}}{\text{溢散時間}}$ 之公式，去計算出各形式窗戶之散熱效益去評斷出散熱時間。

得知:A2(60°)>A2(40°)>A2(20°)>C2>D2>B2

$1.351 \times 10^{-2} > 1.270 \times 10^{-2} > 1.227 \times 10^{-2} > 1.156 \times 10^{-2} > 1.135 \times 10^{-2} > 9.570 \times 10^{-3}$

A2(60°)的溢散效益是B2的1.41倍

A2(40°)的溢散效益是B2的1.32倍

A2(20°)的溢散效益是B2的1.28倍

說明：

因此本研究改良之智能下懸窗通風及散熱溢散效益確實倍於市面常見之推開窗及上下懸窗。

三、通風實驗之研究分析結果

(一)各角度之改良窗影響燃燒五分鐘之線香之密閉空間之排風效益比較結果:

$$IA20(1.00) > IA40(1.53) > IA60(2.27)$$

(二)各角度之改良窗影響燃燒十分鐘之線香之密閉空間之排風效益比較結果:

$$IA20(1.00) > IA40(1.53) > IA60(2.24)$$

(三)改良下懸窗調節開合角度之排風效益情形:

如表5-14 通風實驗之數據所示。

表5-14 通風實驗之數據

	IA20	IA40	IA60
燃燒五分鐘之線香(S)	198.00	302.00	451.00
效率(S)	1.00	1.53	2.27
燃燒十分鐘之線香(S)	414.00	634.00	928.00
效率(S)	1.00	1.53	2.24

由表5-14實驗可知，可發現所開角度越小，排煙時間越長；所開角度越大，排煙時間則越短，因上下懸窗的開合角度有限，但可藉由改良窗之調節開合角度的特點去改善排煙之效益，以下為改良下懸窗角度排煙量之倍率:

- 1.燃燒五分鐘時，IA40的排煙時間是Ia20的1.53倍。
- 2.燃燒五分鐘時，IA60的排煙時間是Ia20的2.27倍。
- 3.燃燒十分鐘時，IA40的排煙時間是Ia20的1.53倍。
- 4.燃燒十分鐘時，IA60的排煙時間是Ia20的2.24倍。

四、PM2.5散溢實驗之研究分析結果

表5-15 代號說明

代號	意義
UN	上懸窗
DW	下懸窗
IA	智能改良懸窗
TF	PM2.5濃度(mg/m ³)3300降至100
R	溢散效益

表5-16 PM2.5散溢實驗之數據

	TF	R(mg/m ³ /s)
UN	848(s)	3.892
DW	482(s)	6.846
IA	324(s)	10.185

由表5-16可得知，我們所設計之改良懸窗最大角度可以開至60°，PM2.5散溢效果相較之下會較好；而傳統的上懸窗、下懸窗開合角度有限，所以容易導致PM2.5散溢不佳的問題。

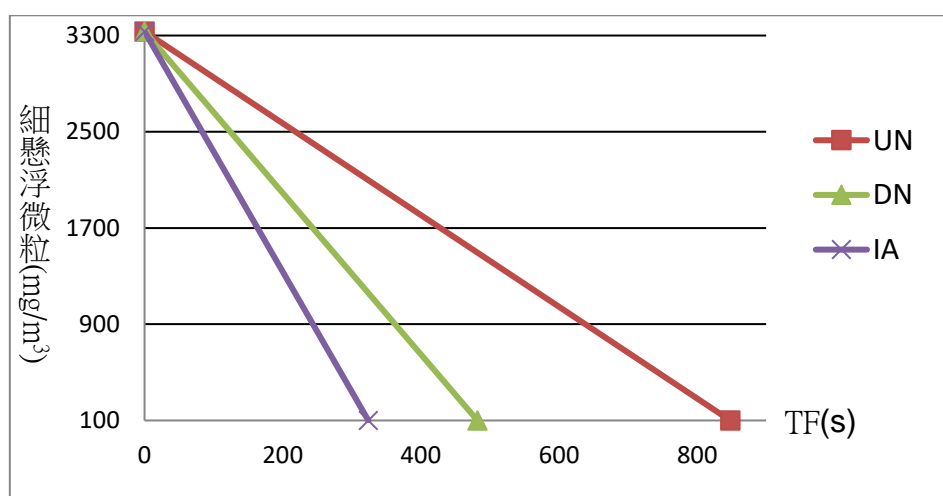


圖5-3 各窗戶散熱效率之比較

由此表5-15~5-16及圖5-3可知，改良懸窗開啟60度時的PM2.5散溢較上下懸窗好，是因為我們所設計的改良懸窗能突破上下懸窗只能開啟一點縫隙的缺點。有此實驗數據可得知我們所設計的新式改良懸窗溢散效益是上懸窗的2.617倍。

得知: IA>DW>UN

10.185>6.846>3.892

新式改良懸窗溢散效益是上懸窗的2.617倍

陸、討論與改良建議

一、改良懸窗改良成果之現況問題分析

- (一) 將窗戶往外開之所需窗台深度需求較大。
- (二) 得精細考量現在所製作之模型之後轉換為實體大小成本是否過高。
- (三) 此次實驗只有探討20度，40度以及60度之室內散熱效益及通風效益，之後還可以增加角度去計算哪個效果最佳。

二、改善現況問題及建議

- (一) 若窗台深度受開和角度所限制，可以在窗戶側邊原本裝設玻璃窗的部分加上紗窗，就能改善開合角度過大的問題。
- (二) 材料方面可朝組件量化去降低成本。

三、本研究改良設計建議

依據本研究綜合討論及問題解決對策的修正之智能下懸窗改良成果如圖6-1、6-2所示。

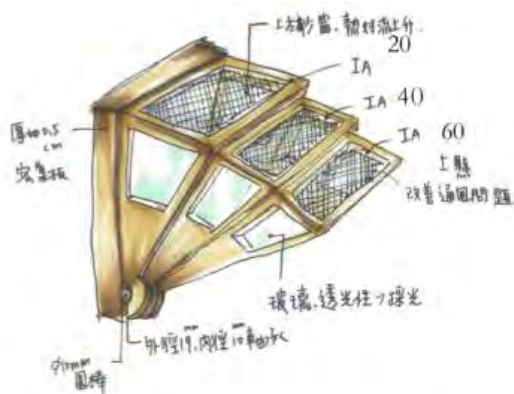


圖6-1 智能下懸窗改良初稿圖



圖6-2 智能下懸窗改良模型成果圖

四、 成本問題

由於我們所設計的改良懸窗所需的材料較多，裝置也較多元，而為了估算改良窗之成本及上下懸窗之價格，我們以一般最常見的鋁材料作為對比而降低成本最有效的方式就是開模板，可以利用三扇窗戶形狀差異不大的特性去開模板，降低其成本，我們估算改良窗成本的過程，將材積算出來再乘上目前市價之概略價格，如表6-1。

表6-1 成本估算

改良窗成本計算式	
IA20鋁窗面積	$(1650.85+602.88-33.51) \times 2 + (342.4 \times 2) = 5125.24 \text{ (cm}^2\text{)}$
IA40鋁窗面積	$(1305.74+602.88-33.5) \times 2 + 614.4 = 4364.64 \text{ (cm}^2\text{)}$
IA40鋁窗面積	$(975.084+602.88-33.5) \times 2 + 550.4 \times 2 = 4189.74 \text{ (cm}^2\text{)}$
改良窗前方窗戶	$69.6 \times 6 = 417.6 \text{ (cm}^2\text{)}$
總窗框尺寸	$5125.24+4364.64+4189.74 + 417.6 = 14097.22 \text{ (cm}^2\text{)} = 15.66\text{才}$
機動結構價格估算	$\approx 1000\text{元}$
鋁窗價格估算	(市價鋁窗一才約320元) $15.66 \times 320 = 5012.48\text{元}$
玻璃面積	$6025.336+5747.912+7077.708 = 18850.948 \text{ (cm}^2\text{)} = 20\text{才}$
玻璃價格估算	(市價鋁窗一才約100元) $20 \times 100 = 2000\text{元}$
紗窗價格估算	(市價鋁窗一才約10元) $20 \times 10 = 200\text{元}$
防水膠條	$437.6 \text{ (cm)} \approx 700\text{元}$
總價格	$700+200+2000+5012.48+1000 = 8912.48 \text{ 元}$

雖然我們所設計的改良懸窗成本較市面上他窗較高，但我們的效益遠高於一般市面上的窗戶，如表6-2。

表6-2 總效益之計算

總效益計算式	
上懸窗	$0.01156+0.02386+6.846 = 6.8854$
下懸窗	$0.0135+0.02162+3.892 = 3.9249$
改良懸窗	$0.02924+0.01351+10.185 = 10.2277$

總效益之計算:散熱實驗(升高至26.7°)+散熱實驗(升高至27.7°)+通風實驗之效益值=總效益

各實驗之效益值相加後，得總效益越高代表越好。

總效益:改良懸窗(10.2277) > 上懸窗(6.8854) > 下懸窗(3.9249)

成本:改良懸(8912.48) > 下懸窗(4320) > 上懸窗(3580)

五、 商品化機構改良

初步我們是做出一個小模型，而軸承的部分我們是利用共軸以及鐵絲去牽動整個機構的開合，但此方法在商品化（放大）後並不可行，因此我們另外改良了非共軸的軸承結構以及齒輪及馬達轉動來牽動整個機構。

大中小的窗戶構造分別有，空心-空心-實心的圓棒，以及軸承連結，馬達連接小齒輪，大齒輪連接實心圓棒，帶動最小的窗戶構造，再利用卡榫的方式讓改良窗可以一層一層的推出，如圖6-3、6-4。

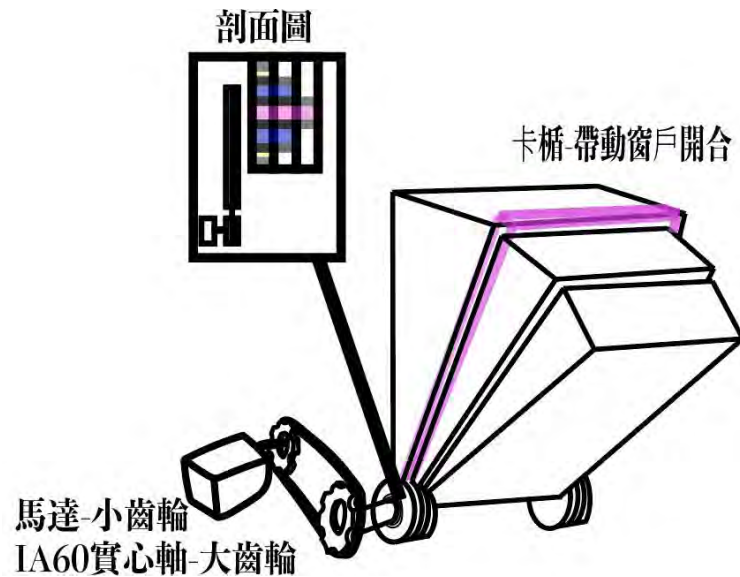


圖6-3 商品化機構改良

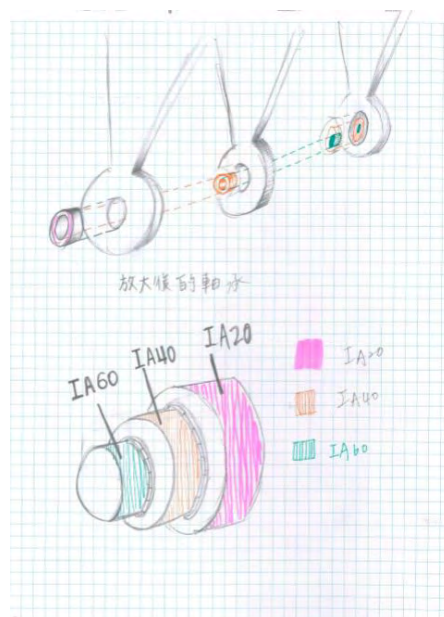


圖6-4 機構詳圖

柒、研究結論

本研究設計此智能懸窗改良窗的目的在於為了改善建物本身因裝設上懸窗與下懸窗而導致通風不良及、散熱不佳之問題，藉由一個光敏電阻控制伺服馬的裝置，將窗戶依光照強弱調整閉合角度之改良窗，以改善室內悶熱及溫度過高的煩惱；上下懸窗開啟時因未裝設紗窗，而無法阻擋蚊蟲飛進室內，於是我們在上方(開啟方向)裝設紗窗及推拉窗，因此，改良窗之形體不僅具有防蚊之效益，改善下懸窗因開啟方向而向上接雨的關聯性也一併去除，研究出最能提高效率、改善室內通風以及上下懸窗防蚊與防水之問題。

一、實驗成果結論

由研究結果與分析可得知，線香燃燒之不同時間對於改良窗各閉合角度之排煙效率、各窗型對模型室內溫度成長之討論與分析、改良窗開合角度為20度、40度、60度之吸熱程度及散熱效率、及各窗型與改良窗散熱效率與升溫趨勢分析之結果，將其歸納出下列幾項結論。

- (一) 改良窗開合角度越大，上方的排氣空間越多，就越能迅速的將室內熱氣排掉，此研究室利用熱對流的方式將熱氣往外送。
- (二) 改良窗與市面上常見窗戶之差別，讓窗戶可以更加發揮功能，是我們此次研究目的。
- (三) 結合Arduino來智能控制伺服馬達上方之舵片，並透過連接鐵線與窗片來帶動整個窗戶機動的開合角度，以供感測外在環境所需之開合角度來調整室內的溫度。
- (四) 防蟲：裝設的紗窗及窗片可以有效阻擋蚊蟲進入，改善上下懸窗開啟縫隙會讓蚊蟲進入知問題。
- (五) 感測室內與室外的細懸浮微粒(PM2.5)的多寡，預期改善居家環境的生活品質。

二、各窗型散熱效益結論

- (一) $A1(60^\circ) > A1(40^\circ) > A1(20^\circ) > C1 > D1 > B1$

$$2.924 \times 10^{-2} > 2.799 \times 10^{-2} > 2.512 \times 10^{-2} > 2.386 \times 10^{-2} > 2.162 \times 10^{-2} > 1.703 \times 10^{-2}$$

本研究改良之智能其散熱效益：改良式懸窗 > 下懸窗 > 上懸窗 > 推開窗

- (二) $A2(60^\circ) > A2(40^\circ) > A2(20^\circ) > C2 > D2 > B1$

$$1.351 \times 10^{-2} > 1.270 \times 10^{-2} > 1.227 \times 10^{-2} > 1.156 \times 10^{-2} > 1.135 \times 10^{-2} > 9.570 \times 10^{-3}$$

本研究改良之智能其散熱效益：改良式懸窗 > 下懸窗 > 上懸窗 > 推開窗

(三) IA>DW>UN (10.185 > 6.846 > 3.892)

本研究改良之智能其溢散效益：改良式懸窗>下懸窗>上懸窗

三、各窗型總效益結論

表7-1 各窗型總效益之比較

	散熱實驗 升高至26.7°	散熱實驗 升高至27.7°	通風PM2.5	防水	採光	成本	總效益
上懸窗	○	○	△	○	○	◎	○(6.8854)
下懸窗	△	△	○	△	○	○	△(3.9249)
改良懸窗	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎(10.2277)

◎效益最高 ○效益中等 △效益最低

由此表7-1可得知，我們所設計的改良懸窗，不管是散熱實驗、通風實驗、細懸浮微粒 (PM2.5)溢散效果及各智能機構改良對策之總效益都比他窗來的好，符合我們此實驗之目的。

捌、後續發展

隨著技術日新月異以及生活品質提高，生活方式多元化，越來越多的家庭對居家裝修用心，門窗的設計也要花費一些心思，門窗也朝著多元化的發展，我們將生活推向另一種境界，希望物品本身的設計能更體貼人們的生活，且結合窗戶之優點改善其窗戶之缺點，也能帶給人們更多的方便性，不必再擔心未來雨水會往窗戶滲透、上下懸窗開啟時無法阻止蚊蟲進入室內及居家中PM2.5(懸浮微粒)過多會危害人體健康等問題。

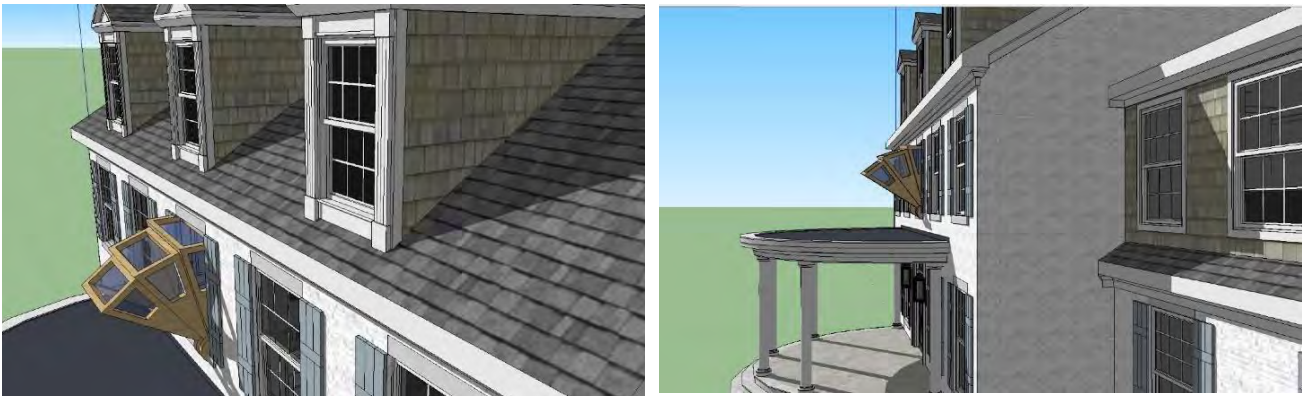


圖8-1 未來展望裝設房屋模擬圖

未來將使家庭增加舒適感與滿足感的新式改良窗，願能成為市場上具有競爭力的產品，結合多樣化的生活模式，打造居家環境的新鮮感，不但能控制室內採光，達到維持人體在室內環境下最舒適的溫度，也能減少窗戶下雨時漏水之憂患。

玖、參考文獻資料

- 一、admin. (2016年03月30日). 門窗裝修之開窗方式的優缺點分析. 擷取自 <http://z.timetw.com/16850.html>.
- 二、生活大搜羅. (2016年04月07日). 常見的開窗方式和優缺點，哪一種是最合適你。 . 擷取自 <https://kknews.cc/zh-tw/news/qgm8nb.html>.
- 三、歐堡諾門窗 . (2017年09月04日). 鄭州裝修 | 史上最全的各種門窗類型優缺點介紹. 擷取自 <https://kknews.cc/home/jrzo63y.html>.
- 四、優典門窗. (2016年09月28日). 門窗的分類及優缺點，get！. 擷取自 https://read01.com/xzxROK.html#.Wq_Xl-huZPY.

【評語】 052409

本研究比較市面上各種常見的窗型設計，並融合智慧家居的概念，提出智能下懸窗改良設計，考量通風、採光、防水、防蟲，能自動偵測室內環境光線，調整室內的採光面積，且能自動控制改良懸窗的展開角度，讓室內隨時保持光亮，及感測室內與室外的細懸浮微粒(PM2.5)的多寡，可改善居家環境的生活品質。具有創意。惟智能下懸窗結構稍嫌複雜，成本評估時宜納入既有房屋之施作、維護成本。後續可作窗結構之力學分析及對實體窗作風雨實驗。

摘要

本研究比較市面上各種常見的窗型設計，並融合智慧家居的概念，提出智能式下懸窗設計，能自動偵測室內環境光線，來調整下懸窗的展開角度，讓室內隨時保持光亮另外，針對機構部分改良了下懸窗之防雨性差、上懸窗之通風不良及懸窗因未裝紗窗之防蚊效果差之問題。

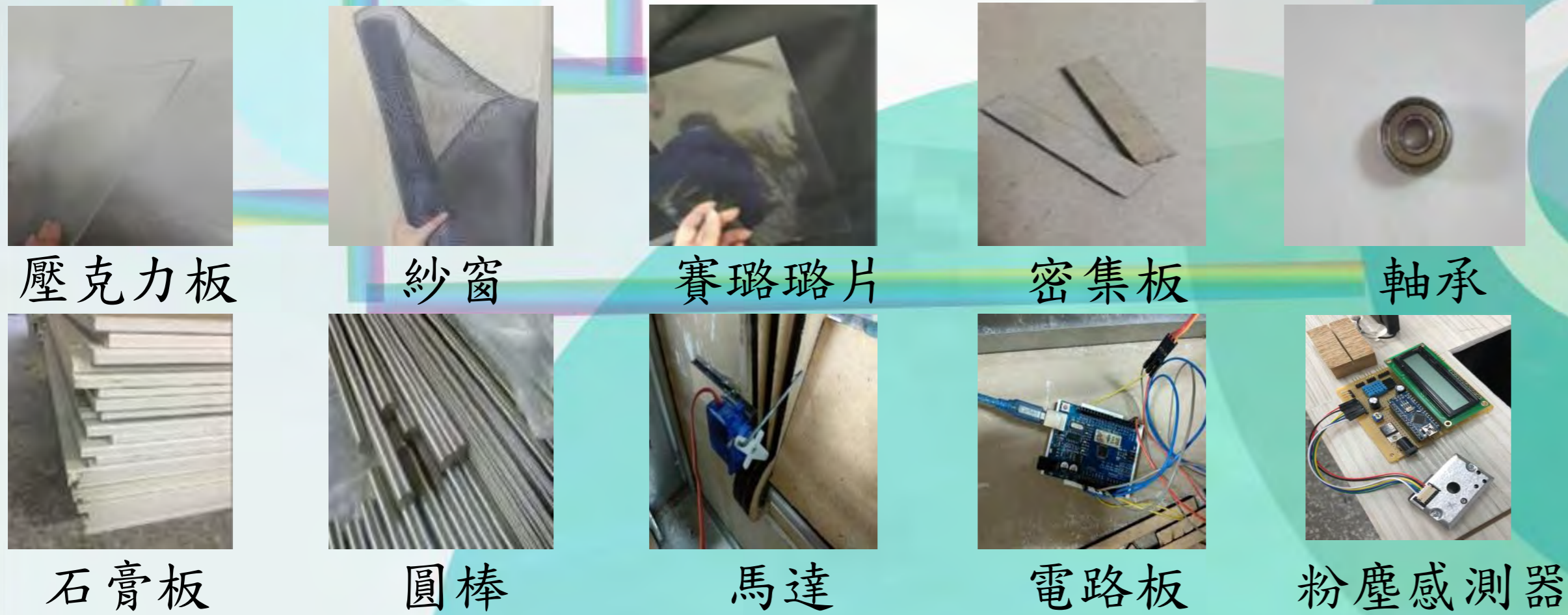
壹、研究動機

上、下懸窗因僅能開啟一條10厘米的縫隙導致通風不佳，開啟方向也易與窗簾起衝突，舉例來說，學校行政大樓教室內部窗扇為下懸窗，但因架設在高處，一般的人很難開啟又加上僅能開啟一條10厘米的縫隙，通風不佳，易造成室內悶熱，且下方設置的推拉窗因為裝有滑輪的窗扇在窗框上進行，而導致開啟窗戶時僅有一半可以通風，通氣面積受到限制，又因風被窗簾擋住之設計不良，無法有效決室內溫度過高的問題。

貳、研究目的

- 一、改良新型下懸窗與市面上常見窗戶影響室內溫度之比較。
- 二、瞭解改良新型下懸窗之光照開合角度對室內溫度之影響。
- 三、瞭解改良下懸窗之通風及粉塵散溢效果。
- 四、探討未來如何商品化及降低成本。

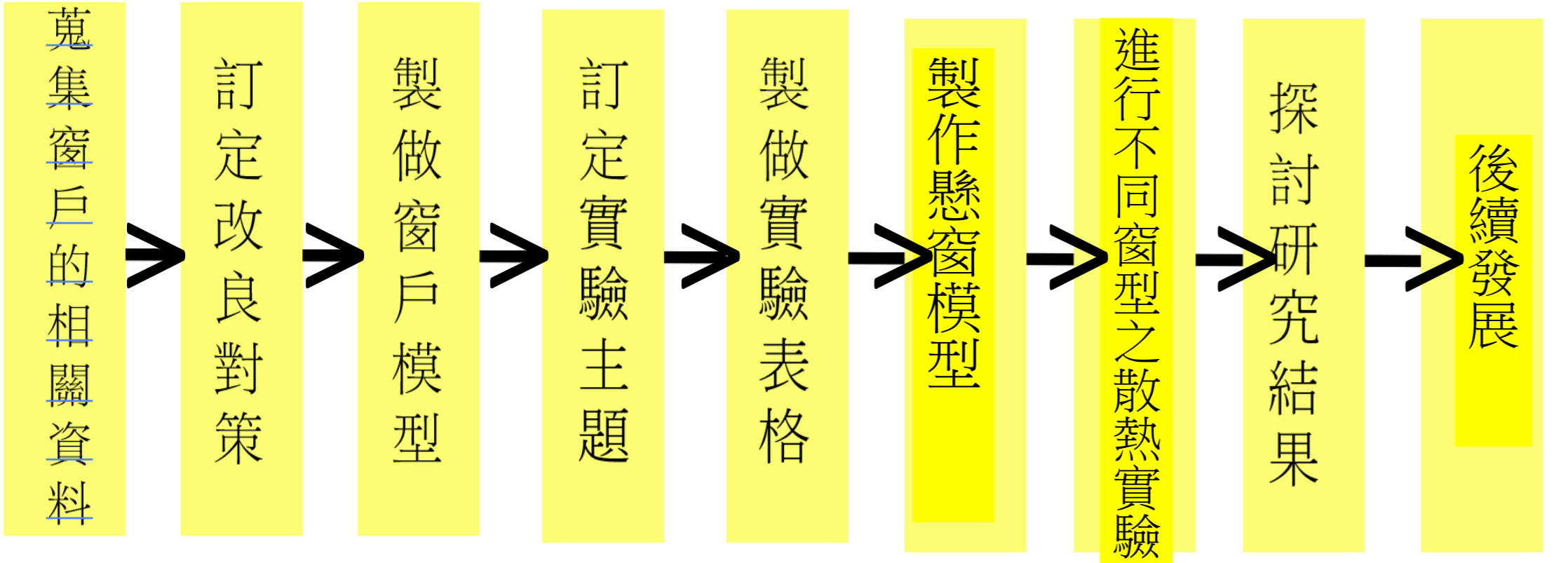
參、研究材料、設備及器材



肆、研究過程及方法

一、研究過程

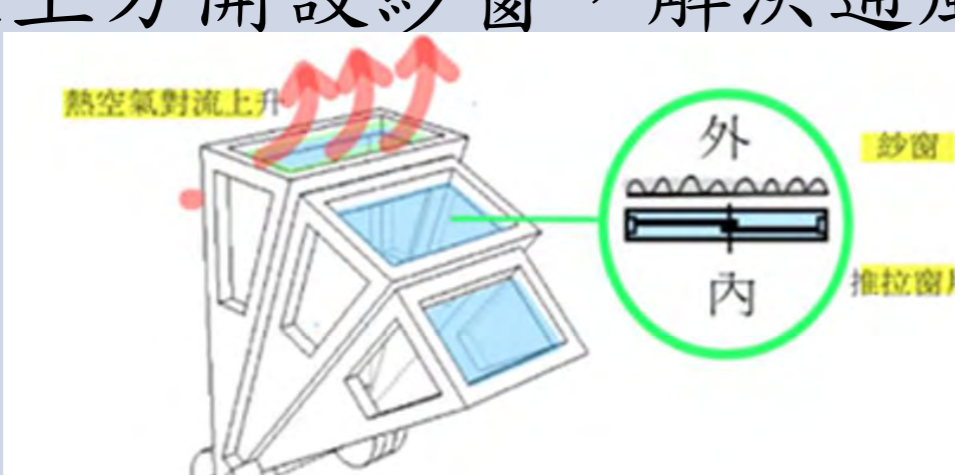
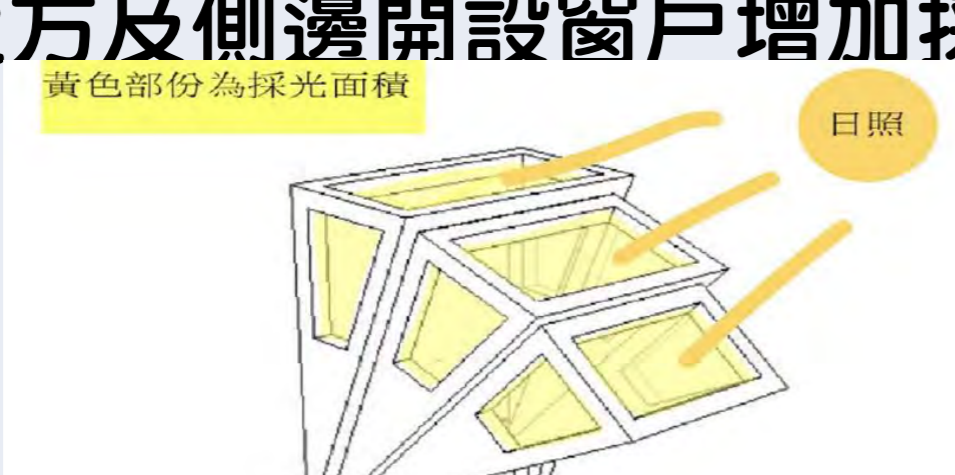
(一)研究流程

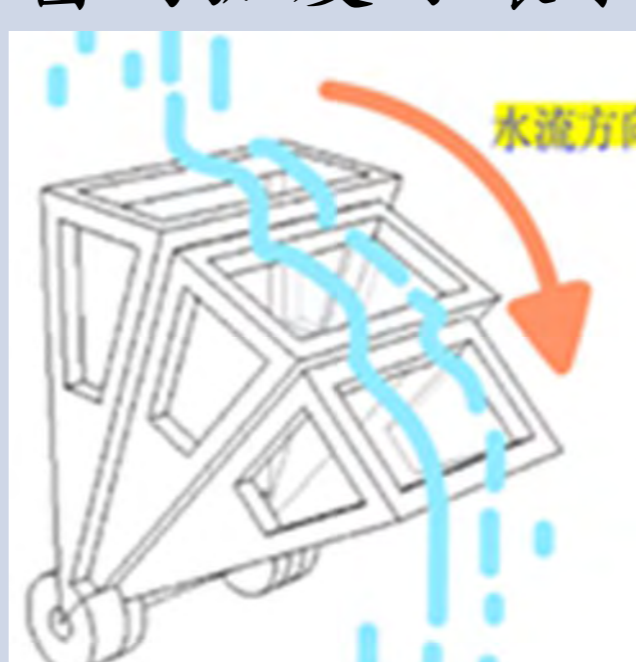
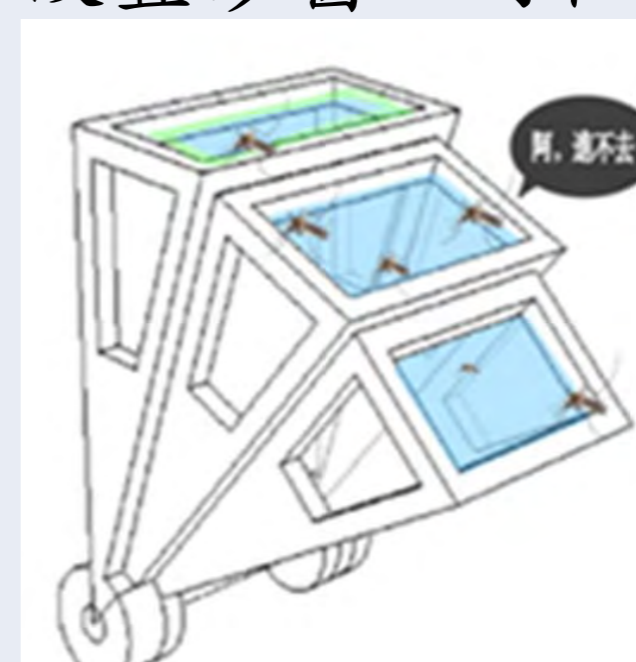
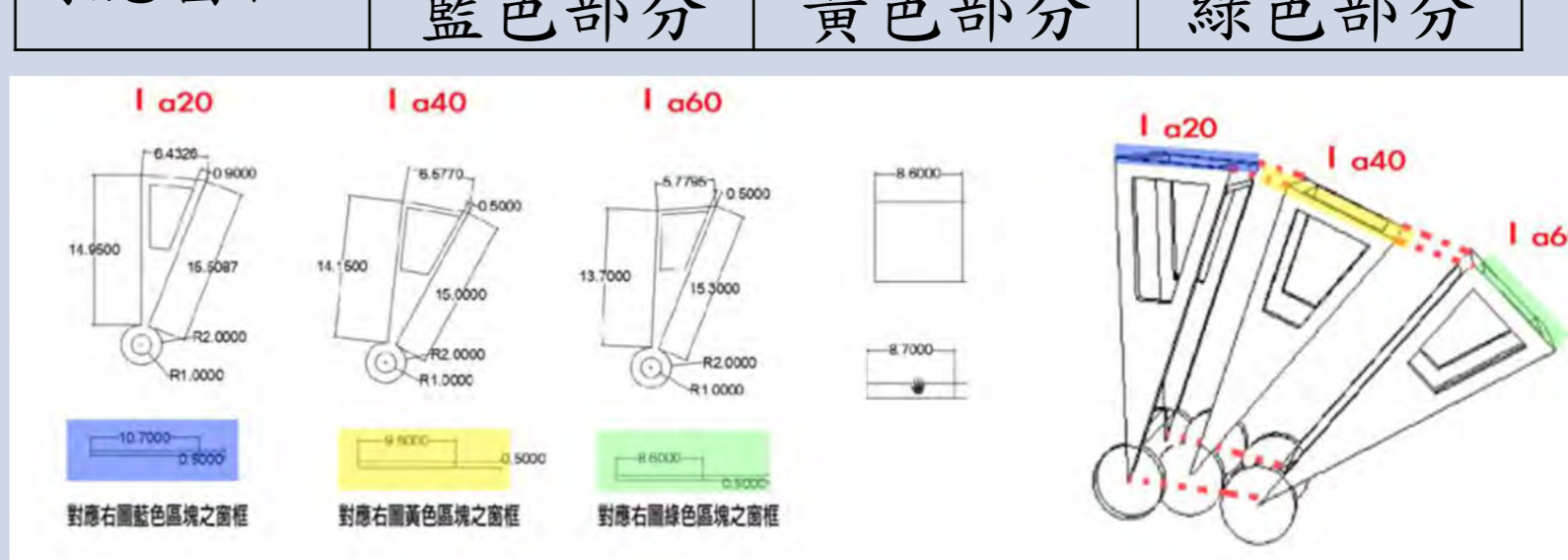
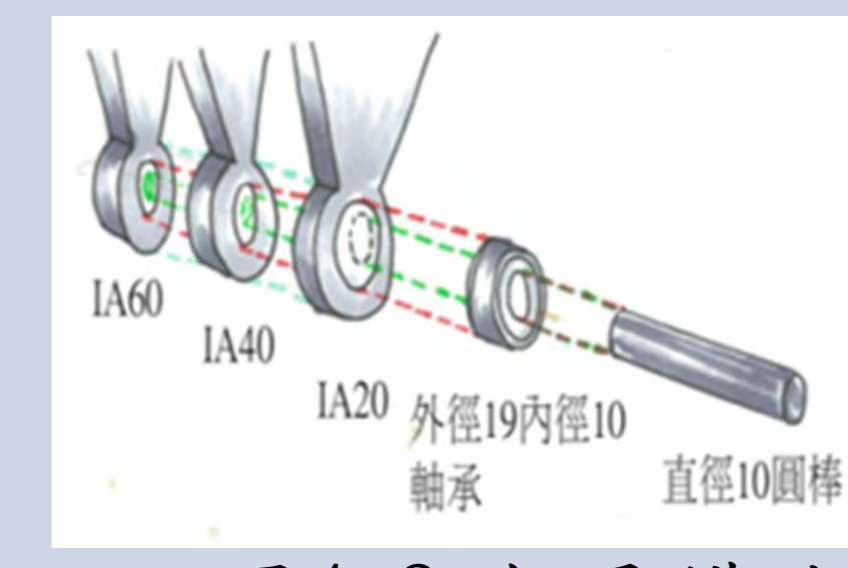
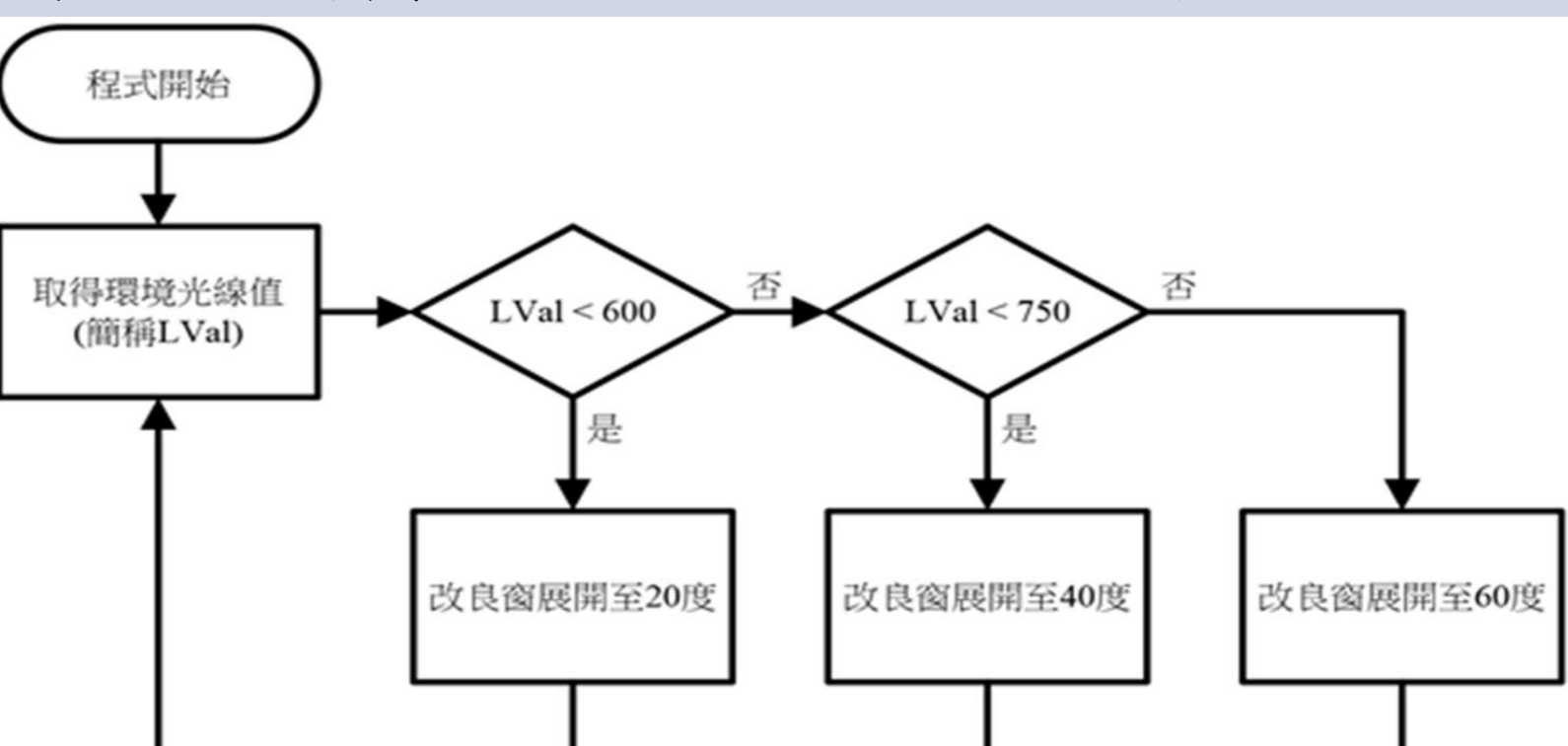
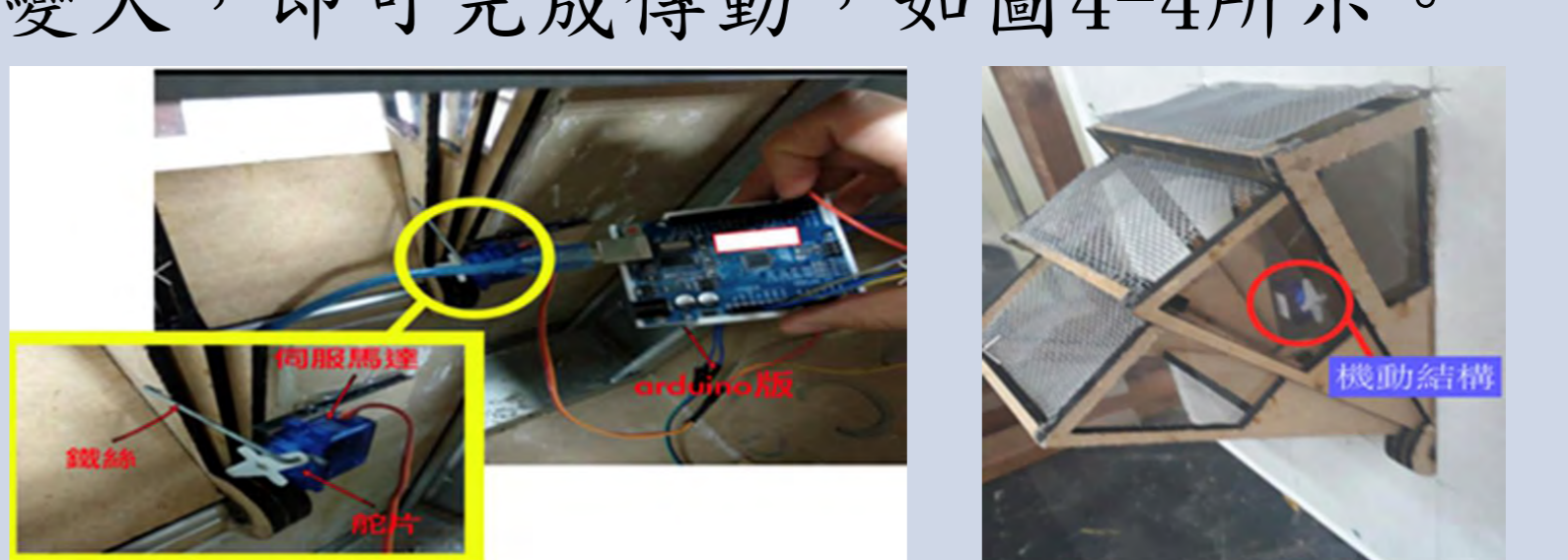


(二)常見之窗戶優缺點之統整比較

窗戶	缺點	優點
1. 橫拉窗	隔音效果差	方便拆洗
2. 推開窗	易壞難清洗	隔音效果佳
3. 上懸窗	不防蟲	防雨性好
4. 下懸窗	不防水，不防蟲	安全性高
5. 平開窗	價格昂貴	密封性能好，通風佳
6. 改良式新式窗戶	成本較高	通風佳，防蟲，防水

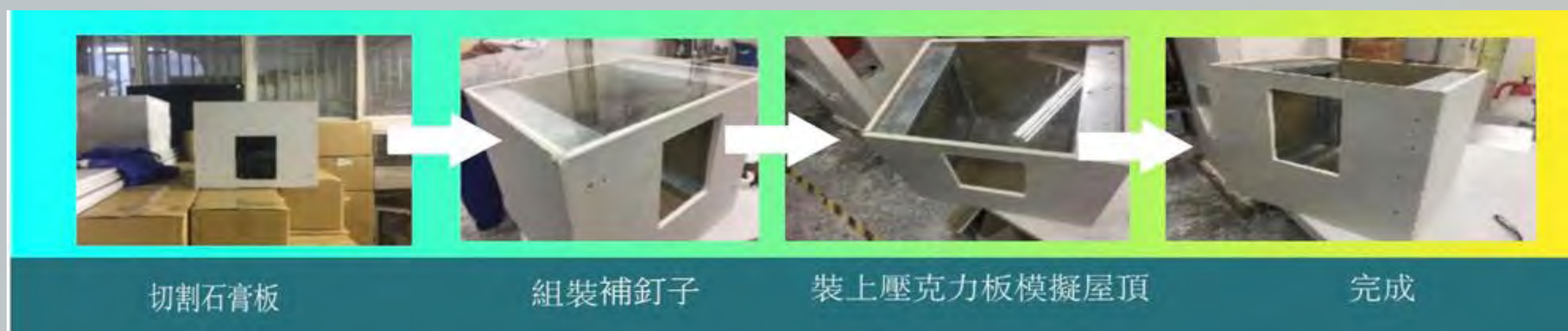
(三)本研究懸窗改良對策

	本研究懸窗改良對策	特色
一、通風	在上方開設紗窗，解決通風問題 	散熱速度 增快
二、採光	在上方及側邊開設窗戶增加採光範圍 	加強室內 採光

特色	本研究懸窗改良對策	裝置功能																
三、防水	在上方的窗口部分裝置推拉玻璃窗片且改良懸窗的弧度可讓水順流而下。 	利用弧度 排水																
四、防蟲	上方設置紗窗，可阻擋蚊蟲。 	紗窗阻擋 蚊蟲																
五、智能	<p>(一)窗片構造 窗戶是由三個三角形之窗片組成，三個窗片藉由下方軸承，連結在一起，並別賦予代號為IA20、IA40、IA60之窗片，三個窗片各連接不同長度的窗框，變成了三個大，中，小的窗戶，可以相切並變成一個窗戶。 表4-1:尺寸及代號對照表</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>IA20</th> <th>IA40</th> <th>IA60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>尺寸</td> <td>大</td> <td>中</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>安裝位置</td> <td>外</td> <td>中</td> <td>內</td> </tr> <tr> <td>對應窗框</td> <td>圖4-1 藍色部分</td> <td>圖4-1 黃色部分</td> <td>圖4-1 綠色部分</td> </tr> </tbody> </table> <p></p> <p>圖4-1 窗片構造</p> <p>(二)軸承構造 以直徑10圓棒貫穿內徑10外徑19之軸承以及IA20、IA40、IA60之窗框，利用軸承滾動及與圓棒之配合方便窗戶做轉動，如圖4-2所示。 </p> <p>圖4-2 軸承構造</p> <p>(三)Arduino智能機構 本研究智能採用Arduino控制板為核心，搭配光敏電阻取得環境光線變化，再透過伺服馬達連動窗戶，調整窗戶展開角度，讓室內維持在適宜的光線之下。當環境光線越強，Arduino讀得數值(以下簡稱LVal)越高，此時搭配伺服馬達調整窗戶展開角度越小，如圖4-3所示。 </p> <p>圖4-3 Arduino智能機構</p> <p>(四)智能機構與窗戶結合之傳動說明 寫完程式後，將Arduino控制板裝上伺服馬達，馬達設裝上舵片，再用鐵絲連接窗戶跟舵片，即可偵測光照控制角度。室外光照的程度越大，窗戶角度會經感測後向內推而變小；反之，室外光照程度越小，窗戶角度會經感測之後向外推而變大，即可完成傳動，如圖4-4所示。 </p> <p>圖4-4 智能機構與窗戶結合之傳動說明</p>		IA20	IA40	IA60	尺寸	大	中	小	安裝位置	外	中	內	對應窗框	圖4-1 藍色部分	圖4-1 黃色部分	圖4-1 綠色部分	智能感測 調節開合 角度
	IA20	IA40	IA60															
尺寸	大	中	小															
安裝位置	外	中	內															
對應窗框	圖4-1 藍色部分	圖4-1 黃色部分	圖4-1 綠色部分															

(四)試驗箱及懸窗模型製作

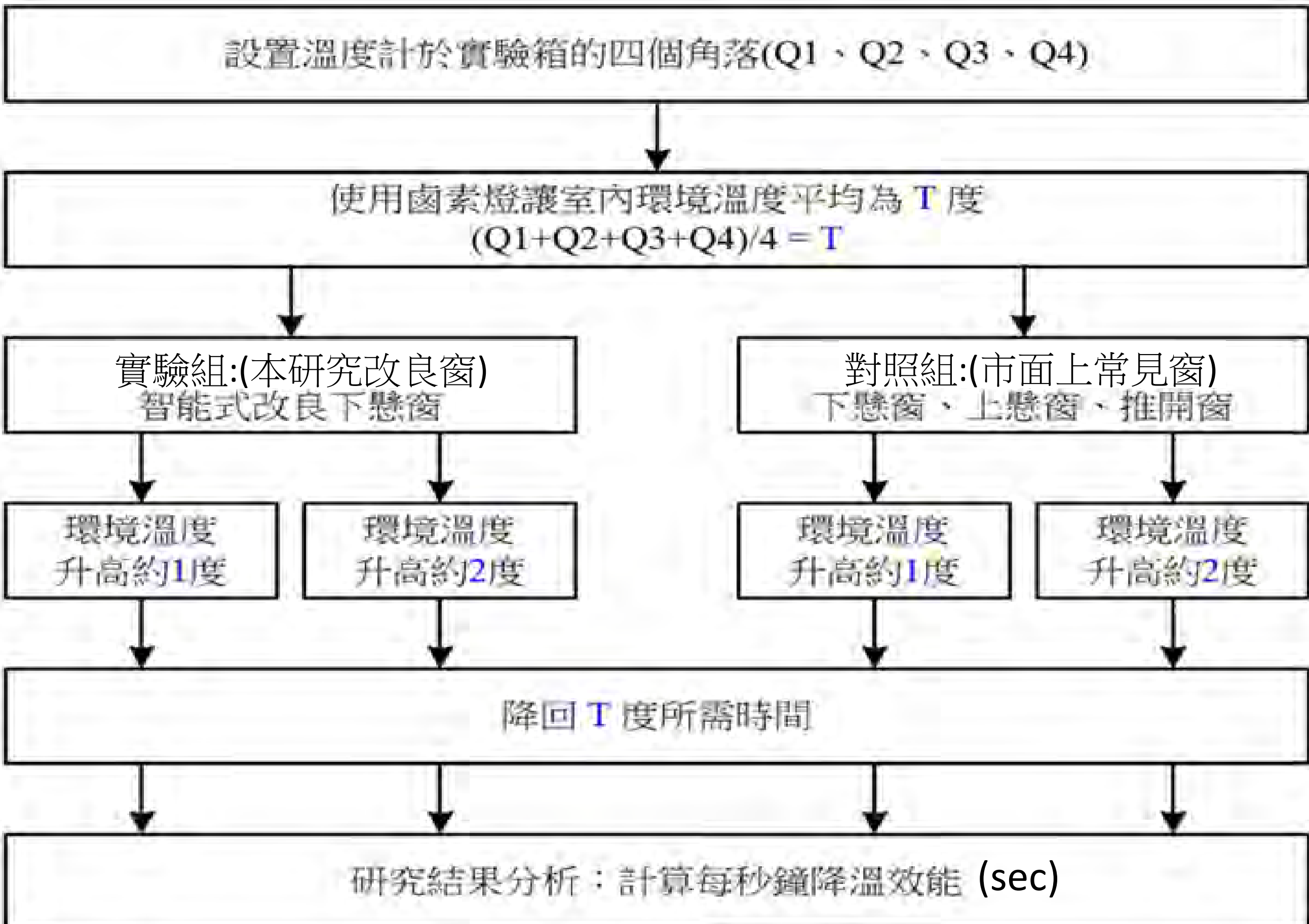
1、試驗箱製作



2、懸窗改良製作過程



五、實驗流程



伍、研究結果與分析

一、各窗型之室內溫度散熱效率之討論與分析

表5-1 代號說明

代號	意義	代號	意義
S1	光照前溫度(°C)	T	光照後散熱時間
S2	光照後溫度(°C)	W	散熱效益
A1(60°)	改良懸窗開啟60° (照光到26.7°)	A2(60°)	改良懸窗開啟60° (照光到27.6°)
A1(40°)	改良懸窗開啟40° (照光到26.7°)	A2(60°)	改良懸窗開啟40° (照光到27.6°)
A1(20°)	改良懸窗開啟20° (照光到26.7°)	A2(60°)	改良懸窗開啟20° (照光到27.6°)
B1	推開窗(照光到26.7°)	B2	推開窗(照光到27.6°)
C1	下懸窗(照光到26.7°)	C2	下懸窗(照光到27.6°)
D1	上懸窗(照光到26.7°)	D2	上懸窗(照光到27.6°)

(一)各窗型照光至26.7°後的易散效益之比較

表5-2 B1之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T(s)	K	W(°C/S)
室外溫度(°C)	25.6	29.7	1568	26.3	1.703×10^{-2} (°C/S)
Q1	26.9	26.2		25.8	
Q2	25.8	26.3		25.4	
Q3	26.7	28.2		25.4	
Q4	27.2	26.4		26.1	
室內平均溫度	25.7(°C)	26.7(°C)		25.7(°C)	

表5-3 C1之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T(s)	K	W(°C/S)
室外溫度(°C)	26.0	31.8	1119	25.9	2.386×10^{-2} (°C/S)
Q1	25.4	26.3		24.8	
Q2	25.1	26.8		25.4	
Q3	26.0	26.8		26.1	
Q4	26.1	26.9		26.2	
室內平均溫度	25.7(°C)	26.7(°C)		25.7(°C)	

表5-4 D1之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T(s)	K	W(°C/S)
室外溫度(°C)	25.8	29.6	1235	26.1	2.162×10^{-2} (°C/S)
Q1	25.5	26.0		25.6	
Q2	25.6	25.2		25.0	
Q3	25.6	27.5		25.9	
Q4	25.7	27.7		26.1	
室內平均溫度	25.6(°C)	26.6(°C)		25.7(°C)	

表5-5 A1(60°)之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T(s)	K	W(°C/S)
室外溫度(°C)	25.3	31.1	913	25.9	2.924×10^{-2} (°C/S)
Q1	25.4	27.0		25.8	
Q2	25.4	26.0		25.2	
Q3	25.7	26.8		26.0	
Q4	26.3	26.9		26.2	
室內平均溫度	25.7(°C)	26.7(°C)		25.7(°C)	

表5-6 A1(40°)之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T(s)	K	W(°C/S)
室外溫度(°C)	25.4	31.1	934	25.9	2.799×10^{-2} (°C/S)
Q1	25.5	27.0		25.0	
Q2	24.6	26.0		25.7	
Q3	25.9	26.8		26.0	
Q4	25.9	27.0		26.1	
室內平均溫度	25.6(°C)	26.7(°C)		25.7(°C)	

表5-7 A1(20°)之散熱效率紀錄表

	S1	S2	T(s)	K	W(°C/S)
室外溫度(°C)	25.7	30.9	1078	25.8	2.512×10^{-2} (°C/S)
Q1	25.6	26.2		25.6	
Q2	25.4	26.6		24.6	
Q3	25.7	26.9		26.0	
Q4	25.8	27.1		26.2	
室內平均溫度	25.6(°C)	26.7(°C)		25.6(°C)	

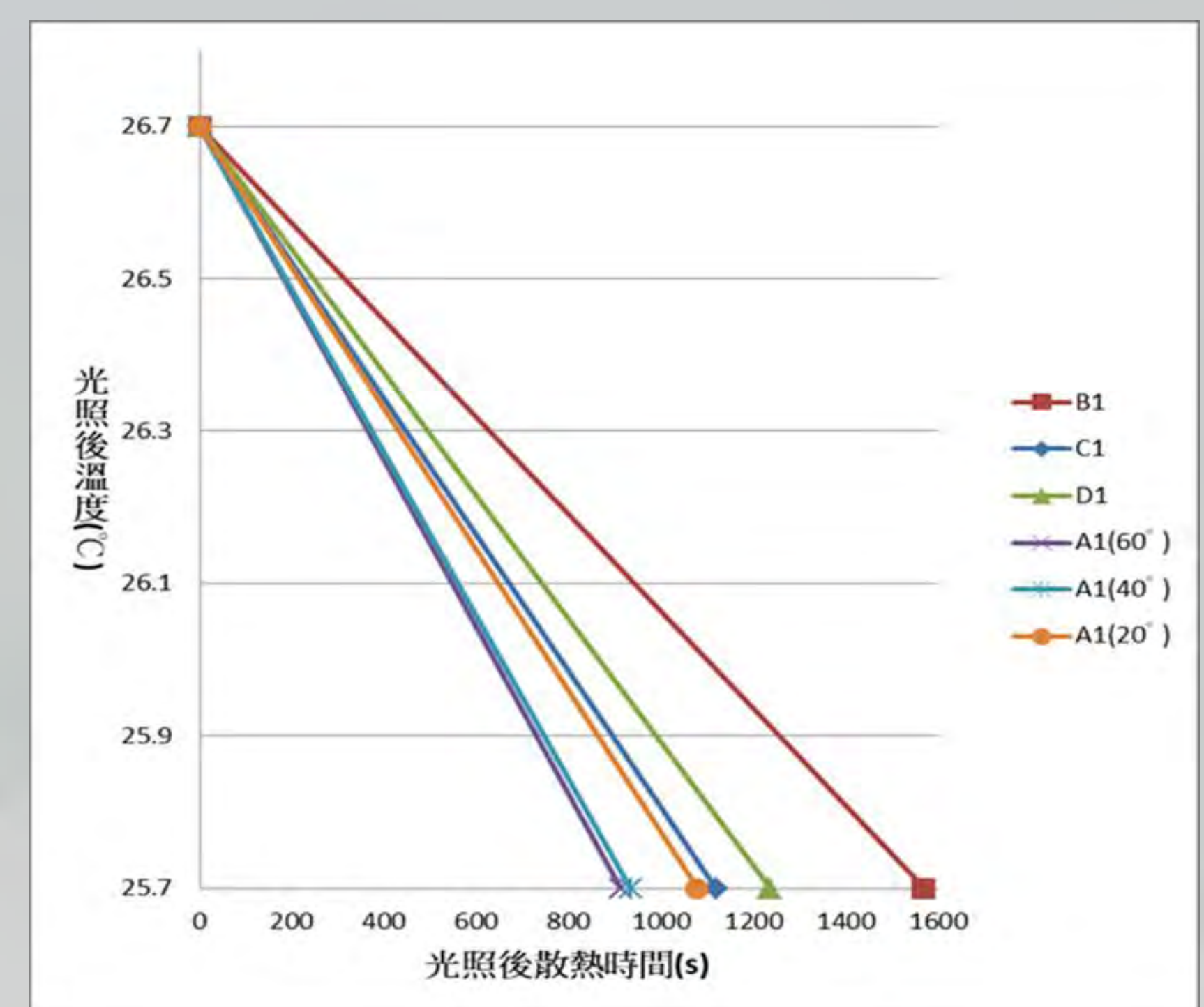


圖5-1 各窗戶散熱效率之比較

由此圖5-1可知，從模擬套房去做各種窗戶形式對室內溫度變化及溢散時間，我們利用此數據及 $\frac{\text{溫度}}{\text{溢散時間}}$ 之公式，去計算出各形式窗戶之散熱效益去評斷出散熱時間。得知：

$$A1(60^\circ) > A1(40^\circ) > A1(20^\circ) > C1 > D1 > B1 \\ 2.924 \times 10^{-2} > 2.799 \times 10^{-2} > 2.512 \times 10^{-2} > 2.386 \times 10^{-2} > 2.162 \times 10^{-2} > 1.703 \times 10^{-2}$$

二、通風實驗之研究分析結果

(一)各角度之改良窗影響燃燒五分鐘之線香之密閉空間之排風效益比較結果：

$$IA20(1.00) > IA40(1.53) > IA60(2.27)$$

(二)各角度之改良窗影響燃燒十分鐘之線香之密閉空間之排風效益比較結果：

$$IA20(1.00) > IA40(1.53) > IA60(2.24)$$

(三)改良下懸窗調節開合角度之排風效益情形：

表5-8 通風實驗之數據

	IA20	IA40	IA60
燃燒五分鐘之線香	198.00(S)	302.00(S)	451.00(S)
效率	1.00(S)	1.53(S)	2.27(S)
燃燒十分鐘之線香	414.00(S)	634.00(S)	928.00(S)
效率	1.00(S)	1.53(S)	2.24(S)

由表5-8實驗可知，開的角度越小，排煙時間越長；開角度越大，排煙時間越短。利用改良窗能調節開合角度的特點去改善排煙效益。以下為改良窗角度排煙量之倍率：

1. 燃燒五分鐘時，IA40的排煙時間是IA20的 1.53倍。
2. 燃燒五分鐘時，IA60的排煙時間是IA20的 2.27倍。
3. 燃燒十分鐘時，IA40的排煙時間是IA20的 1.53倍。
4. 燃燒十分鐘時，IA60的排煙時間是IA20的 2.24倍。

三、PM2.5散溢實驗之研究分析結果

表5-15 代號說明

代號	意義
UN	上懸窗
DW	下懸窗
IA	智能改良懸窗
TF	PM2.5濃度(mg/m ³)3300降至100
R	溢散效益

表5-16 PM2.5散溢實驗之數據

	TF	R(mg/m ³ /s)
UN	848(s)	3.892
DW	482(s)	6.846
IA	324(s)	10.185

由表5-16可得知，改良懸窗最大角度可以開至60°，PM2.5散溢效果相較之下會較好；而傳統的上懸窗、下懸窗開合角度有限，所以容易導致PM2.5散溢不佳的問題。

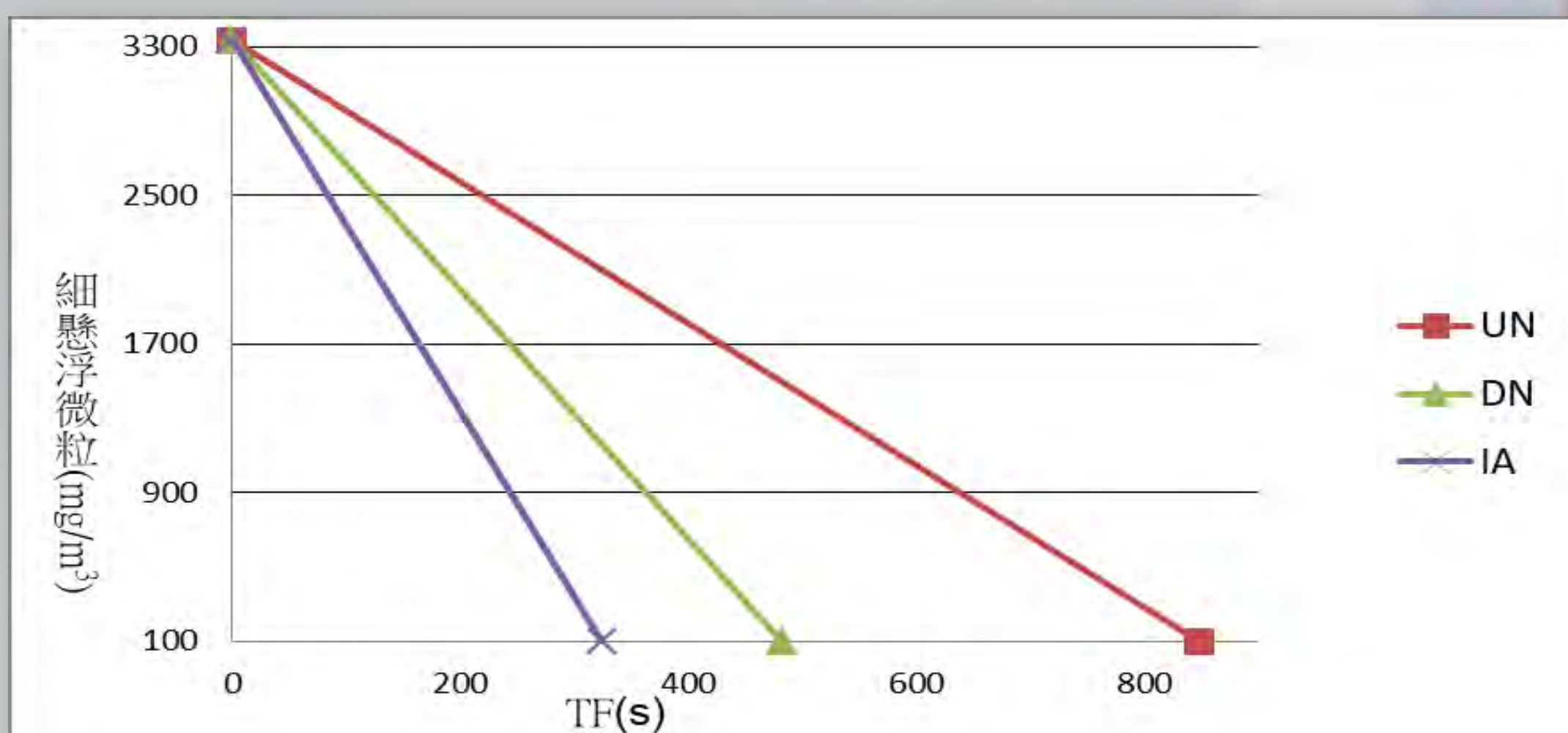


圖5-3 各窗戶散熱效率之比較

由表5-15~5-16及圖5-3可知，改良懸窗開啟60度時的PM2.5散溢較上下懸窗好的原因是因為改良懸窗能突破上下懸窗只能開啟一點縫隙的缺點。有此實驗數據可得知改良懸窗溢散效益是上懸窗的2.617倍。

得知：IA > DW > UN

10.185 > 6.846 > 3.892

新式改良懸窗溢散效益是上懸窗的2.617倍

陸、討論與改良建議

一、改良懸窗改良成果之現況問題分析

- (一)將窗戶往外開之所需窗台深度需求較大。
- (二)得精細考量製作模型後轉換為實體大小成本是否過高。
- (三)此次實驗只有探討20度，40度及60度之室內散熱效益及通風效益，之後可增加角度去計算哪個效果最佳。

二、改善現況問題及建議

- (一)若窗台深度受開合角度所限制，可以在窗戶側邊原本裝設玻璃窗的部分加上紗窗，就能改善開合角度過大的問題。
- (二)材料方面可朝組件量化去降低成本。

三、本研究改良設計建議

依據本研究綜合討論及問題解決對策的修正之智能下懸窗改良成果如圖6-1、6-2所示。

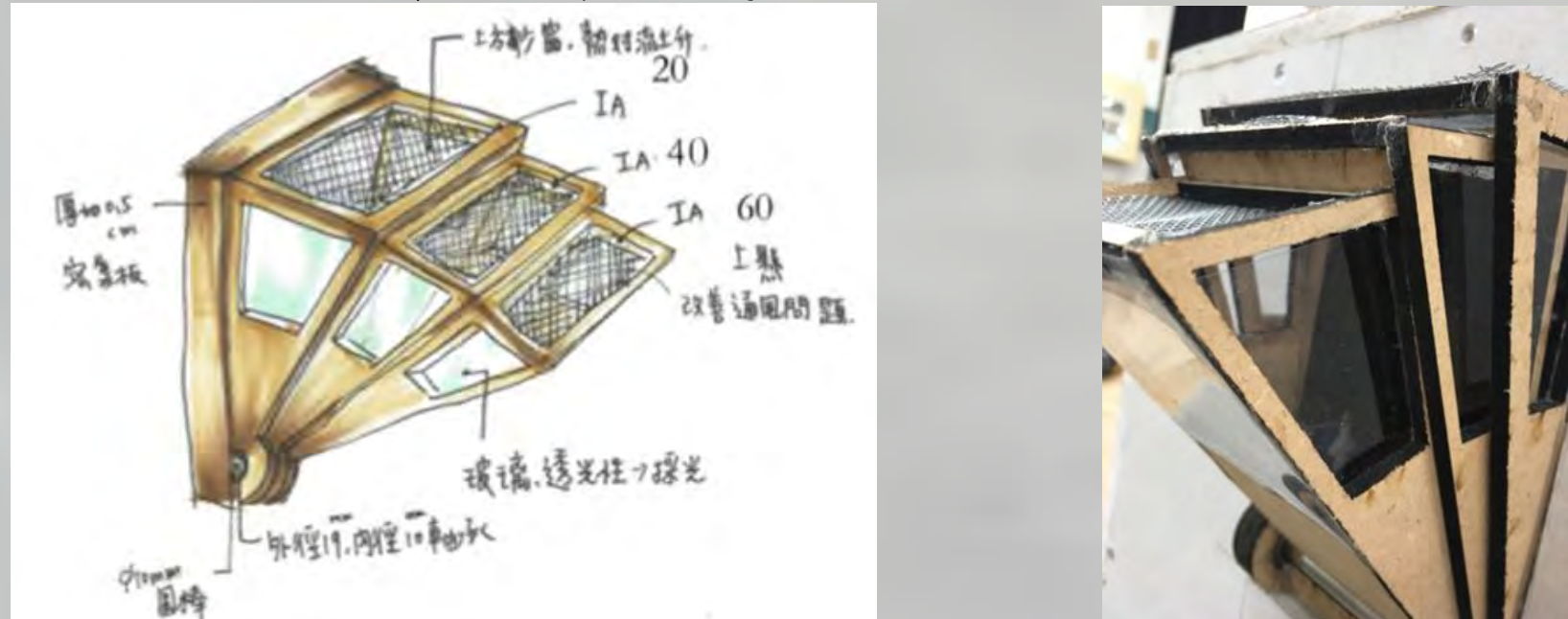


圖6-1 智能下懸窗改良初稿設計及模型成果

四、成本問題

由於我們所設計的改良懸窗所需的材料較多，裝置也較多元，而為了估算改良窗之成本及上下懸窗之價格，我們以一般最常見的鋁材料窗戶形狀差異不大的特性去開模板，降低其成本，我作為對比而降低成本最有效的方式就是開模板，可以利用三扇們估算改良窗成本的過程，將材積算出來再乘上目前市價之概略價格，如表6-1。

表6-1 成本估算

	改良窗成本計算式
IA20鋁窗面積	(1650.85+602.88-33.51)x2+(342.4x2) = 5125.24(cm ²)
IA40鋁窗面積	(1305.74+602.88-33.5)x2+614.4 = 4364.64(cm ²)
IA40鋁窗面積改良	(975.084+602.88-33.5)x2+550.4x2 = 4189.74(cm ²)
窗前方窗戶	69.6x6= 417.6(cm ²)
總窗框尺寸	5125.24+4364.64+4189.74 +417.6 = 14097.22 (cm ²) =15.66才
機動結構價格估算	≈1000元
鋁窗價格估算	(市價鋁窗一才約320元) 15.66x320 = 5012.48元
玻璃面積	6025.336+5747.912+7077.708 = 18850.948 (cm ²)= 20才
玻璃價格估算	(市價鋁窗一才約100元) 20x100= 2000元
紗窗價格估	(市價鋁窗一才約10元) 20x10= 200元
防水膠	437.6 (cm)≈700元
總價格	700+200+2000+5012.48+1000 = 8912.48 元

雖然我們所設計的改良懸窗成本較市面上他窗較高，但我們的效益遠高於一般市面上的窗戶，如表6-2。

表6-2 總效益之計算

	總效益計算式
上懸窗	0.01156+0.02386+6.846= 6.8854
下懸窗	0.0135+0.02162+3.892= 3.9249
改良懸窗	0.02924+0.01351+10.185= 10.2277

總效益之計算：散熱實驗(升高至26.7°)+散熱實驗(升高至27.7°)+通風實驗之效益值=總效益各實驗之效益值相加後，得總效益越高代表越。

總效益：改良懸窗(10.2277) > 上懸窗(6.8854) > 下懸窗(3.9249)

成本：改良懸窗(8912.48) > 下懸窗(4320) > 上懸窗(3580)

柒、研究結論

本研究改良之智能下懸窗設計確實可達到能通風，外殼節能及防蟲之功能，其散熱效益結論：

A1(60°)>A1(40°)>A1(20°)>C1>D1>B1
 2.924x10⁻²>2.799x10⁻²>2.512x10⁻²>
 2.386x10⁻²>2.162x10⁻²>1.703x10⁻²

本研究改良之智能其散熱效益：

改良式懸窗>下懸窗>上懸窗>推開窗

A2(60°)>A2(40°)>A2(20°)>C2>D2>B1
 1.351x10⁻²>1.270x10⁻²>1.227x10⁻²>
 1.156x10⁻²>1.135x10⁻²>9.570x10⁻³

本研究改良之智能其散熱效益：

改良式懸窗>下懸窗>上懸窗>推開窗

IA > DW > UN (10.185 > 6.846 > 3.892)

本研究改良之智能其溢散效益：

改良式懸窗>下懸窗>上懸窗

四、各窗型總效益之比較表7-1

	散熱實驗 升高26.7°	散熱實驗 升高27.7°	通風 PM2.5	防水	採光	成本	總效益
上懸窗	○	○	△	○	○	◎	○(6.8854)
下懸窗	△	△	○	△	○	○	△(3.9249)
改良窗	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎(10.2277)

◎效益最高 ○效益中等 △效益最低

由此表7-1可得知，我們所設計的改良懸窗，不管是散熱實驗、通風實驗、細懸浮微(PM2.5)溢散效果及各智能機構改良對策之總效益都比他窗來的好，符合我們此實驗之目的。

捌、後續發展

隨著技術日新月異以及生活品質提高，門窗設計也朝著多元化的發展，希望結合窗戶之優點改善窗戶之缺點，也能帶給人們更多的方便性。新式智能改良下懸窗結合多樣化的生活模式，打造居家環境的新鮮感，不但能控制室內採光，達到維持人體在室內環境下最舒適的溫度，也能減少窗戶下雨時漏水之憂患。

組別：高級中等學校組
 科別：工程學科(二)
 學校名稱：國立彰化師大附工
 學生姓名：劉雅瑄、黃詩琦、陳思妤
 指導老師：王秀芳、黃正誼