



軍 事 教 育

# 從手擲機製作 談航太科學

上校副教授 張政仁、副教授 梁燕祝

提

要

- 一、手擲機的構造雖然簡單，卻蘊含了許多航太科學的理論，本文從手擲機的設計及製作，引領讀者了解飛機設計的基本原理。
- 二、飛機涵蓋了氣動力設計、材料、結構，以及發動機、航電、飛操等系統，可以說是集合了人類最尖端的科技於一身。
- 三、航太科技不僅是國力的展現，更是帶動產業發展的火車頭。

## 壹、前言

翱翔藍天是自古以來許多人的夢想，1903年萊特兄弟實現了人類第一次的動力飛行之後，一百多年來，先進國家無不投入大量的經費與資源發展航太科技，如今航太科技不僅跨越了音速、征服了太空，航太科技的應用更深深的影響了我們的生活。即使航太科技日新月異，但反璞歸真，看著鳥兒在天空自由自在的飛翔，仍激起許多人內心嚮往藍天的夢想；摺紙飛機是許多人兒時的回憶，看著紙飛機在天空飛翔，雖只是短短的幾秒鐘時間，但卻滿足了許多人對飛行的渴望。

設計一架真正的飛機並非易事，氣動力設計、材料、結構，以及發動機、航電、飛操等系統，可以說是集合了人類最尖端的科技於一身才能造就一架先進的飛機；一架飛機從設計、製造、測試到量產約莫需要十年的時間，再加上相關專長的科學家發揮所長及團隊合作，以及雄厚的資金和資源的支持才可能達成目標。設計飛機需要具備深厚的專業知識，但萬丈高樓平地起，艱深的科學理論也需要從基礎入



門，本文主要的目的在於透過介紹手擲機的製作，深入淺出的介紹飛機設計原理，讓航太領域或飛行有興趣的讀者們能夠透過本文的介紹，一窺飛機設計的基本原理及飛行的奧秘。

作者近年參與了科技部的科普計畫，赴偏鄉推廣航太科學，教導學子們製作手擲機及水火箭，讓偏鄉的學子們有機會接觸、了解航太科學的基本原理，也因此激發作者去深入了解手擲機、水火箭設計和製作技巧的動機，希望透過此篇論文跟更多的讀者分享心得和經驗。

## 貳、手擲機製作原理介紹

談到飛行，鳥類可說是箇中高手，我們經常可以看到鳥兒為了捕捉獵物，或是躲避天敵的追殺而展現令人讚嘆的飛行技巧，如果說鳥兒是人類航空科技發展的導師一點也不為過，事實上現今的飛機有許多的設計都是從鳥類的身上所得到的靈感，或是模仿鳥類的構造而來的，手擲機的製作亦是如此，鳥類經過長時間的演化，造就重量輕、升力大及阻力小的身體構造，才得以輕鬆自在的飛翔，而這些演化的結果製作手擲機而言是非常重要的參考因素。

以下就就手擲機設計和製作的重點分別介紹：

一、重量要輕：由牛頓第二運動定律 $F=ma$  可知，相同的推力，重量愈輕加速度愈大，重量愈輕下沉率愈小，因此可以飛得更輕鬆，鳥類的演化已經告訴我們這個道理；如果大家有特別留意就會發現，能夠在天空翱翔的鳥兒，其骨骼大都已演化成空心的，羽毛更是輕到幾乎沒有重量，這樣的結果可以讓它們可以輕鬆的、長時間的在空中翱翔；手擲機要能夠增加滯空的時間，重量輕是不可或缺的條件之一，因此，巴爾沙木或珍珠板就是製作手擲機極佳的材料，這些材料皆具有重量輕、打磨容易的特性，適合用來製作機翼及尾翼，機身的部分則通常會使用白楊木條，主要是考量到材料的強度，但重量稍微重一些，鉛片則

是用來配重，以提高手擲機的穩定性，如圖 1 所示。



圖1 手擲機所需材料



## 二、升力要大：鳥兒能夠在天空自由

自在的翱翔，光靠重量輕是不夠的，還要能夠產生升力，仔細探究鳥翼的剖面可以發現，其截面的上表面曲度比較大，下表面的曲度比較小，當氣流流過上翼面時會被加速，壓力因而減小，氣流流過下翼面時，氣流被加速較少或甚至減速，壓力因而較大，上下翼表面的壓差就成為升力的主要來源，如圖2所示。手擲機機翼的截面與鳥翼截面類似，但考量到機翼製作的時間和難度，通常下翼面保持平面，上翼面則以砂紙磨成曲面形狀，以增加氣流通過上下翼面時的壓差，提高升力，如圖3所示；此外，為了在升力和重量之間取得最佳的平衡點，機翼和尾翼材料厚度的選擇上至為重要，由於手擲機速度慢，翼面需要產生比較大的升力才能夠增加滯空時間，因此，如果機翼的厚度太薄，雖然可減輕重量，但上翼面的曲度減少，上下翼面的壓差亦隨之減少，升力當然也就跟著減少，造成飛機的滯空時間縮短，但如果機翼的厚度太厚，雖可增加上翼面的曲度，但機翼的重量隨之增大，飛機的下沉率提高，飛機的滯空時間亦無法獲得提升，因此，選擇適當的機翼材料厚度很重要。

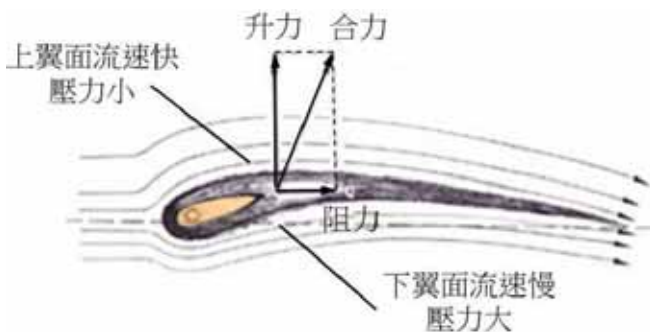


圖2 鳥翼剖面示意圖<sup>[1]</sup>

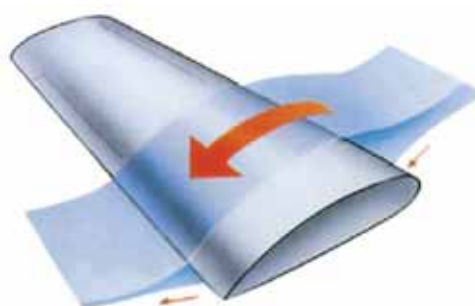


圖3 機翼剖面示意圖<sup>[1]</sup>

## 三、阻力要小：

阻力大小對於飛行亦具關鍵的地位，因為阻力增加，速度就跟著減少，速度減少又造成升力下降，可謂牽一髮而動全身，因此以升阻比來評估一架飛機的空氣動力效率更為客觀；為了減低阻力，使飛行更輕鬆，鳥類的身體構造早已演化成流線型。阻力看似一個力，但其實它的成份很複雜、來源很多，因此在設計和製作手擲機之前必須先了解阻力的結構，才能夠對症下藥，有效的降低阻力，但又不至於降低飛機性能。阻力主要可分為下列五種類型，分述之：

(一) 摩擦阻力：空氣具有黏性，當空氣流經物體表面時，受到黏性的影響會產生摩擦阻力，而物體表面的粗造度是影響摩擦阻力的主要原因。

(二) 形狀阻力：恰如其名，此阻力與物體的形狀有密切的關係；形狀阻力的來源



是因為流體流經物體時，物體迎風面與背風面的壓力分佈差異所造成的阻力，鈍形體通常會產生較大的形狀阻力，如直立的平板、方柱、圓柱等，也難怪每次颱風過後總會有許多樹木不支倒地，一部分原因是因為圓形的樹幹會產生很大的形狀阻力。

(三) 干擾阻力：此阻力是大家比較陌生的名詞，佔飛機總阻力的比例不算高(約佔幾個百分比)，但對於斤斤計較的飛機來說，減低阻力不僅可提高性能，更可省油(錢)；那干擾阻力到底是如何產生的呢？以機翼和機身為例，假設機身單獨的阻力為1，機翼單獨的阻力亦為1，但當二者組合在一起的時候，其阻力會大於2，原因在於機身與機翼接合處的氣流會受到干擾或擠壓，使得該處產生小擾流，因而產生額外的阻力，此即為干擾阻力。

(四) 誘導阻力：飛機產生升力的主要來源是因為機翼上、下表面的壓差所造成，下翼面流速較慢，因而壓力較大，上翼面流速快，因而壓力較小，在靠近翼尖處，下翼面氣流除了往下游流動之外，還會往上翼面翻動而形成翼尖渦漩流，進而產生誘導阻力，並造成飛機的升力減少，強勁的翼尖渦漩流更可能影響後方飛機的飛航安全。要減低誘導阻力目前有兩種主要方法，包括增加機翼的展弦比及在翼尖裝置翼端帆。

(五) 震波阻力：飛機在超音速情況下，比空氣傳播聲音的速度還快，因為速度實在太快了，當氣流碰到飛機之前毫無預警，氣流流動方向無法提前反應，使得無數的聲波疊加在一起而形成強烈的壓力波，稱之為震波，伴隨產生強大的阻力稱之為震波阻力。超音速飛機大都具備尖形的機頭、細長流線的機身及薄機翼等，都是為了減低震波阻力。

有了上述的介紹之後，相信讀者對於阻力的成分和來源已有相當的了解，那到底要如何設計才能減低手擲機的阻力呢？這應該是大家想要進一步知道的答案，首先我們要了解手擲機的阻力結構中包含了哪些類型的阻力？由於手擲機是低速的飛機，因此不會有震波阻力的存在，在剩下的四種類型阻力中，要減少摩擦阻力，則須讓手擲機各部位的表面儘量光滑；要減少形狀阻力，則須讓手擲機的外型儘量保持流線；要減少干擾阻力，則須讓手擲機的外形儘量簡單，減少不必要的干擾；要減少誘導阻力，則需要適當的機翼展弦比。

四、穩定性要好：穩定性是指一個系統(或物體)受到外力的干擾之後，系統回復到平衡狀態的趨勢。穩定性飛機的操控之間有著密不可分的關係，然而真正的飛機來說並非設計的愈穩定就愈好，因為穩定性愈好代表著飛機的靈活度愈差，因此不同功能的飛機，如教練機、民航機、運輸機、戰鬥機等，在穩定性設計



上有很大的差異。就手擲機而言，正向或負向穩定性對手擲機的飛行具有關鍵的影響力，因為手擲機並無控制面，且手擲出之後就得自力更生，要面對側風或亂流的干擾，因此穩定性就顯得格外的重要，以下就影響手擲機的俯仰運動、滾轉運動及偏側運動穩定性的重要因素作一探討：

(一) 俯仰穩定性：所謂俯仰運動是指沿著飛機橫軸（兩側機翼的連線）旋轉的運動，除了水平尾翼具有平衡的作用之外，飛機升力中心與重心之間的相對位置是影響俯仰穩定性最重要的因素；如果重心位置在升力中心之前，當飛機受到俯仰方向的外力干擾時，飛機本身會回復到平飛狀態的趨勢，尤其當飛機攻角過大失速的時候，由於重心在升力中心之前，飛機失速時機頭會有往下壓的趨勢，很容易就可以將飛機失速情況改善，避免失速情況繼續惡化，此為正向穩定性；反之，如果重心位置在升力中心之後，飛機的俯仰穩定性就會變得很靈敏，飛行員必須讓飛機隨時保持在平衡狀態附近，飛機一旦離開平衡點太遠，例如進入失速狀態，飛機很難再回復到正常的平衡狀態，此為俯仰的不穩定設計；當重心位置與升力中心位置重疊時稱之為俯仰的中性穩定設計。以手擲機而言，如果俯仰運動的穩定性為負向時，常會因氣流擾動使飛機失速，正向穩定設計則是因為下沉率較大而使得飛機的滯空時間受限，因此，手擲機的俯仰穩定性以中性設計為佳，即重心位置與升力中心位置重疊。

(二) 滾轉穩定性：所謂滾轉運動是指飛機沿著縱軸（機頭到機尾的連線）旋轉的運動；影響滾轉穩定性的主要因素有兩個：

1. 機翼上反角：當飛機受到外力干擾而傾斜一邊時，機翼上反角會使得下傾側的機翼升力較上傾側機翼來得大，因而產生一讓飛機回復左右平衡的力矩，如圖4所示，此為滾轉正向穩定設計；反之，如果機翼為下反角設計，當飛機受到外力干擾而傾斜時，飛機不但無法恢復左右平衡，反而會造成飛機加速滾轉，此為滾轉負向穩定設計。以手擲機而言，因無控制面可修正外力的干擾，因此，正向的滾轉穩定性設計是必要的，因為滾轉運動

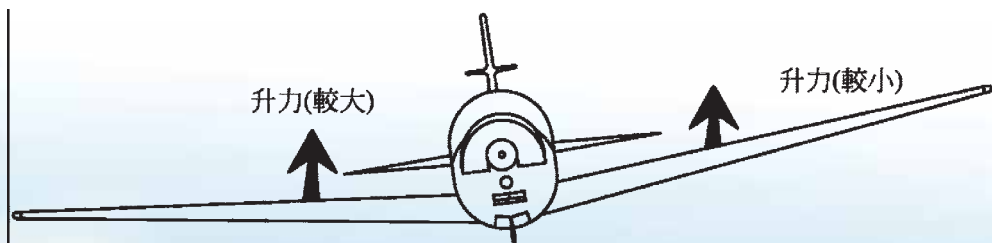


圖4 機翼上反角示意圖<sup>[2]</sup>

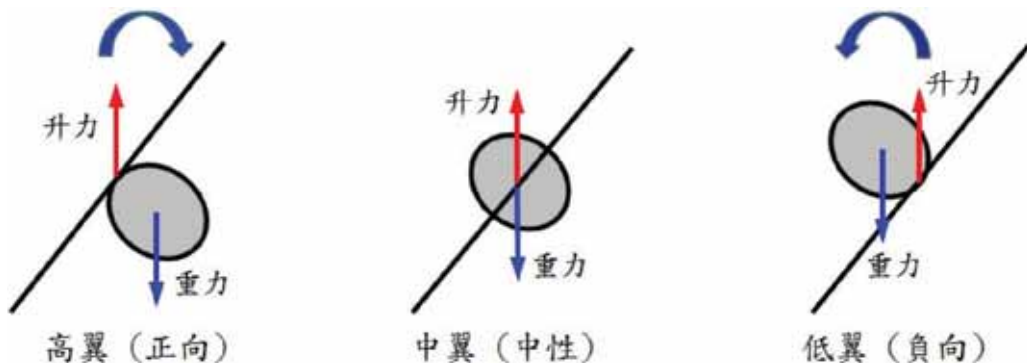


圖5 機翼高低位置影響滾轉穩定性的示意圖

會誘發偏側運動，如果滾轉穩定性不好，手擲機受到外力干擾傾斜之後，將誘發偏轉運動，使手擲機加速墜地；機翼採取適當的上反角設計可提高手擲機的滾轉穩定性，但切忌上反角的角不可太大，否則將造成升力減小，縮短滯空時間。

2. 機翼高低位置：機翼的高低位置是影響飛機滾轉穩定性的另一個重要因素，首先我們可以合理假設飛機的重心位於機身截面的中心，而升力中心的位置位於機翼的中間；當飛機受到外力干擾而發生向左傾斜時，高翼機的飛機重心和升力中心會產生一順時針的力矩，使飛機回復到平飛狀態，對滾轉穩定性的影響為正向，反之，低翼機的飛機重心和升力中心會產生一逆時針的力矩，使飛機加速滾轉，對滾轉穩定性的影響為負向，中翼機對滾轉穩定性的影響則為中性，圖5為機翼高低位置影響滾轉穩定性的示意圖。

(三) 偏側穩定性：所謂偏側穩定性是指飛機沿著立軸(垂直於縱軸和橫軸)的旋轉運動；飛機在飛行過程中經常會受到側風的影響而產生偏航，飛行員必須依靠方向舵來修正航向，就飛機設計而言，影響偏側穩定性的因素主要有下列三

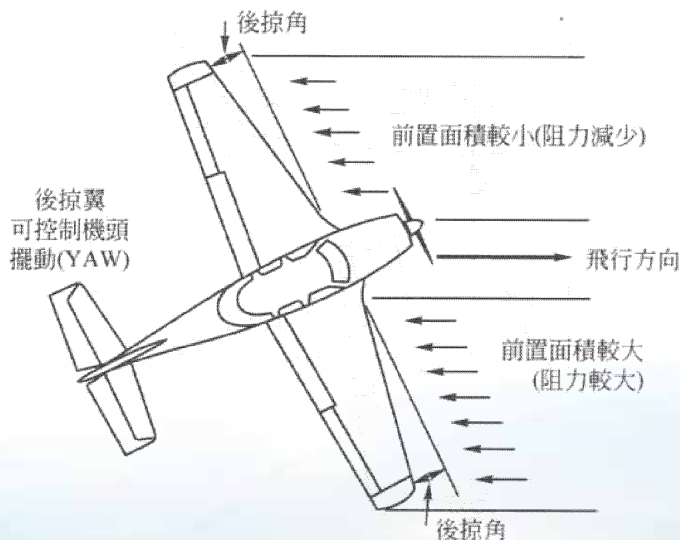


圖6 後掠翼設計可抵銷側風所造成的偏航效應的示意圖

圖<sup>[2]</sup>



個，分述之：

1. 機翼後掠角：對於高次音速及超音速的飛機來說機翼後掠是經常採用的設計，其主因是機翼後掠不但可以提高臨界馬赫數，更可減低震波阻力，但除了這些優點以外，後掠翼還有一項功能，就是可以增加偏側的穩定性，當飛機受到側風的影響時，迎風面的機翼會產生比較大的阻力，背風面的阻力較小，因而使機頭自動往迎風面偏移，抵銷了側風所造成的偏航效應，如圖6所示，因此，後掠翼設計對偏側運動來說是正向穩定因素，反之，前掠翼的飛機，其偏側穩定性必定較差。

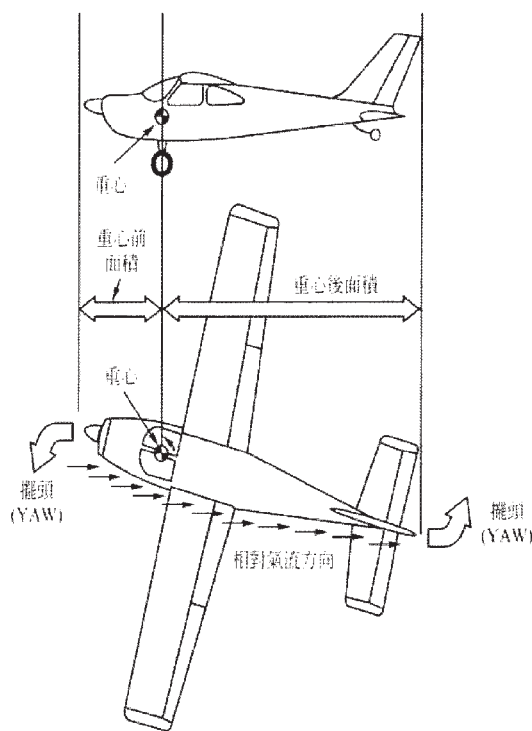


圖7 飛機重心位置及垂直尾翼影響偏側穩定性的示意圖<sup>[2]</sup>

2. 飛機重心位置：任何物體產生旋轉時必定以重心為支點，飛機各旋轉軸的運動亦是如此，因此當飛機的重心位置比較靠近機頭時（即重心到機頭的距離比重心到機尾的距離短），不管側風從哪個方向吹來，機身都會產生一力矩，使得機頭往迎風面偏移，因而抵銷側風所造成的偏航效應，
3. 偏側為正向穩定，如圖7所示，反之，如果重心位置較靠近機尾（即重心到機頭的距離比重心到機尾的距離長），此時機身對偏側運動所產生的影響是負向的。

4. 垂直尾翼：垂直尾翼是影響飛機偏側穩定性最關鍵的因素，當飛機受到右側風干擾時，垂直

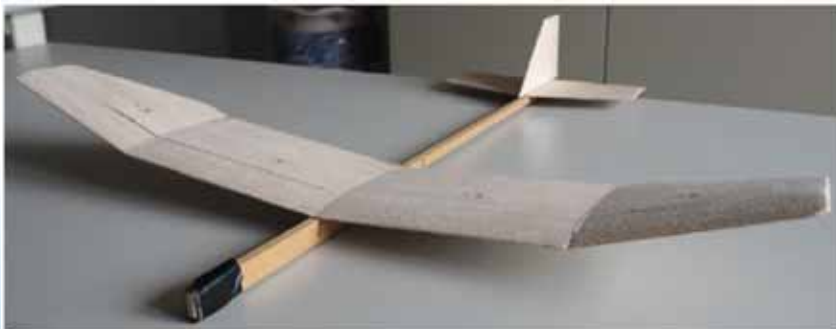


圖8 製作完成之手擲機



尾翼受到側風影響會產生一向左側之力，進而對重心產生一順時針方向的力矩，使得飛機抵銷側風的效應，如圖7所示；因此，絕大部分的飛機都有垂直尾翼，以提高偏側穩定性。

對手擲機而言，因為速度小，為了增加升力及滯空時間，通常採取平直翼設計，所以偏側穩定性就得依靠垂直尾翼，但若要進一步控制手擲機的飛行特性，例如希望手擲機可以飛得直、飛得遠，那偏側穩定性就得好一點，垂直尾翼的面積比例就要適度的增加；如果希望手擲機能夠盤旋、繞圈圈，那垂直尾翼面積比例就要適度的減少，甚至故意偏斜一個小角度。

綜觀以上的介紹可以發現，手擲機的製作蘊含了許多飛機設計原理在其中，從材質的挑選、外型的设计到穩定性的考慮，皆要滿足重量輕、升力大、阻力小及穩定性佳的要求，但除了文中所介紹的設計原理之外，許多箇中的技巧和訣竅更需要透過實作和不斷的嘗試，有充分的理論作為基礎，更需要結合實作，才能夠成為手擲機達人，享受製作手擲機的成就感和樂趣。圖8為製作完成之手擲機，其中機翼和尾翼的材料為巴爾沙木，機身材料為白楊木，鉛片則為配重之用。

## 壹、從手擲機談航太科學

上一個章節中介紹了手擲機的設計原理，但真正的飛機，其構造和系統技術何其複雜，牽涉到的領域何其廣；但任何一項科技的成就都是由淺入深、由簡入繁，非一蹴可及的，沒有這些看似平凡的理論作為基礎，又怎可能奢求航太科技不斷的創新；因此，航太科技要蓬勃發展，需要更多優秀的人才投入航太科學，期待透過本文的介紹，可以激起更多人對航太科學的興趣，為航太科學的發展孕育更多的種子。

再回頭來談談手擲機製作與航太科學的關聯，首先提到的重量要輕，這也正是航太科技追求的目標之一，不論是飛機、太空梭、人造衛星等，無一不以追求輕量化為目標，當然巴爾沙木和珍珠板能夠運用在飛機上的機率很小，但飛機材料追求質輕、強度高的目標持續在進行，也因此像鋁合金、鈦合金、碳纖維等先進材料不斷的推陳出新應用在飛機上，甚至擴大應用到汽車、運動器材等民生用品上，為人類帶來更多便利；不過人類目前還無法製造出像鳥類羽毛這般質輕、強度夠又有韌性的材料，也不禁讓人讚嘆自然界的奧妙，也代表人類在材料技術上還有很大的進步空間。其次談到升力要大，機翼的翼剖面與鳥翼類似，但人類憑藉著智慧，已青出於藍勝於藍，針對不同功能、速度的飛機發展出各式各樣的翼剖面 and 機翼的形狀



，翼剖面方面如超臨界翼切面等，翼形方面則有平直翼、後掠翼、三角翼等，讓不同速度的飛機可以發揮最大的經濟效益。第三談到阻力要小，前面提到阻力包含5種類型，航太科學家們無不想盡辦法減低阻力，但有時候卻又絞盡腦汁要利用阻力，當然前提就是要先了解各種類型阻力產生的原因和時機，才能夠對症下藥，巧妙運用阻力；例如螺旋槳引擎的飛機，因為速度低，流經飛機的氣流有比較充裕的時間調整方向，所以機身總是設計的比較胖些，機翼則採取平直翼、大展弦比、翼剖面比較厚等，因為在這種速度下，這樣的外型能夠讓升力和阻力的比值最大化；隨著速度增加，高次音速的飛機在外型就有很大的差異了，機身的外型變得比較流線且採用面積法則、機翼採取後掠翼、翼剖面採用超臨界翼切面、裝設翼端帆等，都是為了減少阻力所採用的設計；超音速的飛機在設計上又有很大的差異了，大都長得乾乾扁扁的，機頭是尖形的、機翼展弦比小、機翼很薄、後掠角很大等，這些都是為了減少震波阻力所設計的，因為在超音速時，震波阻力是最主要的阻力來源；到了極音速(5馬赫以上)的範圍，飛行器的設計又有很大的差異了，例如太空梭在太空中繞著地球飛行的時候高達20馬赫，要在如此高速的情況下，從外太空返回地球並且平安降落是一項艱鉅的任務，阻力反而是太空梭在返回地球的過程中用來保命和減速的工具，因為在20馬赫的速度下，震波所產生的溫度高達攝氏6000度，如果太空梭的鼻錐是尖形的，那麼震波所產生的高溫將使得太空梭返回地球時變成一團火球，因此，太空梭的鼻錐設計成鈍形，產生的弓形震波不但可使機身獲得緩衝的機會，避免被燒毀，產生的強大阻力更可讓太空梭在返航過程中有足夠的阻力減速，落地前僅剩幾百公里的時速。此外，阻力在飛機落地時也是很好的減速工具，讀者們如果有搭飛機的經驗，應該可以看到飛機在落地前會將所有的襟翼打開，不但可以增加升力，阻力也跟著大增，讓飛機可以用比較慢的速度降落，提高安全性，飛機一旦落地之後，更可以看到機翼上表面的減速板打開了，不但增加阻力，也順便破壞升力，增加輪胎的抓地力；所以阻力真是讓人又愛又恨，有時候希望它越小越好，但有時候卻又需要利用它來減速，可謂運用之妙，存乎於心。

最後談到穩定性對飛機的影響，飛機具有俯仰、滾轉及偏側三個旋轉軸，影響各個旋轉軸穩定性的因素也大不相同，但穩定性的傾向卻是飛機設計過程中重要的考量因素，尤其飛行員更應了解飛機的穩定性特性，以期充分發揮飛機的性能；由於飛機有副翼、方向舵及升降舵等控制面來控制飛機的俯仰、偏側及滾轉運動，所以在穩定性的設計上依飛機的功能不同有很大的差異，例如民航機、運輸機及教練機等，首重安全性，因此飛機在設計上會偏向正向的穩定性設計；而戰鬥機首重靈活性及機動性，在設計上通常採取負向穩定設計，但此種設計會增加飛行員的操控



難度及提高飛機的風險，通常需配合線傳飛控系統(Fly by wire)來輔助飛行員，使飛機在飛行過程中保持平衡狀態；總之，飛機的穩定性並非越穩定越好，因為越穩定的飛機就代表靈活度越差，如果希望飛機有很好的靈活度，那適度的不穩定設計是必要的，端看飛機的功能而異。

## 貳、航太科學未來展望

自萊特兄弟第一次的動力飛行以來，航太科技的發展可謂一日千里，除了在國防上扮演主宰戰場的角色之外，在民生的應用上更是不勝枚舉；也許有人覺得航太科技已是一個成熟產業，很難再蓬勃發展，但事實上，這是因為航太科技是一項既尖端、又要求嚴苛的產業，更需要高度的系統整合，一架新飛機、一項新技術的開發可能都需要十年以上的研發和測試才能達成，因此相較於電子產業推陳出新的速度顯得慢很多，但就長期來看，航太科技未來對人類的影響力和貢獻只會與日俱增。

航太科技的發展是一條既艱辛又漫長的路，但卻是帶領人類進步的重要動力。以民航機市場為例，隨著A380和B787等新機種加入，A380最多可搭載八百多名乘客，而B787比同級飛機節省20%的燃料，這些新技術大幅的降低航空公司的營運成本；在軍事方面，隨著F-35等先進戰機的服役，向量噴嘴、匿蹤、超音速巡航、超視距作戰、相位陣列雷達等先進的技術，讓戰機的性能和戰力邁入新的一頁；而隨著自動導航技術和人工智慧的蓬勃發展，讓無人機的發展如火如荼，目前在國防、氣象、環境監控、民生和娛樂等領域的應用迅速擴張，未來無人戰機的問世更是指日可待。而微飛行器是一塊蓄勢待發的處女地，所謂明槍易躲，暗箭難防，不易被發現正是微飛行器的優勢所在，小如蜜蜂的微飛行器已經研發成功，雖然進入實用階段仍有需多技術問題仍待克服，但未來的應用不容小覷。

在太空科技方面，雖然人造衛星已廣泛應用在國防、氣象、民生等，但從宇宙角度來看，人類對太空的探索仍在起步階段，因為人類花了很大的力氣，好奇號探測車終於在2012年登陸火星，對太空科技來說是一大創舉，可是從太陽系的角度來看，火星幾乎是地球最近的鄰居，而我們現在好不容易才能近距離的觀察鄰居，但大家知道嗎？距離地球最近的恆星南門二有4.2光年，這相較於火星的距離可說是天文數字，更不用說其他的恆星了；還好人類在太空探索方面還有其他的法寶，哈伯太空望遠鏡發射至今已逾25年，對人類在太空和天文探索的成就居功闕偉，由美國(NASA)、歐洲(ESA)和加拿大(CSA)太空總署合作開發，功能更為強大的韋伯太空望遠鏡預劃2018年發射升空，太空探索也將邁入新的紀元。人類因為夢想而偉大，浩瀚的宇宙讓我們的太空科技有很大的進步和想像空間，也許有一天我們會



找到與地球類似的行星，上面住著與我們相似的生物，也許有一天移民到另一個星球會成真。

### 參、結論

航太科技不僅是引領人類進步的重要動力，更是國力的展現，世界先進國家莫不投入大量的人力和資源發展航太科技，因為航太科技和所衍生的技術應用不僅可帶來龐大的經濟效益，更是帶動國家產業升級的火車頭，美國之所以能夠在航太科技持續保持領先的地位，除了每年投入大量的經費，更匯集了來自世界各國的菁英。我國雖曾經有設計和製造AT-3噴射教練機及IDF戰機的經驗，但關鍵的技術仍要仰賴美國的協助，最近政府正在推動國機國造的政策，這是一項艱鉅的挑戰，但也是國內航太產業從零組件代工製造蛻變成自主研發、設計、製造、整合的契機，此舉不僅可提升國防自主的能力，更可帶動國內航太產業的蓬勃發展，國內參與零組件設計、製造的廠商，技術也可因此而獲得提升，可謂一舉數得；但發展航太科技需要政府大力的支持，需要更多的資源、經費作為後盾，更需要頂尖人才的投入，本文雖只從簡單的手擲機設計和製作介紹，但希望本文能夠發揮拋磚引玉的角色，燃起更多的年輕學子對航太科技的興趣和熱情，為國內航太科技注入新血。

### 參考文獻

1. <http://www.bjkg.gov.cn/zhuanli/story/gsnr/33388.shtml>
2. 夏樹仁，飛行工程概論，全華科技圖書股份有限公司，2008。

---

### 作者簡介

上校副教授 張政仁

學歷：空軍官校79年班、國立成功大學航空太空工程研究所博士，經歷：助教、講師、副教授、系主任、部主任。現職：空軍軍官學校一般教學部航空太空學系上校副教授。

副教授 梁燕祝

學歷：國立成功大學航空太空工程研究所博士。經歷：亞洲航空專案經理、助理教授。現職：空軍軍官學校一般教學部航空太空學系副教授。