

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

第三名

052305

旋轉翼緩速安全飛行器

學校名稱：臺中市立大甲工業高級中等學校

作者： 職二 詹阡佑 職二 李嫻瑋	指導老師： 王建仁 余秉祐
-------------------------	---------------------

關鍵詞：電子安全感測器、旋轉翼飛機、安全穩定飛行

摘要

在生活當中我們時常會發現，飛機因為場地跑道不足而無法順利起降，或是航行時有許多不確定因素而不敢搭乘。本研究主要探討為：旋轉翼飛機是否能成為短距離起降之創新飛行器。在這研究過程中，主要是採用旋轉翼產生向上升力(向下推力)，並同時探討導風板數量多寡對於飛行穩定性的影響。最後，我們從實驗數據中找出黃金比例來設計飛機模型，再安裝電子加速度計陀螺儀及其他飛行安全裝置，使旋轉翼無人機在天空中能以平穩的姿態飛行，有效縮短了起降跑道距離，打破一般人對於現有飛機所既有的認知。

壹、前言

飛機作為兩地之間的空中橋樑，是現代生活中不可或缺的角色，不止性能越來越好，用途也更加廣闊，自萊特兄弟發明飛機以來，在這相距百年間人類對於飛機的探索和好奇心依舊沒有停止，但是飛機的造型似乎早已形成既有的定律，所以我們此次以旋轉翼飛機進行研究進行創新及探討。

一、研究背景與動機

學校的選修課程中有一門平時我們較少有機會接觸到的課程，稱為「飛行原理」，我們對於這個課程十分有興趣，所以選擇了該課程，並在每周寶貴的兩節課當中學習平時課堂以外的知識。

在課程當中，老師起初介紹關於飛機的各方知識，我們了解到了飛機飛行的原理和大致結構，接著介紹各式飛機，例如：無人機、固定翼飛機，或直升機等等……，最後帶著我們至大操場試飛各式飛機。在課程過後，我們對於飛機起了非常大的興趣，顛覆了我們對於一般飛機的想像，在老師的簡單介紹和討論過後，我們決定以旋轉翼飛機作為此次研究的主題，旋轉翼飛機在目前市面上並未普及，但我們發現了旋轉翼飛機相較於其他飛機存在著許多的優勢，也許是因為技術不足或者是有太多的人對於現在的飛機感到滿足而沒有繼續研究，因此無法在市面上有多的應用，所以我們想藉此機會製作簡易版的旋轉翼飛機讓更多人了解它的優勢及對未來的應用發展。

二、研究目的

此次的研究設計為跨領域的製作嘗試，從一開始的想法到之後將旋轉翼設計架構至最後的簡單遙控飛行測試。在進行實際任務飛行後，即可開始加裝其他電子設計元件，在飛機上搭載加速度計陀螺儀，並同時收集飛行數據及相關飛航數據，最後目標將所有數據總和，提供資料到旋轉翼飛行數據庫內供學術之研究與探討。

三、文獻回顧



圖 1 旋轉翼飛機整理圖

(一) 旋轉翼飛機

旋轉翼飛機滾動導風板，產生類似直升機的向下、向後推進氣流，因此它無需跑道加速助跑，能以近乎垂直的角度升空。此外，這種概念機在耗能上比傳統飛機還低，也沒有渦輪的噪音干擾，只需要轉動旋轉翼就能達成飛行，而且若在飛行途中引擎故障，它還是可以用旋轉翼剩餘轉速來滑行降落。當旋轉翼轉動時，就會將前方空氣吸入扇翼中，部分氣流會在底部開成渦旋，另一部分則會從尾緣甩出，這樣就能產生飛行器所需的升力和推力，由於升力的產生對飛行速度沒有高要求，所以飛行器可以實現短距離的起降，甚至是垂直起降了，特別適合用作城市裡飛行接送。

(二) 飛機重心

從物理學角度上來講，飛機的平衡點在重心上，而重心的位置會使飛機產生向下作用力，而來自飛機機翼的向上作用力，稱之為升力中心，它的位置通常位於重心位置後側。如果飛機尾部沒有對應升力，在重心和升力中心之間就會產生力矩，飛機機頭就會向下傾斜，這時就需要飛機轉動水平尾創造升力來抵消機頭下傾，稱為尾下傾力。當升力越大，誘導阻力也會越大。

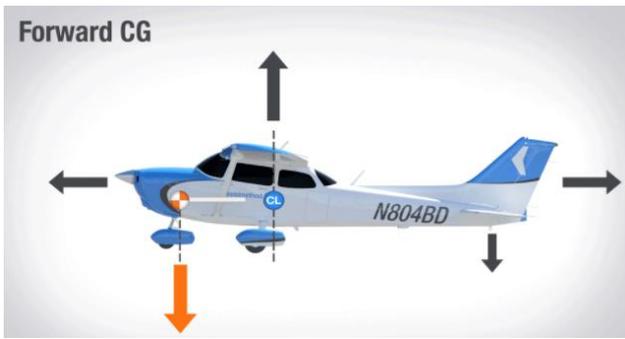


圖 2 飛機重心與升力中心位置圖

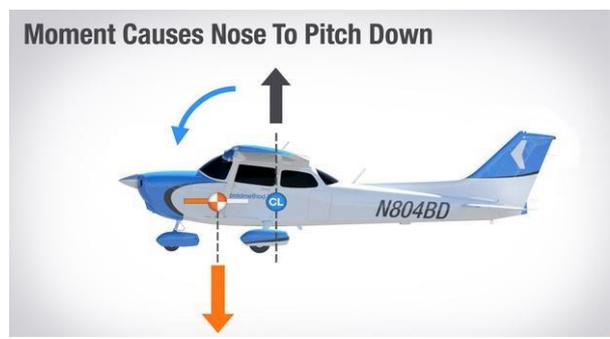


圖 3 尾下傾力說明圖

(圖片來源: <https://kknews.cc/zh-tw/news/5xkoxl8.html>)

如圖 2 所示，當飛機重心發生向前或者向後的移動時，飛機尾部所需的穩定升降力也會跟著發生改變，當飛機提供更多升力時，同樣會產生更多的誘導阻力，飛機性能也會下降。

如圖 3 所示，如果飛機尾部沒有對應的升力，在重心和升力中心之間就會產生力矩，飛機機頭就會向下傾斜。

(三) 馬格努斯效應

當物體旋轉時會產生向上的升力。一個物體在旋轉時，會產生上下氣流不對等的行為。在這個的作用下物體飛行軌跡發生偏轉的現象稱作馬格努斯效應。由於物體旋轉可以帶動周圍流體旋轉，使得物體一側的流體速度增加，另一側流體速度減小，對一不可壓縮流體，當氣體流速增加時，將會造成氣體的壓力減少，為了滿足能量守恆定律，流體分子力總和應該在流動路徑上的各處皆要相同。流體在同一水平面上流動，則在流體流速快的地方壓力會變小，反之，流體流速慢時壓力會變大，高壓區氣流會往低壓區前進，進而產生一個向上的吸力，讓空氣保持穩定平衡，讓物體上升。

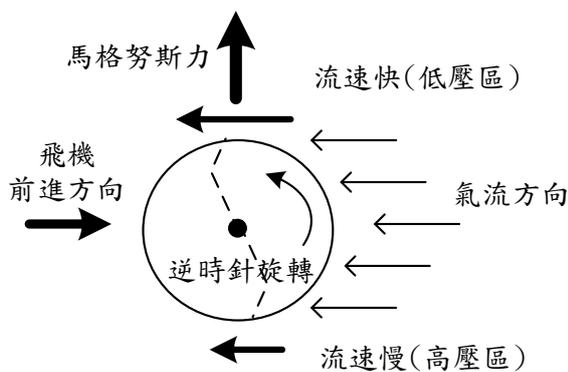


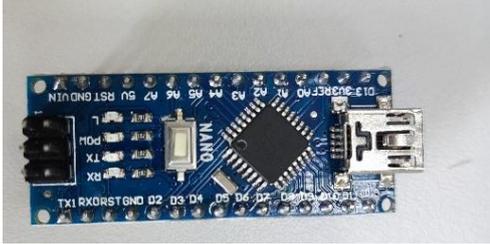
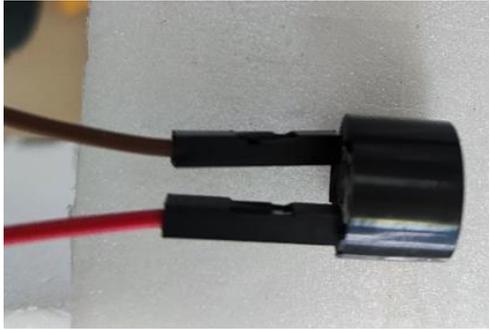
圖 4 馬格努斯效應圖



圖 5 旋轉翼成品圖

貳、研究設備及器材

表 1 研究設備及器材

內容名稱	研究用途	實際圖片
雷射雕刻機	<ol style="list-style-type: none"> 1.旋轉翼支撐架切割 2.滾筒鎖定器 3.切割珍珠板 	
Arduino nano	<ol style="list-style-type: none"> 1.控制電子電路系統 2.Arduino 程式燒錄 	
蜂鳴器	<ol style="list-style-type: none"> 1.提醒電壓不足 	
電子加速度計陀螺儀	<ol style="list-style-type: none"> 1.自動穩定方向 2.自動偵測水平 3.自動控制伺服馬達 	

<p>螺旋槳</p>	<p>1.提供飛機前進動力</p>	
<p>RG611B 接收器</p>	<p>1.接收控制器訊號 2.提供電路信號</p>	
<p>伺服馬達</p>	<p>1.控制飛機方向 2.接收自動控制訊號</p>	
<p>載具機體</p>	<p>1.飛機飛行任務 2.測試與研究</p>	

參、研究過程或方法

一、預設目標

跨領域的研究製作，將原本所學的電子專業與飛機結合，在進行實際飛行任務後，裝上電子設計元件，發掘旋轉翼飛機的特殊效能，並加以擴展它的使用範圍，以下為本研究的主要目的共有五：

- (一) 解決飛機長距離起降的困擾，利用螺旋槳及旋轉翼進行短距離起降。(目標: 6 公尺內)一般遙控機 10-12 公尺，(每秒 3- 4 米風速下)。
- (二) 在發生意外時，能利用旋轉翼持續旋轉之特性，使飛機能夠穩定慢慢下降並安全降落。(每秒下降率約 0.5m/s)
- (三) 讓飛機在受到外力影響時，能夠使其穩定飛行，不受外力干擾飛行狀態。
- (四) 應證馬格努斯效應，當物體轉動時是否會有向上升力及向前力量。
- (五) 尋找出導風板最適合片數，利於更穩定的飛行。

二、研究流程

起初只是單純的設計一架關於旋轉翼的飛機，後來開始加入電子設計元件，過程經過多次的討論和修改，飛機的相關知識並不是我們所學的專業，但我們查詢資料、翻閱文獻和詢問師長來尋求答案，而本研究主要分成 3 大部分，包含旋轉翼無人機製作、電子控制系統、Arduino 程式設計，而圖 1 是本研究的主要流程圖:

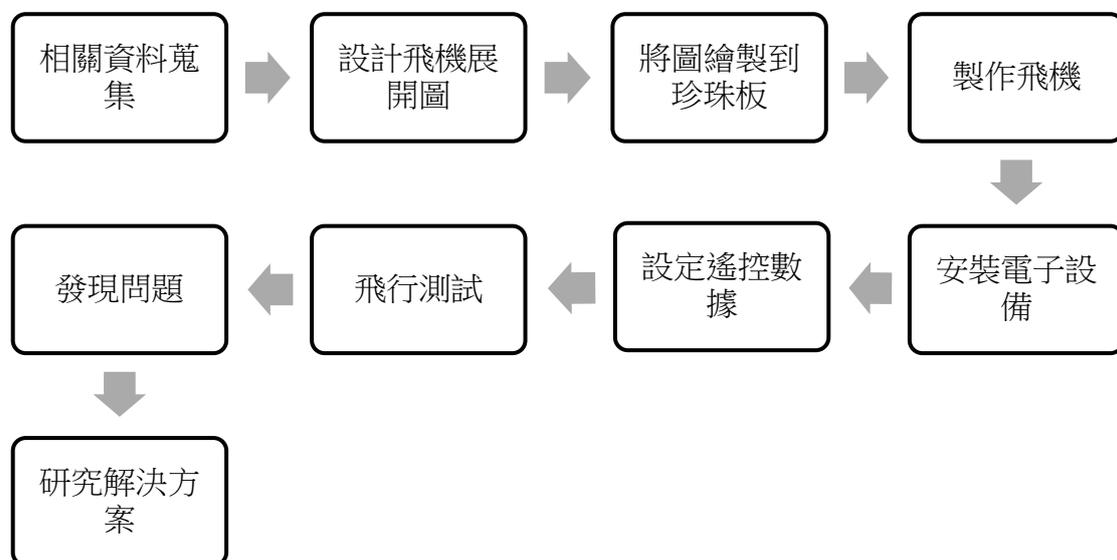


圖 6 研究流程圖

依據上述研究流程，各項製作流程說明如下：

- (一) 相關資料蒐集-搜尋旋轉翼飛機圖片及原理資料。
- (二) 設計飛機展開圖-將飛機所需零件畫到圖紙上。
- (三) 照比例將飛機展圖繪製到珍珠板-依照圖紙上比例在珍珠板上放大。
- (四) 製作飛機-將畫好的珍珠板切下再利用保麗龍專用膠組裝完成飛機外殼
- (五) 安裝電子設備-設計動力及尾翼方向及加速度計陀螺儀電子零件。
- (六) 設定遙控數據-設定遙控器與接收器連接校正伺服馬達與陀螺儀。
- (七) 飛行測試-在學校操場遙控飛機進行試飛。
- (八) 發現問題-針對旋轉翼及機身設計進行調整校正。
- (九) 研究解決方案-和老師研究如何將飛機調整到最好或是重新設計飛機。

三、研究主體

(一) 旋轉翼飛機主體研究

1.馬格努斯效應實驗(紙杯)

將兩紙杯底以膠帶相接，再用以橡皮筋所編織的橡皮筋繩纏繞兩圈，將其彈出，並記錄其飛行距離和飛行時間，彈射多次取出平均值，測試不同大小紙杯的長度、寬度與重量，所形成的飛行距離、飛行時間及其特性差異，最後從數據中找出黃金比例，以利後面的研究。

我們測試了三種長度的紙杯製成滾筒，總長度分別為 14.5cm、25.7cm 和 33.5cm，以及在三種滾筒上加裝一元硬幣配重，測試其差異，以下為三種長度的滾筒照片：



圖 7 紙杯長度比較圖

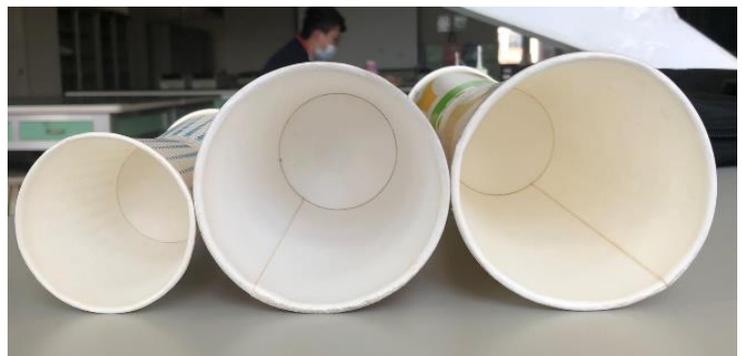


圖 8 紙杯寬度比較圖

當滾筒彈射出去後，馬格努斯效應使滾筒旋轉且向上飛，因上方氣流較下方氣流快，空氣的流速快，壓力較小，滾筒就會受向上的力進而向上跑，就像飛機的向上升力一樣，圖 9 為滾筒彈射照片：



圖 9 滾筒彈射畫面

在實驗過程中，我們以捲尺測量距離和碼錶紀錄飛行時間，並以紙筆紀錄，在多次彈射之後，我們將所有數據統整，計算出平均值，以下為實驗數據和不同重量的飛行差異折線圖，由數據和折線圖可知，33.5cm 滾筒的飛行距離及飛行時間是在三種滾筒中效果最理想的。

1		14.5 cm	25.7cm	33.5cm
2	元	飛行距離(cm)	飛行距離(cm)	飛行距離(cm)
3	0	353.20	351.10	502.00
4	0	310.50	347.00	450.00
5	0	353.00	346.00	480.00
6	0	310.00	342.00	499.00
7	0	326.50	388.00	498.00
8	avg	330.64	354.82	485.80
9	1	374.00	396.50	498.00
10	1	357.50	335.00	468.50
11	1	329.00	303.00	502.00
12	1	351.00	295.00	510.00
13	1	328.00	304.00	510.00
14	avg	338.49	342.04	497.70
15	2	392.00	345.50	487.50
16	2	368.00	334.00	441.00
17	2	361.00	298.00	490.00
18	2	346.00	359.50	500.00
19	2	387.00	381.00	498.00
20	avg	347.99	343.60	483.30
21	6			394.00
22	6			372.50
23	6			384.00
24	6			388.00
25	6			406.50
26	avg			389.00

圖 10 不同重量飛行距離

1		14.5cm	25.7cm	33.5cm
2	元	飛行時間(s)	飛行時間(s)	飛行時間(s)
3	0	2.25	1.65	2.18
4	0	1.82	1.83	2.19
5	0	1.93	1.26	2.22
6	0	1.93	1.38	2.47
7	0	2.15	1.69	2.12
8	avg	2.02	1.56	2.24
9	1	1.22	1.64	2.02
10	1	1.33	1.13	2.12
11	1	1.00	0.98	1.48
12	1	1.21	1.02	1.89
13	1	1.25	1.09	2.38
14	avg	1.65	1.17	1.98
15	2	1.18	1.06	1.61
16	2	1.19	1.10	1.71
17	2	1.16	1.06	1.38
18	2	0.93	0.99	1.87
19	2	1.28	1.33	2.17
20	avg	1.50	1.11	1.75
21	6			1.35
22	6			1.13
23	6			1.13
24	6			1.06
25	6			1.06
26	avg			1.15

圖 11 不同重量飛行時間

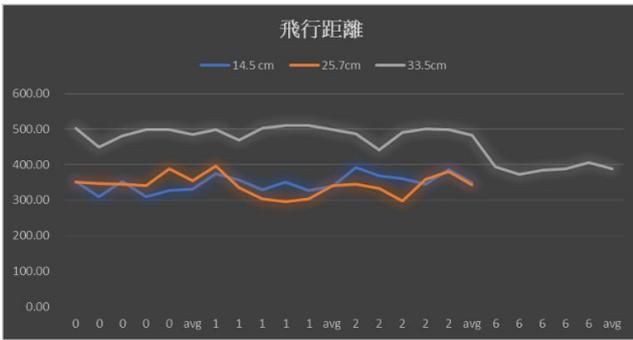


圖 12 飛行距離折線圖

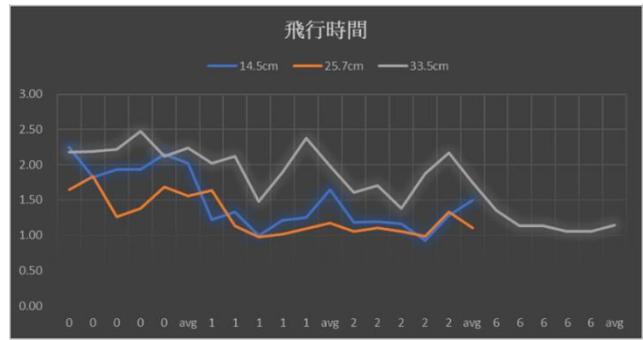


圖 13 飛行時間折線圖

2.小飛機模型製作模擬

完成馬格努斯效應實驗後，我們將實驗得到的黃金比例運用至設計小飛機模型上，製作小飛機模型的主要目的為，測試我們所設計的旋轉翼飛機是否符合馬格努斯效應之運作，並從測試中尋找問題加以修改設計。

小飛機的製作方面，我們將設計圖繪製在珍珠板上後進行切割，最後以保麗龍專用膠進行黏貼和組裝，而滾筒以直徑為 7cm 的圓和 3.5cm 的導風板組成，並於導風板 1.5cm 處製作出 45°夾角，讓空氣更容易在導風板中更順利移動也更容易造成高低壓區，使飛機上升氣流增加，以下為小飛機模型的滾筒圖:



圖 14 小飛機模型旋轉翼

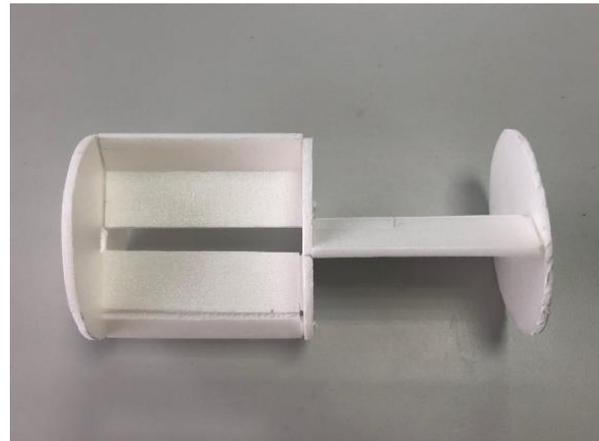


圖 15 小飛機模型旋轉翼成品圖

機身與滾筒都製作完成後，將其組裝製成小飛機模型，模型的旋轉翼設計總長約為 36cm、飛機機身長度約為 24cm。

小飛機模型因礙於沒有動力裝置，所以只能以手擲的方式進行試飛，測試過後發現，小飛機模型的滾筒雖然能夠轉動，但設計時我們將滾筒與支撐桿黏在一起，導致飛機運行過程

中摩擦力過大，飛行特性差，飛不遠，也飛不久，因此，我們決定修改原先旋轉翼飛機上的設計，將滾筒與支撐桿分開，使滾筒旋轉更順利，此外，我們一開始製作的支撐桿是使用木桿，導致機翼支撐架過重，將飛機往下壓，在和老師討論過後我們將旋轉翼支撐桿改為碳纖維棒，不只減輕重量，也大大降低旋轉翼和桿子之間的磨擦力，使得旋轉翼更容易地轉動，如圖 16、圖 17 為小飛機模型試飛圖：



圖 16 小飛機模型試飛圖

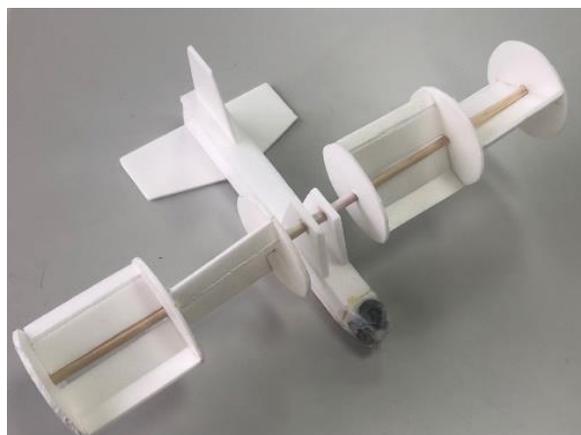


圖 17 小飛機模型成品圖

3.旋轉翼飛機製作

在經過小飛機模型測試後，我們利用手繪方式，將所設計的飛機比例繪製於圖紙上，再將圖紙依比例放大至珍珠板上，進行切割及黏貼組裝飛機，本次實驗用機身經過自行實驗測試，找出最適合此飛機的旋轉翼長度及飛機機身尺寸，經過多次改後，最後製成旋轉翼飛機。

初始的旋轉翼飛機的設計，旋轉翼總長約為 100cm、飛機機身長約為 83cm，機身寬度寬，雖然使飛行速度慢，但使飛行時的安全性增高，相較於小飛機模型，也增加了水平尾和垂直尾的舵片，如圖 18、圖 19 所示為初始飛機手繪比例圖

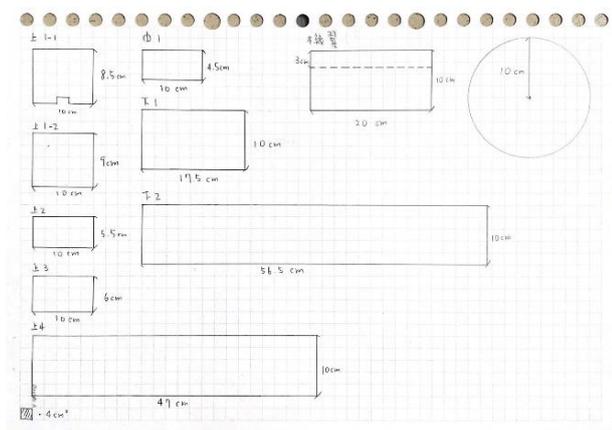


圖 18 旋轉翼、上、下機身初始設計圖

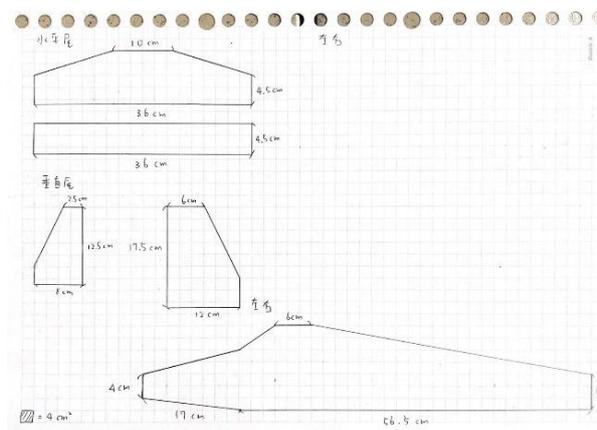


圖 19 垂直尾、水平尾、飛機側身初始設計圖

將初始設計圖繪製完成後，將設計圖內所需的板材依比例放大繪製至 5mm 的珍珠板上，並進行切割，將所有板材加以黏貼組合。



圖 20 繪製飛機機身



圖 21 黏貼飛機板材

如圖所示為滾筒與旋轉翼飛機機身組裝圖，將旋轉翼與機身進行組裝，組裝完成後，我們從手持飛行器跑步的過程中，發現當旋轉翼旋轉的時候，會有明顯的上升力，所以我們可以確定當有螺旋槳帶動往前拉力的時候，旋轉翼必定會產生向上的升力，使旋轉翼飛機順利飛行。

原先加上螺旋槳後我們即將至室外進行試飛，但在室內上電啟動螺旋槳後發現，因為螺旋槳的風吹方向和旋轉翼轉動方向互相牴觸，所以必須將旋轉翼部分架高，或者讓螺旋槳改到機翼後側，才有辦法使導風板和螺旋槳不受到對方的干擾。機身部分也必須調整，機身做的太大，導致飛機整體重量非常的重，在飛行時會受到風阻和重量的影響，決定更改設計。

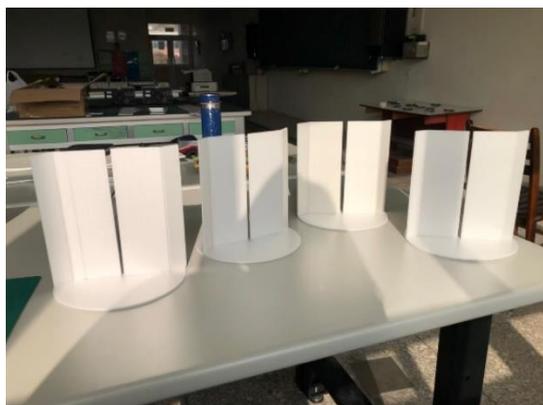


圖 22 旋轉翼

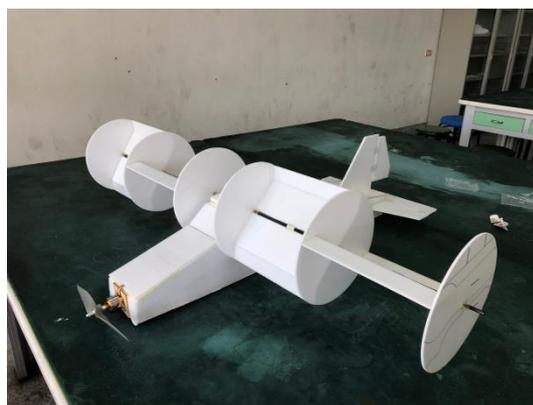


圖 23 初始旋轉翼飛機完成圖

4. 導風板片數對於穩定度之研究

實際飛行過後，我們發現一開始在設計飛機時因導風板片數只有兩片，導至於旋轉翼旋轉時，會因氣流不穩定而讓飛機會產生上下抖動的情況，對於飛機安全是一件非常危險的事，所以我們測試了各種不同片數導風板對於飛行效果的影響，並從中找出最理想的數據，讓飛機能夠保持最穩定的飛行，且大大提升了飛機的安全性及行穩性。

我們用壓克力板製作出了一個模擬旋轉翼滾動箱，並加裝風扇，當風扇轉動時帶動旋轉翼滾動，產生馬格努斯效應，因此旋轉翼向上滾動，並記錄下:抖動幅度、轉動速率、上升時間，做為參考依據找出最適合的導風板數量。

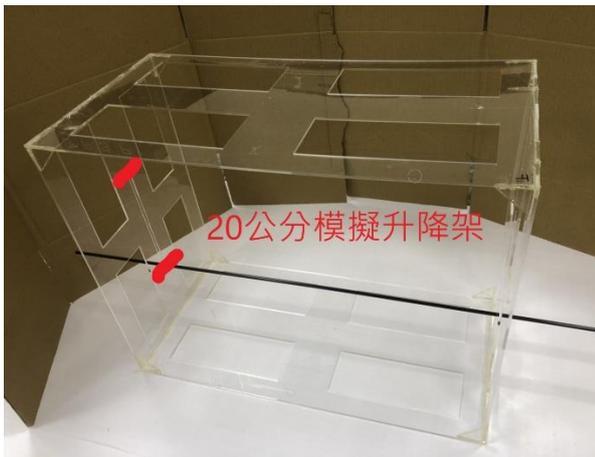


圖 28 模擬旋轉翼滾動箱

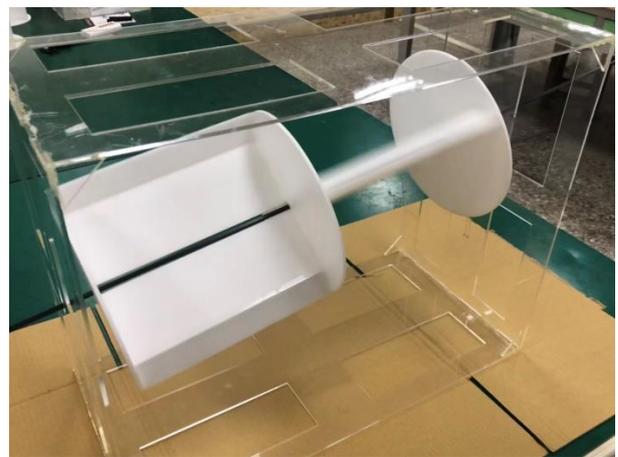


圖 29 2片導風板轉動效果

導風板因抖動造成不穩定的效果

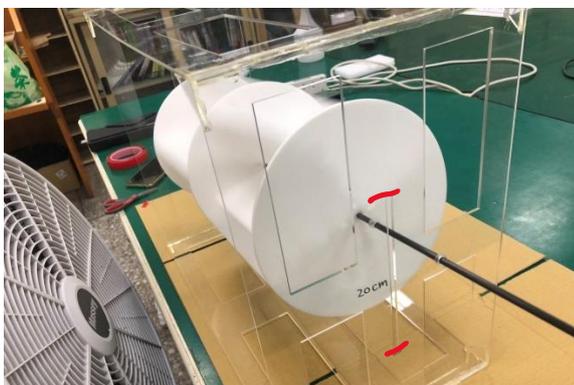


圖 30 4片導風板轉動效果

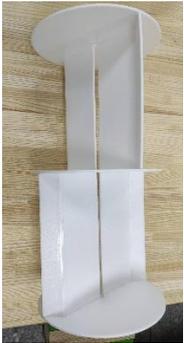
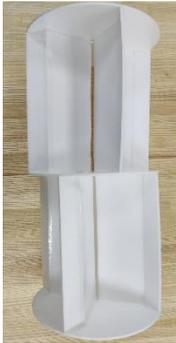
最飛行穩定度及上升效果最為理想



圖 31 6片導風板轉動效果

導風扇因重量過重，無法升至最高點

表 2 導風板片數對於穩定度之研究表格

導風板片數	2 片	3 片	4 片	6 片
實驗數據分析				
重量	26g	33g	38g	53g
長度	40cm	40cm	40cm	40cm
寬度	20cm	20cm	20cm	20cm
每片導風板角度	180°	120°	90°	60°
抖動幅度	7.5mm	4.5mm	0.2mm	0.2mm
轉動速率	最慢	較快	最高	中
上升 20cm 時間	2.45s	2.74s	5.68s	無法上升
總結	2 片導風板在製作來說相對容易重量也最輕，但在穩定度上遠不及其他 3 種導風板。	雖然轉動速率較高，重量也較輕但在穩定度方面仍比 4 片導風板低，所以無法採用。	不管是在轉動速率及抖動幅度上，都優於其他三種導風板，所以採用此最佳方案。	在測試時，發現重量使導風板的轉動速率降低，雖然平穩但因轉動速率較慢所以無法適用。

在討論及測試過後，我們發現 4 葉片導風板，為最佳的旋轉翼選項，因此我們以 4 葉片導風板繼續進行之後的研究，讓無人機能夠在天空中保持更加穩定更安全的飛行狀態。

5.旋轉翼飛機的優勢

不同類型及樣式的飛機都存在著不同的優勢，也存在著不同的劣勢，目前沒有辦法找到任何一種十全十美的方法製作飛機，當我們在研究旋轉翼安全飛行器時，特別以此進行研究，整合出了不同種類的無人飛機及提出改善關鍵，並發揚旋轉翼安全飛行器和其他種類飛機相較起來所存在的優勢，以下是我們的研究比較表：

表 3 不同無人飛機效能比較表

名稱	固定翼飛機	亞拓中型多軸無人機	旋轉翼緩速安全飛行器
效能比較			
飛行速度	最快	最慢	介於兩者之間
滯空能力	無法停滯於空中	可在空中停滯	可利用旋轉翼在空中超慢速飛行
續航力	約 10 分鐘	約 8 分鐘	約 15 分鐘
抗風能力	抗風能力中等	抗風能力較差	主旋翼旋轉本身具陀螺效應，可自動平穩方向
跑道需求	約 12 公尺	無須跑道可垂直起降	約 5 公尺
總結	在飛行速度上，優於旋轉翼飛機，但跑道需求是固定翼飛機最需要面對的問題，使得飛機無法在小城市裡自由的起降。	在抗風能力方面較差，只要有風就容易抖動，雖然有垂直起降的效果，如果需長時間作業續航力是很重要的關鍵。	因起飛降落和飛行時，不需提供太大的能量，所以可使飛機提升續航力，穩定的在空中飛行，在飛行時還不需要長距離跑道就能起飛及降落。

(二) 電子設計元件

1. 電路圖設計

圖 32 為本次電子電路設計圖，首先將電池電力傳送至電變器後，再接收至 RG611B 接收器，然後再接上電子加速度計陀螺儀，偵測方向後再由伺服馬達進行自動調整。

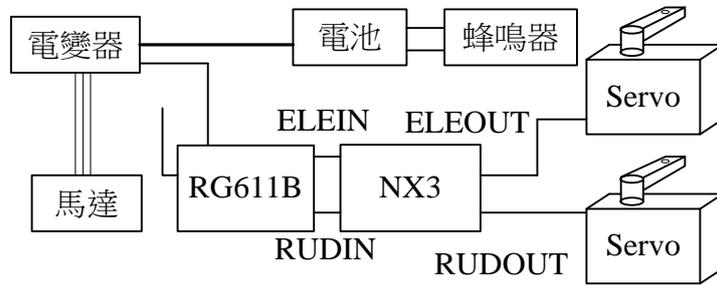


圖 32 飛機內部電子電路圖

圖 33 為此次專題製作飛行前安全性測試流程圖，在每一次的飛行前都務必要再次確認設備是否正常，如果電池電壓過低，將會立即停止飛行測試，如果電池電壓正常，才能進行下一步的測試。

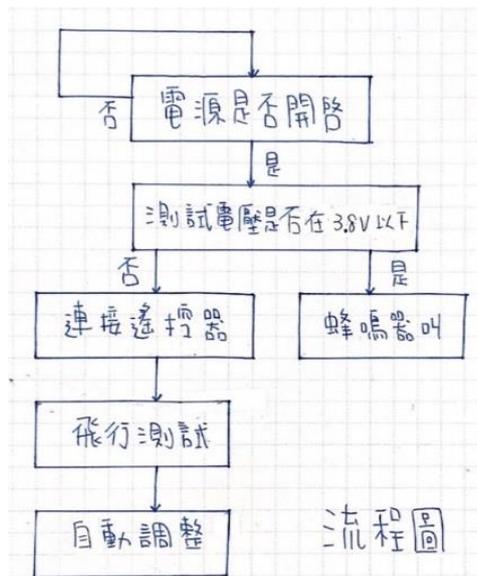


圖 33 飛機電子安全測試流程圖

2. 飛行保護裝置

當飛機在空中飛行時難免會遇到風、鳥類撞擊等因素影響飛機狀態，為了增加飛機飛行的穩定度及平衡性，我們在飛機上加裝電子加速度計陀螺儀，將接收器及 NX3 接在輸入端，

再將尾翼線路接上輸出訊號，加裝此元件後可使飛機機進入自動調整飛行狀態，使飛機保持在最平穩的飛行姿勢。



圖 34 電子加速度計陀螺儀

我們在室內以靜態的方式測試電子加速度計陀螺儀的偏移方向是否正確，接著再用遙控器調整伺服馬達的偏移量，測試完成後將電路加裝至無人機上。

靜態實驗結果:

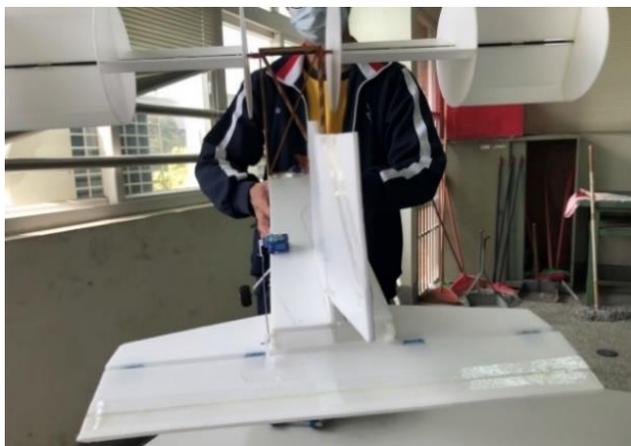


圖 35 飛機向左偏移時，垂直尾自動向右

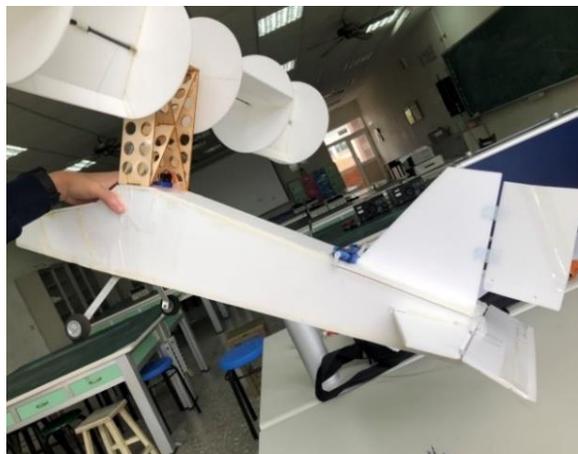


圖 36 飛機向上偏移時，水平尾自動向下

動態實驗結果:



圖 37 飛行時受到左側風影響導致機身傾斜



圖 38 啟動 NX3 能自動校正為穩定飛行

3.電子警報裝置

當飛機在空中飛行時會遇到，電池沒電、訊號接收不良等問題，影響飛機飛航安全及發生意外的可能性，所以我們在飛機上裝上電子感應設備，偵測飛機電池總電壓小於 3.8V 時，蜂鳴器自動啟動，發出聲響提醒飛行者必須更換電池，以免造成安全的疑慮。

設定電壓量測角位為 A0 接上電池，量測電池電壓，每一秒偵測一次，當測量結果電壓小於 3.8V，蜂鳴器發出聲響代表電池電壓過低，必須降落不能再繼續飛行。

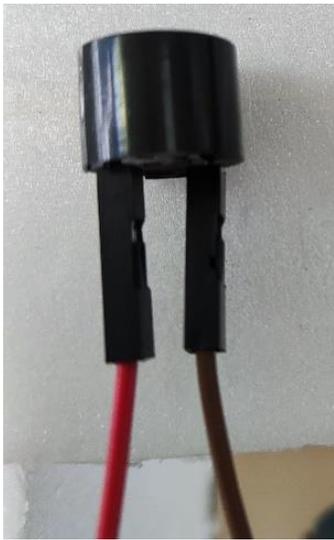


圖 39 蜂鳴器

```
float temp;
void setup()
{Serial.begin(9600);
pinMode (12,OUTPUT); }
void loop()
{
  int V1 = analogRead(A0);
  float vol = V1*(5.0 / 1023.0);
  if (vol == temp)
  {temp = vol; }
  else
  {
    Serial.print(vol);
    Serial.println(" V");
    temp = vol;
    delay(1000); }
  if(vol<=3.8)
  {
    digitalWrite(12, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(12, LOW);}
}
```

圖 40 蜂鳴器程式設計圖

肆、研究結果

此作品將電子設備及電子感測器安裝到自製的旋轉翼飛機上，和前人在設計飛機和製作飛機時方法大不相同，改善了許多人類一直無法破解的問題，在安全性能及飛機耗能上也有著更加安全、更加節能的效果，能使飛機的運用變得更加廣泛，以下是本研究實驗結果：

- 一、利用螺旋槳及旋轉翼將飛行起降距離縮短至 6 公尺內。
- 二、當飛機失去動力時能夠依靠旋轉翼轉動，完成緩速降落(下降率約 0.5m/s)。
- 三、飛行時使用電子加速度計陀螺儀使飛機飛行更加穩定。
- 四、設置電壓異常警報裝置確保飛航安全。
- 五、證實馬格努斯效應，能讓物體轉動時產生向上升力。
- 六、尋找出最適合的導風板葉片數，在安全及穩定性大幅提升。
- 七、在起飛和降落時不再需要大量耗能也能夠完成安全的起降效果。

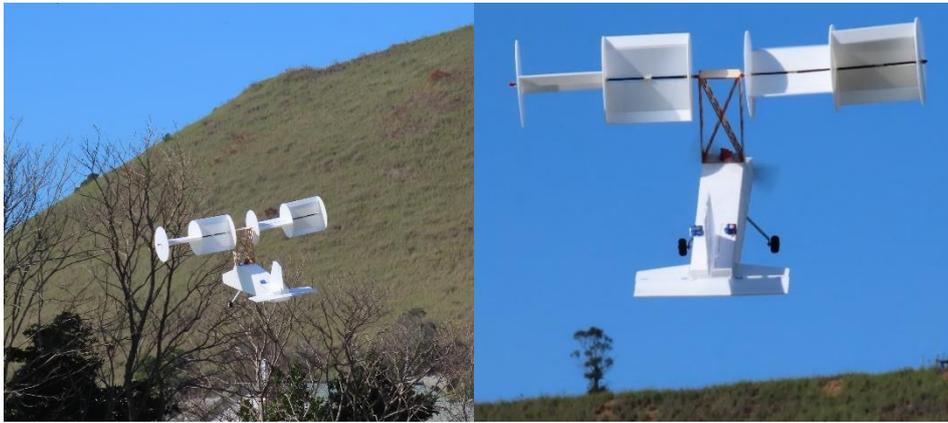


圖 41 飛機實際飛行圖

伍、討論

一、手擲模型製作

在製作紙杯飛行實驗的製作過程中，我們將橡皮筋纏繞在紙杯上在彈射實驗過程中，常因人為纏繞誤差所導致飛行方向及力量大小不一致，使得誤差甚大，因此我們改正了以下幾點實驗過程：

- (一) 將紙杯做上記號，讓橡皮筋每次纏繞圈數固定為兩圈。
- (二) 固定使四條橡皮筋纏繞在滾筒上，控制施力大小一致。
- (三) 固定測試飛行仰角平行地面。

經過這三項調整過後，紙杯飛行實驗數據變得更加準確，不太會再出現誤差的情形，讓我們在接下來的旋轉翼設計更加準確。

二、旋轉翼無人機製作

當我們進行測試最初版本的旋轉翼飛機時，啟動馬達之後飛機向前移動，但旋轉翼無法順利轉動，在進行問題探討後我們發現螺旋槳產生風向會阻礙主旋翼自動旋轉的方向，因此我們將所有飛機製作過程重新修正，列出以下兩種修正辦法：

- (一) 將旋轉翼架高，讓旋轉翼的轉動不受到螺旋槳風向的影響。
- (二) 將螺旋槳設置於旋轉翼後側，使向後得風無法對旋轉翼造成影響。

經過我們的實驗及討論過後，我們決定使用第一個方法將旋轉翼架高，避開螺旋槳風力的影響。而第二個方法會導致飛機重心向後偏移使無法飛行，難以校正，故沒有採用此方法。

三、綜合討論

經過最初的紙杯飛行模擬之後，我們利用飛行時間最長和飛行距離最遠的兩項數據，設計出了飛機模型的旋轉翼比例。但在經過等比例放大旋轉翼飛機模型之後，我們發現在飛行性能上和預期的有些落差，主要在於主旋翼的導風板製作上有些許誤差，以及支撐轉動的連接處是使用珍珠板，增加了很大的摩擦力，導致旋轉時無法非常順暢。所以，最後在製作旋轉翼飛機的各部分零件時，我們特別仔細製作模型及校正，減少誤差的產生，最終完成旋轉翼飛機並接妥電子控制系統，成功完成測試飛行任務。

陸、結論

此次旋轉翼飛機研究我們解決了一般飛機飛行時需要長距離起降問題，不會因為場地跑道不足，而造成無法起飛的困擾，也不必擔心其他外在環境造成飛機呈現平衡不穩的問題，更重要的是大大的降低了飛機所需要的耗能，為地球能源消耗更盡了一份心力，本次研究旋轉翼飛機，不只是打破了人類對飛機的思考方式，我們也成功完成了旋轉翼飛機的製作，希望在未來人類能夠實現製造出既安全又可靠的飛行載具，讓人們在這狹小的都市裡，也能利用短距離起降的旋轉翼飛機前往任何想去的地方。

柒、參考資料及其他

高瞻自然科學教學資源平台洪連輝(2009年06月26日)。白努利原理。

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress>

壹讀(2018年03月)。扇翼機突破傳統飛機原理，可垂直起降，更省能耗載重更多。

<https://read01.com/zh-tw/RnLL3J5.html#.YgciON9By3B>

馬格努斯效應(2020年12月19日)。

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A9%AC%E6%A0%BC%E5%8A%AA%E6%96%AF%E6%95%88%E5%BA%94>

每日頭條(2018年01月16日)。飛機重心。

<https://kknews.cc/zh-tw/news/5xkoxl8.html>

輕航之家(2019年11月21日)。固定翼，旋翼機，直升機哪個更好飛。

https://twgreatdaily.com/JSoEwG4BMH2_cNUgj76k.html

ETtoday 新聞雲(2012年7月23日)。「滾筒式飛機」靠氣流差升空不科學但真的能飛。

<https://www.ettoday.net/news/20120723/77641.htm>

每日頭條(2018年8月1日)。滾筒風扇改裝的飛機，突破傳統飛行原理。

<https://kknews.cc/zh-tw/digital/apl53px.htm>

【評語】 052305

本作品探討旋轉翼飛機是否能成為短距離起降之創新飛行器。團隊從課堂所學進行發想，從理解旋翼機原理，循序漸進的製作樣品和進行數據測試，作品對於研究過程和方法說明清楚，並對所設計的飛機進行實測，找出較佳的飛機模型黃金比例，進行實驗數據分析，並完成所設定目標，充分展現科學探究的精神，值得鼓勵。建議如下：

1. 作品中有測試不同大小的旋翼機，並發現某些特性在等比例縮放後效果不如預期，建議探討背後的成因。
2. 飛行器的耗能比較應擬定相關指標。
3. 飛行器的體積與重量(酬載)與旋轉翼的設計可進一步探究。
4. 飛行本身是多維自由度的運動，設計過程也可評估其它自由度運動的生成方式。

作品簡報

The logo is circular with a light blue background. It features a central graphic of a microscope in green and orange, with a yellow cross above it. The text "National Primary & High School Science Fair" is written in a light blue arc at the top, and "中小學科學展覽" is written in a light blue arc at the bottom.

旋轉翼緩速安全飛行器

組別：高中職組
科別：工程學科(一)

前言

研究動機

在多元選修-飛行原理的課堂上，老師向我們介紹了許多飛機，我們發現了旋轉翼飛機相較於其他飛機存在著許多的優勢，也許是因技術問題而沒有繼續研究，因此無法在市面上有更多的應用，所以我們以旋轉翼飛機為題希望讓更多人了解它的優勢及對未來的應用發展。

研究目的

使飛機不再受到跑道限制，可以到任何地方降落。

讓飛機不受到外力影響時，能夠使其穩定飛行，不受外力干擾飛行狀態

在發生意外時，能利用旋轉翼之特性，使飛機能夠穩定緩速下降

利用電子感測裝置，讓民眾更相信飛機的安全性

減少飛行期間所需大量耗能，達到環保節能的目標



研究方法-應用原理

旋轉翼飛機

旋轉翼飛機前進時帶動導風板，產生**向下、向後**推進氣流，使飛機前進及爬升

飛機重心

飛機重心應保持在機身約**1/3**處保持平衡穩定

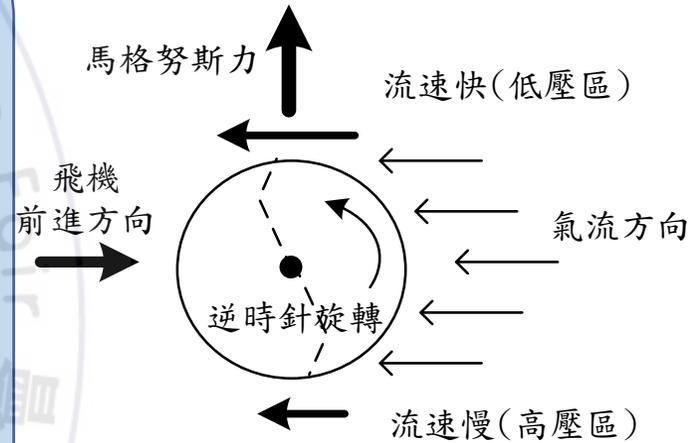


馬格努斯效應

物體旋轉可帶動周圍流體旋轉，使物體上側的流體速度增加，下側流體速度減小，為滿足**質量守恆定律**，因此高壓區氣流會往低壓區前進

$$F = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_L$$

F=升力
 ρ =流體密度
v=速度
A=橫截面積
 C_L =升力係數



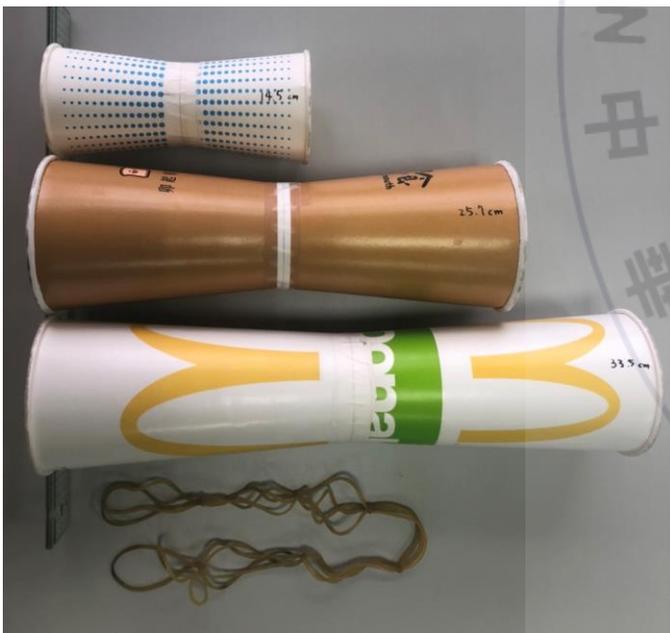
馬格努斯效應圖



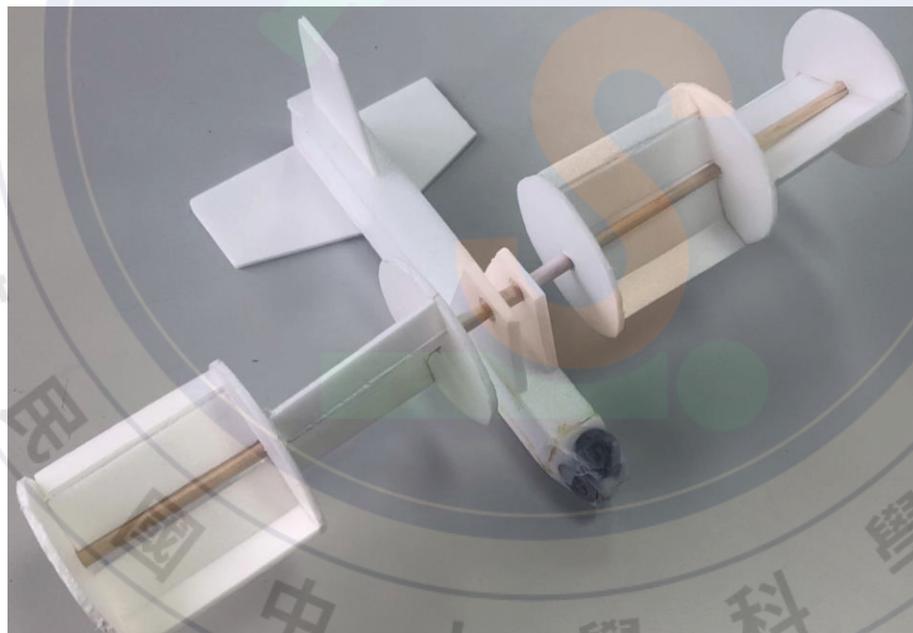
導風板

研究方法-流程及實驗

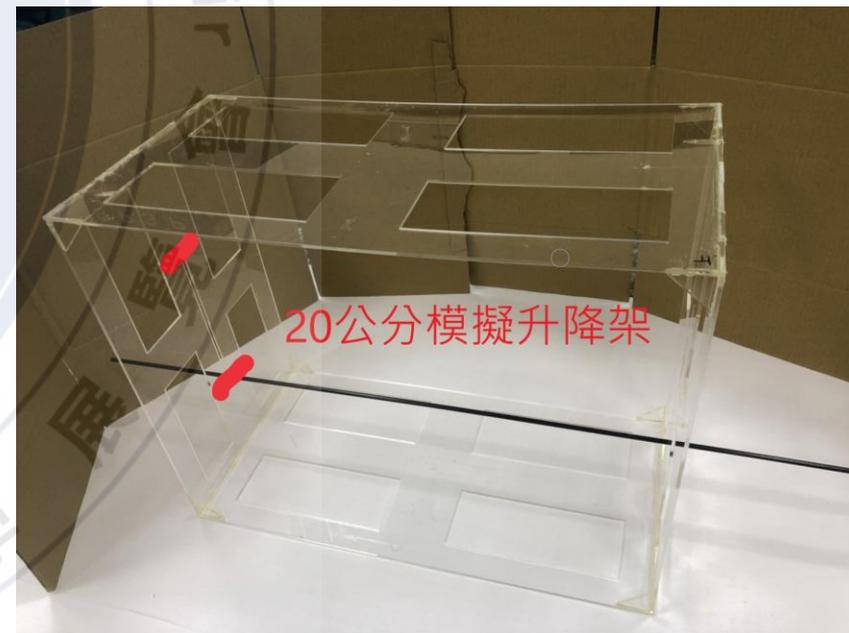
研究簡化流程



紙杯氣流實驗



模擬機實驗

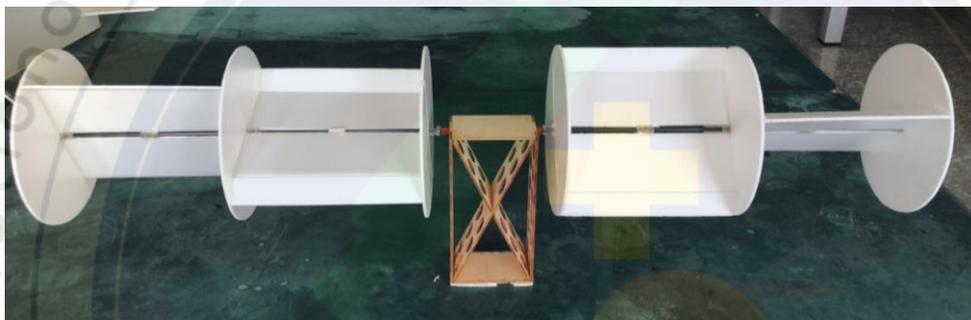


旋轉翼爬升箱實驗

研究方法-內容主體

旋轉翼緩速安全飛行器

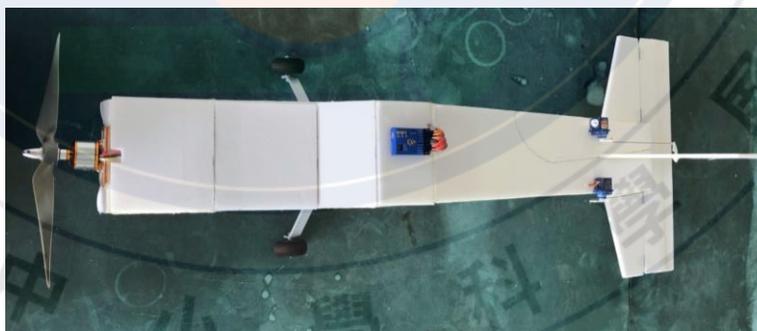
1. 旋轉翼設計
2. 機體設計
3. 重心配置
4. 阻力配置



旋轉翼設計100cm

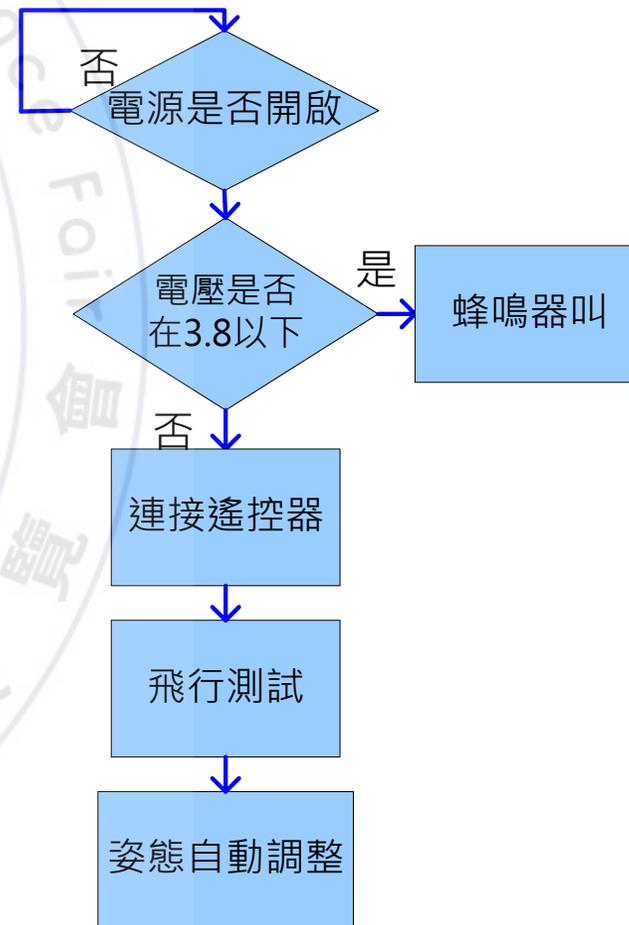


飛機主體



機身設計87cm

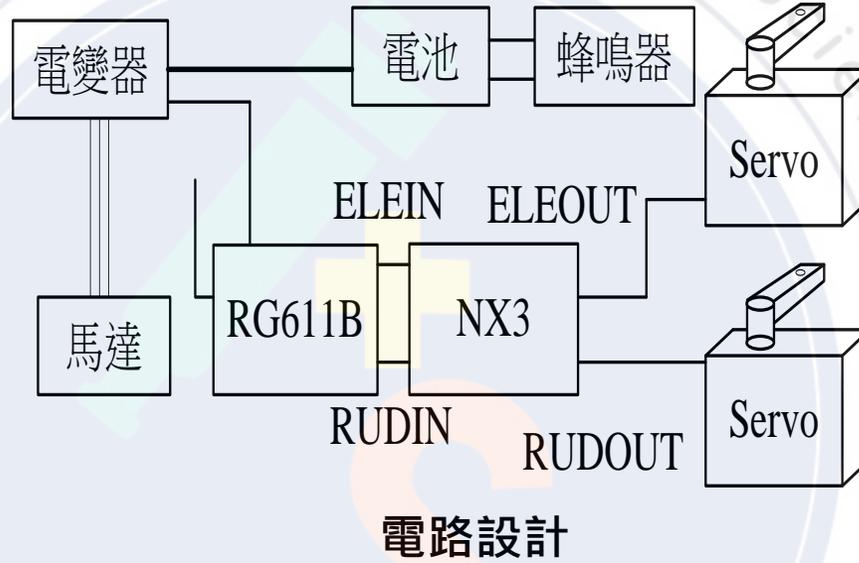
電子安全測試流程圖



研究方法-內容主體

電子通訊及感應安全設備

1. 電子通訊連接系統
2. 2.4G訊號控制
3. 電壓警報提醒裝置
4. 加速度計陀螺儀穩定裝置
5. 研究螺旋槳轉速

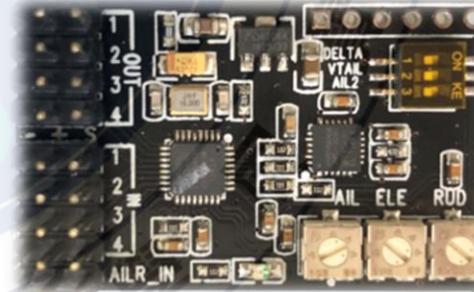


1000K轉無刷馬達

```
float temp;
void setup()
{Serial.begin(9600);
pinMode (12,OUTPUT); }
void loop()
{
  int V1 = analogRead(A0);
  float vol = V1*(5.0 / 1023.0);
  if (vol == temp)
  {temp = vol;      }
  else
  {
    Serial.print(vol);
    Serial.println(" V");
    temp = vol;
    delay(1000);  }
  if(vol<=3.8)
  {
    digitalWrite(12, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(12, LOW);}
}
```



加速度計陀螺儀自動保持穩定

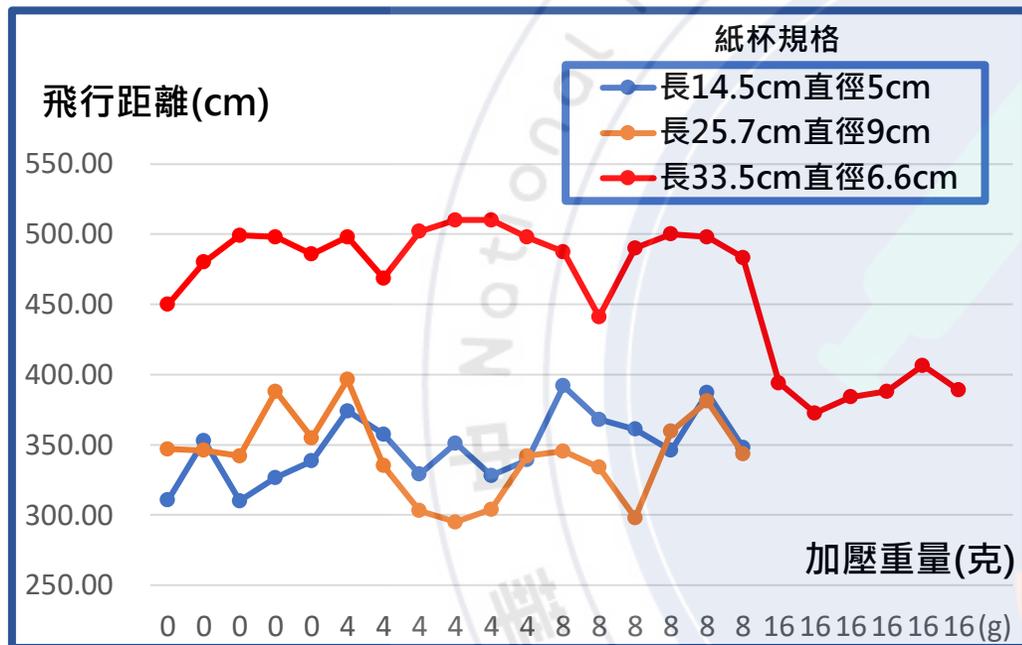


加速度計陀螺儀

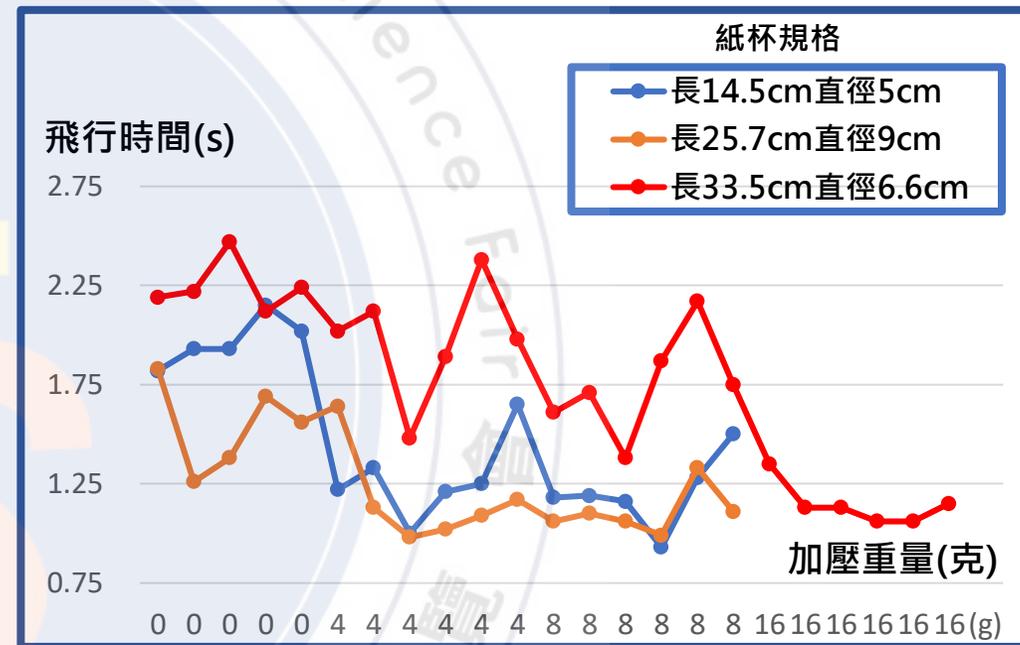
電池3.8伏特以下發出聲響警告

研究結果-紙杯氣流實驗

比較改變紙杯長度、寬度、重量探討飛行距離及時間離找出旋轉翼**黃金比例**



飛行距離折線圖



飛行時間折線圖

以手動彈射紙杯測出飛行時間及距離。

在分析完成後，發現長度**33.5cm**/直徑**6.6cm**的紙杯飛行效果最好。

紙杯長寬比約為**5:1**因此以此數據做為旋轉翼展弦比。

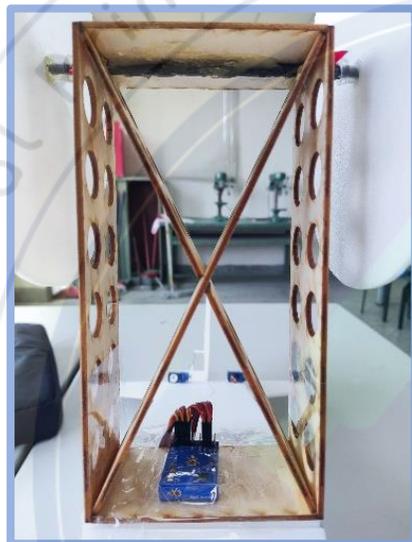


紙杯彈射畫面

研究結果-旋轉翼穩定度

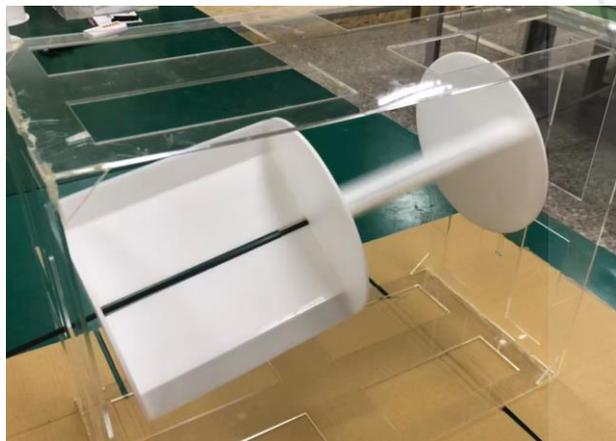
旋轉翼支架

飛行後發現，螺旋槳和旋轉翼轉動風向牴觸，因此增加此支架，使旋轉更穩定



旋轉翼20cm支撐架

導風板對穩定度之影響



2片導風板兩邊上升時間不同步

4片導風板效果最佳

導風板數量	2片	3片	4片	6片
數據分析				
重量	26g	33g	38g	53g
長度	40cm	40cm	40cm	40cm
寬度	20cm	20cm	20cm	20cm
抖動幅度	7.5mm	4.5mm	0.2mm	0.2mm
轉動速率	最慢	較快	最高	中
上升20cm時間	2.45s	2.74s	5.68s	無法上升
總結	重量最輕但在穩定度方面表現不佳	轉動速率較高，重量較輕但在穩定度仍不足	轉動速率及抖動幅度上，都優於其他導風板	重量使導風板的轉動速率降低，雖平穩因轉動速率較慢

研究結果-不同飛機比較

根據三種飛機實際飛行過後得出以下結論:

名稱	效能比較	飛行速度	滯空能力	續航力	抗風能力	跑道需求	總結
固定翼飛機		最快	無法停滯於空中	約6分鐘	抗風能力中等	約12公尺	在飛行速度上，優於旋轉翼飛機，但跑道需求是固定翼飛機最需要面對的問題。
亞拓中型多軸無人機		最慢	可在空中停滯	約8分鐘	抗風能力較差	無須跑道可垂直起降	在抗風能力方面較差，只要有風就容易抖動，雖然有垂直起降的效果，如果需長時間作業續航力是很重要的關鍵。
旋轉翼緩速安全飛行器		介於兩者之間	可利用旋轉翼在空中超慢速飛行	約12分鐘	主旋翼旋轉具陀螺效應可自動平穩方向	約5公尺	因起飛降落和飛行時，不需提供太大的能量，所以可使飛機提升續航力，穩定的在空中飛行，在飛行時還不需要長距離跑道就能起飛及降落。

研究討論

問題：紙杯飛行實驗常因人為纏繞誤差所導致飛行方向及力量大小不一致～

解決方案:

- 將紙杯做上記號，讓橡皮筋每次纏繞圈數固定為兩圈。
- 固定使四條橡皮筋纏繞在滾筒上，控制施力大小一致。
- 固定測試飛行仰角平行地面。

問題：啟動馬達後旋轉翼無法順利轉動，我們發現螺旋槳產生風向阻礙主旋翼自動旋轉方向～

解決方案:

- 將旋轉翼架高，讓旋轉翼的轉動不受到螺旋槳風向的影響。
- 將螺旋槳設置於旋轉翼後側，使向後得風無法對旋轉翼造成影響。

問題：經等比例放大後，發現飛行性能和預期上有些落差，轉動連接處使用珍珠板，增加了摩擦力，導致旋轉時無法非常順暢～

解決方案:

- 將原本以美工刀切割的方式改成以雷射切割製作，使旋轉翼組合更加密合，誤差降至最低。

結論 參考資料

結論

- 進行導風板片數對於穩定度之研究，在導風板片數不同的情況下，我們發現**4片導風板**的旋轉翼轉動速率及抖動幅度上，都優於其他三種片數。
- 發現旋轉翼安全飛行器在**滯空能力、續航力、抗風能力**，及跑道需求上都存在相對的優勢。
- **解決飛機需要長距離起降問題**，不會因為場地跑道不足，造成無法起飛的困擾。
- 不必擔心其他外在環境造成飛機呈現平衡不穩的問題。
- 大大的降低了飛機所需要的耗能，為地球**能源消耗更盡了一份心力**。
- **主旋翼結構及旋轉穩定性較為複雜**。
- **飛行速度相較於固定翼飛機較慢**。

參考資料

- 每日頭條(2018年01月16日)。飛機重心。<https://kknews.cc/zh-tw/news/5xkoxl8.html>
- 輕航之家(2019年11月21日)。固定翼，旋翼機，直升機哪個更好飛。
https://twgreatdaily.com/JSoEwG4BMH2_cNUgj76k.html
- ETtoday新聞雲(2012年7月23日)。「滾筒式飛機」靠氣流差升空不科學但真的能飛。
<https://www.ettoday.net/news/20120723/77641.htm>