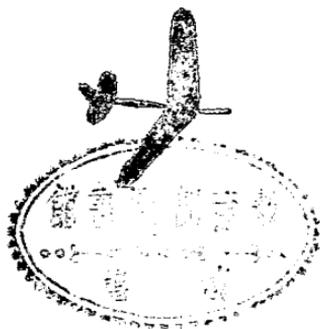


# 航空模型爲什麼會飛



史超禮著

1943

968

365.461

史12

114  
V278

目 錄

目 錄

- (一) 開場白
- (二) 幾個古怪名詞
- (三) 航空模型的原動力
- (四) 大氣的性質
- (五) 翼切面和其他
- (六) 舉力的秘密
- (七) 飛行的敵人——阻力
- (八) 空中安定性
- (九) 尾聲



3 1774 1903 7

# 目 錄



## 一 開場白

什麼東西離我們最高最遠？

——天空

怎樣才能接近這又高又遠的天空？

——只有「飛」。

可是我們沒長翅膀。

別急，將來你自然可以學會駕駛飛機飛上天空的，然而現在我們不妨用自己的手段做些像鳥的東西讓它先嚐嚐飛的味道，這樣，不是等於我們自己也嚐過飛的味道嗎？

於是，我們便有了各式各樣的模型。有用汽油小發動機帶着飛的，有用手擲的，有用橡筋繩捲彎了作飛行原動力的，有彈射的，有滑翔的，還有其他等等。這一切都可在空中飛一段路，描畫許多非常美麗的弧線，使我們心裏癢爬爬的，彷彿自己也坐在那輕盈奇詭的小機身裏，跟着在空中旋飛。

怪！航空模型為什麼會飛，為什麼一塊石頭，一塊瓦片，不那樣飛得靈便而輕捷呢？你願意尋出它的答案麼？

航空模型為什麼會飛



(南)

統統變型爲什麼會飛

二

不但你怕，連我都怕呢！

而且你也不必怕，這兒我們當然會知道極力避免那些碰了頭皮發麻的公式和定理。哼，

你放心吧！馬上我們就揭開那一層神祕的面紗了。

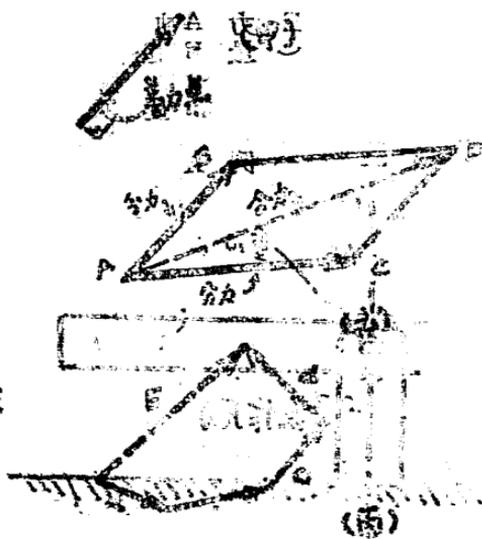
## 二、幾個古怪名詞

且慢，在揭開那一層面紗之前，我先教給你幾件法寶，這樣，也許會給你許多幫助。那麼，看第一件是：

(1) 力，和它的合成與分解。

任何一本物理書裏，都會告訴你是什麼東西。一拳打出去，發生力量，能打倒人，叫做人力；吹過一陣強風能拔起大樹，叫做風力。力，看起來好像是無形的，然而在實際上却常常看到它的表現。在紙上，要表現它，再用一根直線，像圖中(圖甲)的A B那樣。線的長短也有關係，它可以表現力量大小。線長的表示力量大，線短的表示力量小。箭頭則表示力的方向。

航空模型為什麼會飛



(圖一) 力的合成與分解

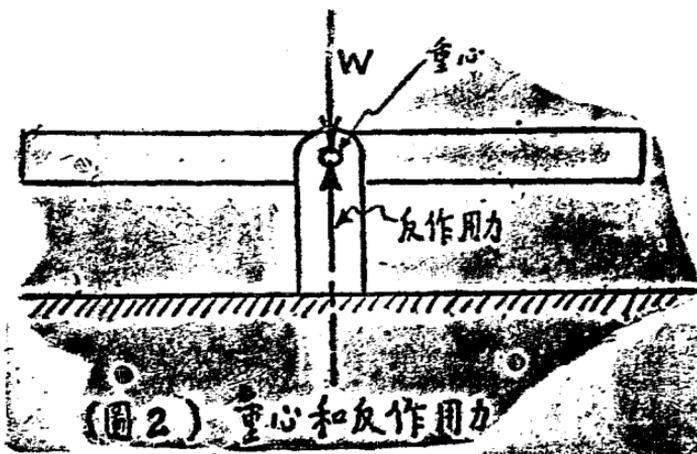
三

，比仿箭頭向東指表示力量向東，向西表示力量向西，直線的一端加一點力叫做着力點。這一點表示力量加在物體上的部位。力量還可以加起來，無論多少都可以相加，兩個力（ $AB$ ）和（ $AC$ ）加起來變成（ $AD$ ），這裏（ $AD$ ）就叫合力；而（ $AB$ ）和（ $AC$ ）呢，就是它的分力。（圖乙）如果力量多了，例如有 $a, b, c, d$ 等四個力，相加就得出（ $E$ ），這裏（ $E$ ）也是合力，其餘四個就是它的分力。（圖丙）

你也許奇怪，怎麼一根直線就可以稱之謂「力」呢？其實這不過是科學家先生們的一種特別規定吧了。有了這種規定，研究起來可以格外方便一點而已，並沒有其他什麼特別深奧的意思。

(2) 「重心」和「壓力中心」

這裏，我們一下就碰上了兩個「心」，你別爲它吓掉了你的心，根據牛頓先生的說法，無論什麼東西



(圖2) 重心和反作用力



(圖三) 力量正和於重心上

，它不一定老是向下，有時可橫着或豎着的。例如一陣風吹到一塊平板上，平板上每一部份都受到一股壓力，這許多壓力也可合成一個合力，這合力通過的一點，就叫做平板的壓力中心（圖四）。你把兩下比較，自然就區別

航空模型為什麼會飛

都有吸引力，地球對於地面上物體所發生的引力，就叫做重力。（Gravity）。重力都是朝下的，換句話說，都是朝着地心的，比仿說，我們人吧，地球對我們也發生一種重力，可是數目太多，頭，手，足每一部份都可發生一個重力，這許多重力，可以合成一個合力，這合力所作用的一點，就叫做重心。一根棍子若支持在它的重心上，就可以不向歪裏倒，平衡立着不動，（圖二）一個人若給人一拳打到重心上，他只可向後退，而不致於被打倒。（圖三）

壓力中心和重心有點不同

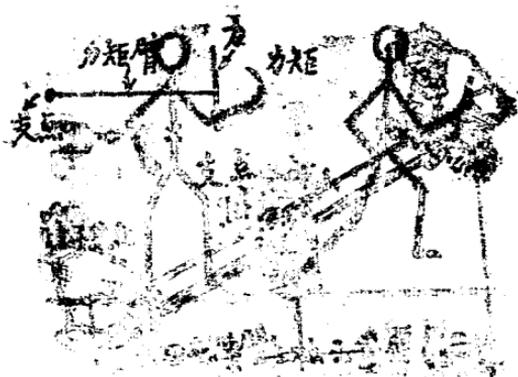


五

(圖四) 平板的壓力中心

掛在櫃衣肘的地方了。

起度一點（3）槓桿作用和力矩



兩個小孩子玩撓板時，假若離中間支點的距離一樣長的話，那麼重的一頭一定落下來

，輕的一頭一蹿擡上去（圖五），這就是因為重的一方面所生的力矩大，輕的一方面的力矩小。什麼叫做力矩呢？把力量乘上着力點到支點的距離（叫做力矩臂），就得了。

你看到過天秤和買菜的秤沒有，這些都是槓桿作用最好的例證，秤錘在桿上移來移去，目的就是在改變力矩臂，使力矩增大或減小。

#### （4）空氣密度

密度這個名詞單由字面上講，就是物體內部組織稀密的程度；若說得科學一點，密度就是物體單位容積內的質量。例如空氣本來是氮，氧，氫，好幾種氣體混合組成的，當然仍是一種氣體。若在一個瓶子裏

裝滿了空氣，這時瓶子的容量沒變，而瓶中的空氣分子加多了，我們就說瓶中的空氣密度加大；反過來，若把瓶中的空氣用抽氣筒抽稀，就說密度減小。這是我們把空氣的質量改變的結果。假若改變容積，也可以得到同樣的結果。比方一個皮球胆，灌了一點氣，稍稍鼓起來，束緊了口，若是用手一壓，把球胆壓扁，體積變小，於是裏面的空氣密度就變大；反過來手一鬆，球胆漲大，裏面空氣的密度，又恢復到原來的大小了。

### (5) 工作和能量

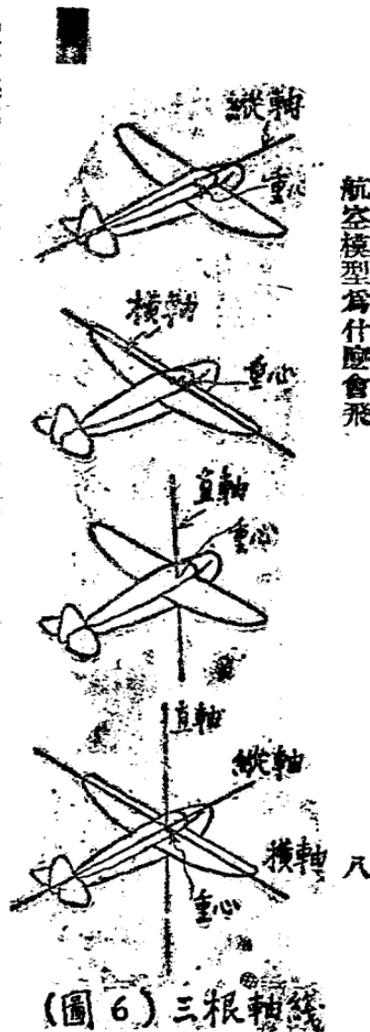
「工作」(Work)這兩個字，你不能用平常的眼光來看，在這兒，所謂工作，就是力量和距離相乘的積，你隻手把一塊一百公斤的石頭舉起離地二公尺高，那麼你就做了  $100 \times 2 = 200$  (公尺-公斤)的工作；其他像螺旋槳轉動起來，把飛機拉着向前面跑，我們可以說，螺旋槳對飛機做了工作，同樣發動機把螺旋槳帶着轉動，可以說發動機對螺旋槳做了工作。這樣說起來，「工作」這個名詞就不難明白了。至於能量 (Energy) 呢！簡單說起來就是可以做「工作」的「能力」，它的種類很多，像風吹動草木起伏叫做動能；水從高處衝到下面轉動水磨叫做勢能，水把水煮開發生蒸氣開動機器，叫做熱能，其他還有電能，光能一大套，這兒不必多說了。

### (6) 飛機的三根軸

假若你學過數學，一定知道坐標軸的用處，有了那一橫一豎的坐標，許多事都有了參

航空模型爲什麼會飛

航空模型爲什麼會飛



較的基準，非常方便。在真飛機上或航空模型上我們也可擇定一組坐標軸，因爲飛機是在空間運動的，所以軸也多了一根共有三根（圖六）。一根是和翅膀平行的，叫做橫軸，一根是垂直機身的，叫做直軸，另外一根是通過機身的，叫做縱軸。這三根軸交於一點，這一點就是機子的重心。

還有些奇怪的名詞理待以後和它們見到面時再談吧。免得在這兒多費嘴唇。

### (三) 航空模型的原動力

一件東西要想動，必定先要具備一種通常的原動力，沒有它，這件東西，就不會動。馬車爲什麼會跑？因爲前面有馬，流着汗踏着氣在拖；白木船爲什麼在河裏能開來開去？因爲船上有有人在努力搖槳；汽車爲什麼會在公路上跑得飛快？因爲有發動機怒吼着在轉動。這兒，你猜，馬，人，和發動機有什麼用處呢？

一句話，它們是原動力！

有了它們，馬車，白木船和氣車才能動！

好了，我問你，航空模型在空中飛翔，是不是一種運動呢！——當然是的。

那麼，它是不是需要一種原動力（推力或動力帶）着它前進呢？——當然需要。

好了，現在讓我們談談航空模型飛翔的原動力吧。

我想，假若你知道了航空模型的種類，那麼對於它的原動力，也就知道的差不多了。比方說，我們知道了航空模型中有一種叫做模型飛機的，不用說，這一種和真的飛機一樣，它一定需要外力幫忙，需要在機子上裝上一個小小的東西，——發動機或別的。至於另外一種模型滑翔機，自然是憑着它自己的重力來飛翔了。

在模型飛機裏面最常用的是小發動機，這種小發動機就可爲它發生適當的原動力，我

航空模型爲什麼會飛

們知道發動機的種類很多，普通所用的都是燒汽油的。汽油的性能最好，作發動機的原動力是太好了。它燒起來熱力大，發火快，——所謂一燒就着，燒起來發生的馬力最大，最有效率。你想，假若汽油不好，飛機決不會用它的。你真聽到過酒精飛機，大概還沒聽到過酒精飛機吧！這就可以證明，油是比酒精適用些。有一種小發動機利用壓縮空氣作原動力，而不必要任何燃料，非把它燒着了才能發生動力，至於壓縮空氣的小發動就簡單得多，只要一個空氣筒子就完了。另外在德國還有一種利用小蒸氣機來產生動力的模型，這一種構造也比較複雜，還得燒燃料，既然燒燃料，我們就可以知道它是利用熱能，什麼叫熱能呢？你不妨翻翻前面所說的話看。

小發動機所生的動力，相當大，飛得比較長，自然是它的好處，可是它的構造複雜，裏起起來確實麻煩一點。假若不用它，還是可以的，我們可以用橡皮筋來代替，因爲橡皮筋一樣也可以發生動力的。

你穿襪子大概都用過吊帶吧？吊帶裏面就包着橡皮筋，你單單把它拉長後，套上腿，手一鬆就緊包在腿，這就是橡皮筋有一種潛在的能量。這樣說，也許你還不明白，再換一個說法，——你見過用橡皮弓打麻雀沒有，小小的橡皮帶，張在兩個鉄絲彎曲的桿上，嵌上小石子向後拉緊，射出去就可以打死麻雀。既然能打死麻雀，足見它的力量很大，可以帶着模型飛機在空中飛翔了。



對於模型飛機的原動力，你覺得明白一點沒有，現在暫且不問它，且來談談模型滑翔機的原動力。

假若你看見過滑翔機飛行表演，你就知道滑翔機前面光禿禿的什麼也沒有，——既沒有螺旋槳，也沒有發動機，既沒有發動機，不是無從發生原動力了嗎？

不然，不然，它還是有原動力的。

它的原動力就是它本身。

你也許會奇怪吧，模型滑翔機本身，怎麼會作它的原動力呢！其實你再想一想，就會明白了。

模型滑翔機是木頭做的，木頭有重量，發生一種重力，重力就是一種動力。不信，亭亭喬木的葉子，因為重力作用，落下來可以飄飛得很遠；從三層樓上丟下一張片紙，可以飛到對面屋子上去，在山頂上擲下一塊瓦片，可以指落一段軟軟的孤纜，飛鴻半出腰，這一切都是因為具有重力的原故。

其實，重力就是地心吸力，地心吸力真是一個力大無窮的「巨無霸」，它不但能夠把輕巧的模型滑翔機拖着向前飛，供給它以必要的動力，而且可以拖一切重東西拖着向下落，像鐵錘，像石塊，無論多麼大，它都得給地心吸力拖着向下落，這樣你大概可以明白模型滑翔機的本身為什麼就是它的原動力了。

航空模型為什麼會飛

不過，有一點得注意，模型滑翔機光靠它本身的重力還是不能飛的，它還須要別人幫助它一把，使它離開地面，這一種外力，也可以說是它一部份的飛行原動力。

什麼外力呢？就是放模型的人給它力量，普通可以用手擲出去，或者用繩子牽着，像放風箏似的放上去。前一種方法，一個人就夠了，後一種方法則最好需要兩個人，不過無論幾個人，給模型一種必要的力量，總是一樣的。另外還可以用彈弓一類的彈射器，把模型放出去，同時也是給予模型滑翔機的一種起飛力量，構成它一部份的飛行動力。

## (四) 大氣的性質

船在什麼上面航行？船在水面上航行，無論是萬頃波濤的海洋，或是漪澹朶朶的小河，都可載着舟船駛向要去的地方。

飛機和航空模型在什麼裏面飛行？  
在虛空中飛行？

不對，這回答是錯誤的。「虛空」並不是真的「無物之境」，那裏面實在充滿了我們人類必需的東西，和食物一樣的重要。

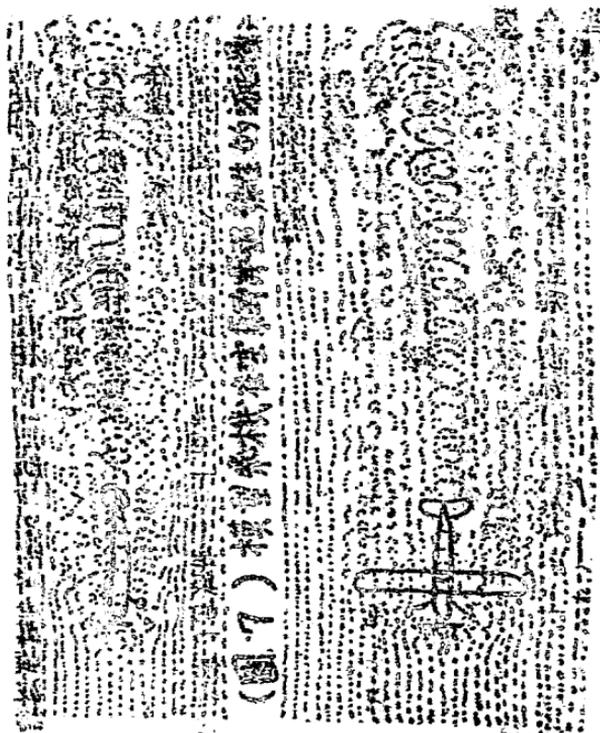
那究竟是什麼？

那是空氣！

空氣（通稱大氣）是透明的，我們絲毫看不見，所以我們會以為空中什麼都沒有，因此飛行對我們是格外顯得神秘了。

我想，與其用船的航行來比喻航空模型的飛行，還不如用人的游泳來比喻更對一點。因為船只在水面上行駛，而航空模型是在空氣的肚子裏飛行的，換句話說，航空模型是完全包沒在空氣裏面，正和人游泳時包沒於水裏面一樣，所以用人游泳來比喻它，是更適合些了。

航空模型為什麼會飛

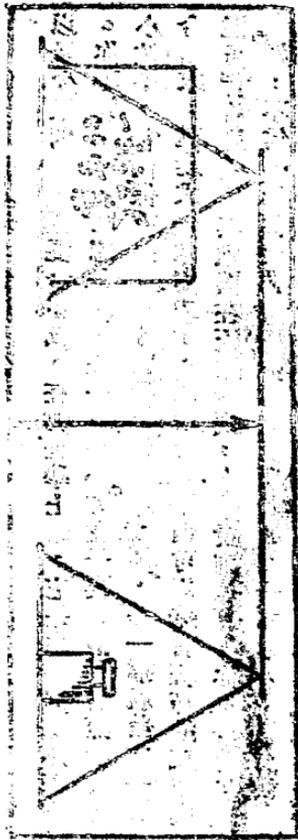


然而無論船航行或是人游泳，我們在水上都可以看得明明白白的，在水面上看到大的小的浪花，各式各樣的漩渦，知道有船在航行，有人在游泳，所以對於航行和游泳的道理，也不覺得奇怪。可是空氣是一種看不見的物质，我們只看到飛機或航空模型在飛行，以為它們懸空地掛在天上，不但能掛住，而且可以自由地飛去，所以特別覺得奇怪，其實，它們的周圍還是同樣有東西在托着它們飛跑的。

假如空氣也染色，變成紅的或綠的顏色，使我們眼睛能看見，那末飛機模型飛行時，我們一定可以看見空氣的顏色，發生浪花，發生漩渦，不信，你可看圖，圖可以告訴

你一切。(圖七)

大氣好像一個廣大無邊的「海洋」，把地球上所有的東西，甚至地球本身都包容在裏面。這個「海洋」的深度很可驚，地面就是它的「海」底，它的「海」面遠遠高出地面約三百公里。假若我們壓在這麼深的積滿了水的海底下，恐怕連骨頭渣子都壓出來了，可是我們壓在這麼深的空氣下面，却一點也不覺得，由此可知，空氣是一種多麼輕的東西了。空氣雖然輕，還是有重量的，只是它不及鐵和水那樣重罷了。假若我們在這大氣「海洋」的「海」底下，(即地面上)用一個完全真空的罐子裝上一立方公尺的空氣，拿到天秤上一秤，它恰好等於1.293公斤(圖八)，既然空氣有重量，當然它也有體積了。



航空模型爲什麼會飛

一五

圖八

不錯，空氣是有體積的，在化學組成方面講，它是由氮氣，氧氣，氫

氣以及少數別的氣體混合組成。在物理學上講，它是由許多極小極小的空氣分子組織成功的。你不妨閉了眼睛想一想，在一個小小方盒子裏，活動着無數粒比微塵小到不知多少倍的小粒子，它們像有生命的小精靈似的到處亂撞，每一撞就發生一點小力量，無數個小力量合起來，就變成一個大力量，這股力量不但可以攜着輕巧的航空模型，在空中飛舞，甚至還可背着龐大的真飛機在天際橫飛，——說到這裏，你也許會笑我痴人在說夢話吧。

好，不信，給你幾個實例：把前面所說的那一立方公尺的空氣，裝在一隻大砲的筒上，以每小時四百公里的速度，放射出去，（這種速度並不大，比飛機的速度還慢，現在新式的飛機的速度，已經超過每小時五百公里）假若恰巧射在一隻和磅秤連絡的平板上，就可看到磅秤的指針，由零跳到一個相當大的讀數上，換句話說，這一立方公尺空氣得到每



小時四百公里的速度後，就可發生相當大的力量。（圖九）

山上面  
這一番話看

來，你大概可以明白空氣不但有體質，而且還可以發生運動能量。那些空氣小分子，碰上任何東西，就對它發生一種打擊，也就是給他一種力量，這力量並不是白用的，它的用處非常大。

你聽到過牛頓先生的大名沒有？（前面已經提到過他）就是那位由落下的蘋果悟出地心吸力道理的牛頓先生，他除了發現了那個著名的萬有引力定理以外，還建立了運動三定理。其中第三個定理，叫做反作用定理，就是說，每一種力的作用，必定會發生一種方向相反，大小相等的反作用力。比方你一拳打到石頭上，你會覺得手痛，因為石頭也會同樣打你，這就是反作用力。

在前面，我們不是談過航空模型的原動力問題嗎！模型有了原動力以後，就有了作用力，（像小汽油發動機發生的馬力或手擲出的力量。）這作用力傳到空氣，空氣就對它發生一種反作用力，換個說法，便是模型的原動力，對空氣打了「一拳」，於是空氣中那些小分子不服氣，也還它「一脚」，這一腳的另一個名子，就叫做舉力，在下面我還得和你詳細講的，這兒不過先和你提個頭兒罷了。

空氣除了有體質有重量之外，還有一個特性。——它還有黏滯性。所謂黏滯性，就是空氣各個小分子之間的相互吸附力。你不妨假想，每個空氣小分子都像海裏章魚似的有個圓身體，週身長着許多隻手，每個小分子和它四週的分子相互用手拉着，緊緊不放，這樣

就造成了黏滯力，發生了黏滯性。每種氣體或液體，像水、酒精、水蒸氣等都有黏滯性，不過黏滯的程度各有不同而已。黏滯性較大的是甘油，甘油裝在瓶子裏要想倒出來，比水倒出來要難得多，比空氣更難，由此可知它的黏滯性是如何大了。

如果把甘油和水一同倒在一塊傾斜的平板上，甘油一定比水流得慢，這就是說，甘油的黏滯性大，翼板所生的阻力大，換句話說，黏滯性越大，阻力也就越大。空氣的黏滯性雖然很小，可是飛機或模型飛機飛得都很快，所以相對的說來，阻力仍然是很大的，說得更斬截一點，——風是有黏滯性的東西，一定會發生阻力，這樣模型在空氣中運動所以能發生阻力的原故，你大概可以明白了一半罷。

## (五) 翼切面和其他

我們既然談過了簇擁着航空模型飛行的介質——空氣。現在我們不妨再走近一點，來談談模型本身。



航空模型和真的飛機或滑翔機，大致都是很相像的，都有尾巴，都有機身，都有翅膀，一機翼。這些東西各有各的用途，缺少任何一樣都不行。

你想模型上那一樣東西最重要呢？

我知道你是很聰明的，你會一口答：「翅膀最重要。」真的，沒有翅膀怎麼會飛哩。

那麼，我在問你，翅膀上，什麼東西最奇怪，最引人注意，而且也最重要呢？

這一下，也許會難倒了你的。

告訴你，你應該回答：「翼切面。」

而我想，這時你一定會問：「什麼叫翼切面呢！」那麼，你先手裏拿一把刀，再一根找香蕉，剝了皮

## 航空模型爲什麼會飛

110

，攔腰一切，切斷了以後，刀鋒經過的給切開了的那個平面，就是香蕉的切面（圖10）。好了，現在你可以把香蕉吃下去，換一個模型飛機的翅膀，然後再用刀子攔腰一切，同樣的，給刀切開的那個平面，就叫做翼切面。（圖一一）

一回，你可不能吃了。

你把兩個切面比較一下，可以看出來香蕉的切面是圓的，而翼切面呢？却是那麼一個怪樣的傢伙，有點像魚的側影，又有點像飛鳥的身子。

你別看不起這東西，全部舉力的秘密，都包括在它裏面呢！

除了翼切面之外，我們還得談點別的。

在翼切面上緊靠着底面，畫一根切綫，這根切綫，有個專門名詞——叫做翼弦。有時候，翼切面下部完全是鼓的，不好畫切綫，那麼連結翼前緣最前一點和翼後緣最後一點的那根直綫也叫做翼弦，這里所說的翼前緣和翼後緣也是專門名詞，若說得通俗一點，不過是翅膀的前端和後端而已。

假若把機翼放在風裏面，那麼風吹來的方向和翼弦之間所夾的角度，就叫做攻角。攻



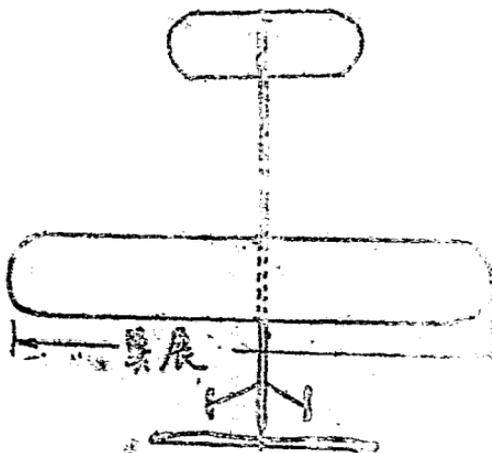


航空模型為什麼會飛

(圖12) 各種名詞

角對於舉  
力是很有  
影響的，  
平常在研  
究空氣動  
力學學問  
時，都把  
這個角度  
用拉丁文  
阿爾發 (α) 代表

一下翅膀，你一定知道有的樣子，翅膀是向上翹起的，換



一雙模型飛機拿在手中，若從正面看過去，翅膀兩端之間的長度，也有個特別名詞，叫做翼展。若把翼弦

(圖13) 航空模型的

來除翼展，構成數學上的分數，( ) 或者把翼面積來除翼展的平方 ( ) 就叫做展弦比，(圖13)

若研究

句話說，就是機身兩旁兩個翅向後傾斜，好像拉着翼尖向後一扳，板子那樣，你看圖就

明白了。圖中翼前緣和橫軸綫所夾的角越大，就表示兩個板的越多，角越小，就表示板的小。簡單

翼根高。翼

子和機身橫

軸之間，就

夾成一個很

小的銳角，

這個角度叫

做上反角，

這角度和機

子的橫側安

定性大有關

係。(圖一

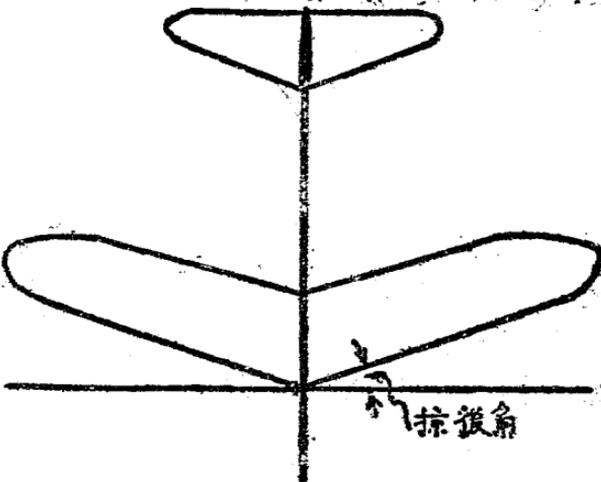
四)

還有一

翅膀不是直綫的，而是略略掠後的程度，所以這角度，就叫做掠後角



(圖 14) 模型的上反角



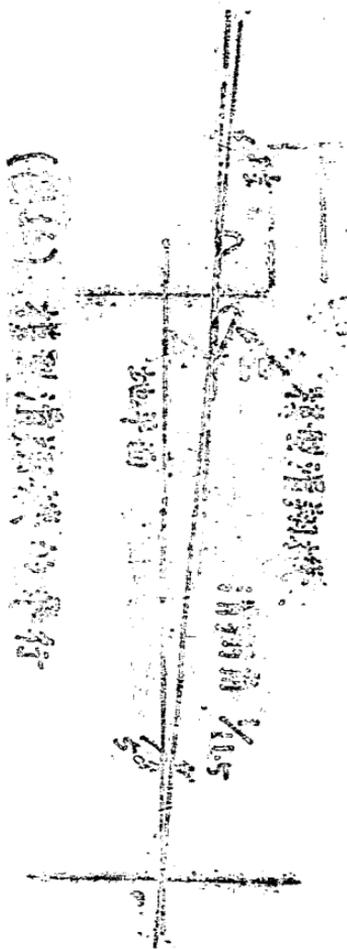
(圖 15) 模型的掠後角

來。這個角度可以表示機翼

圖一五)

後角也是和航空模型的安定性有關係的。

當你手擲一個模型滑翔機時，它脫手以後就會沿着一定的飛行路線，慢慢的飛翔下來，那末，這時候飛行路線和地面之間所夾的銳角，就叫做滑翔角。(圖一六)平常可以用三角學裏面的正切 (Tangent) 代表，這一類模型的滑翔角愈小愈好，因為滑翔角愈小，就表示落下很矮的距離，就滑飛很遠的距離，既然能滑飛得很遠，當然是很好玩的了。

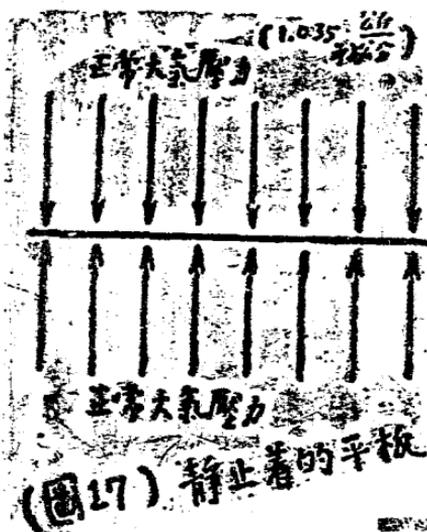


## (六) 舉力的秘密

這兒我們可以談談舉力的秘密了。

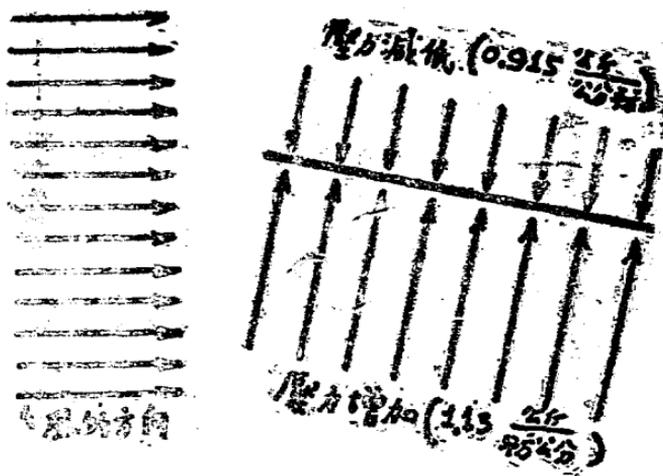
因爲空氣本來是一種看不見的東西，所以弄得我們格外迷糊，使舉力這傢伙格外容易使用障眼法，把我們推入漫天大霧中。

好，不管它怎樣，我們總歸可以想出辦法揭穿他的秘密的。



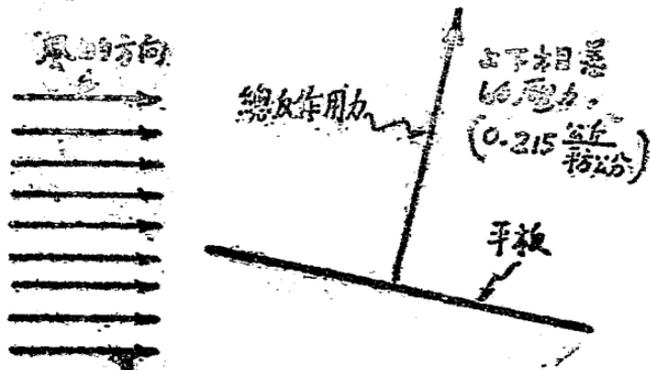
前面，我們已經遣兵調將，做好了預備工作，先請出牛頓先生，讓他舉起「作用力與反作用力」的照妖鏡；同時又把那些小得肉眼看不見的空氣分子的活動情形告訴了你，這樣至少你可以知道，航空模型（或者是真的航空器）得到了原動力，發生了運動以後，對空氣就產生了一種作用力。同時空氣的小分子又迎面撞了過來，撞在機身機翼上，根據牛頓先生的說法，就發生了一股反作用力，由這股反作用力裏，就可產生舉力。

航空模型為什麼會飛

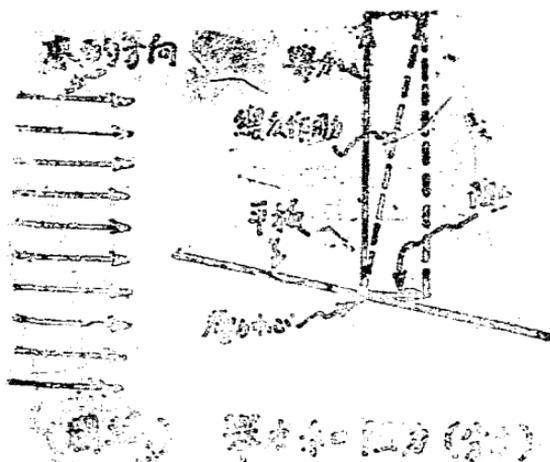


(圖18) 氣流中運動的平板

然而，這樣說來，也許是太含糊了，還得說清楚一點才行。那麼，我遞給你一塊平板。你拿在手裏不動，它就靜靜地歇在空氣中，平板



(圖19) 平板的總反作用力



上下的空氣壓力相等，都是每平方公分 $1.033$ 公斤。（圖一七）——這是正常的大氣壓力——。現在你可以把平板略略向前，傾斜很快地向前跑，那麼就可感到平板似乎受到一股壓力，好像有人把它向上托。（圖一八）這證明平板上下兩面的壓力，已經改變了。用儀器一量，就可知道平板的上部壓力，減得比正常的大氣壓力小，即從每平方公分 $1.033$ 公斤減到 $0.65$ 公斤，平板下面的壓力，反增加到 $1.63$ 公斤，上下懸殊了每平方公分 $0.98$ 公斤（圖一九）。這每平方公分 $0.98$ 公斤就是你手中那塊平板向上托起的力量。這力量和平板垂直，可以分成兩個分力，一個分力和你跑的方向（即迎面吹來的風的方向）垂直，比較大，托着平板上昇；另一個力量平行，比較小，推着平板後退。（圖一九）它們是誰？它們就是那鼎鼎有名的舉力和阻力。

平板的情形是這樣，翼切面的情形是怎樣呢？因爲航空模型以及頁飛機的舉力都是由這傢伙產生

的，我們非研究它不可呀。

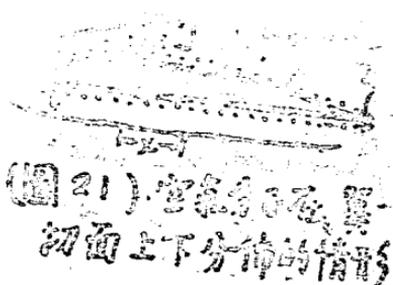
### 撞碰而生的力量

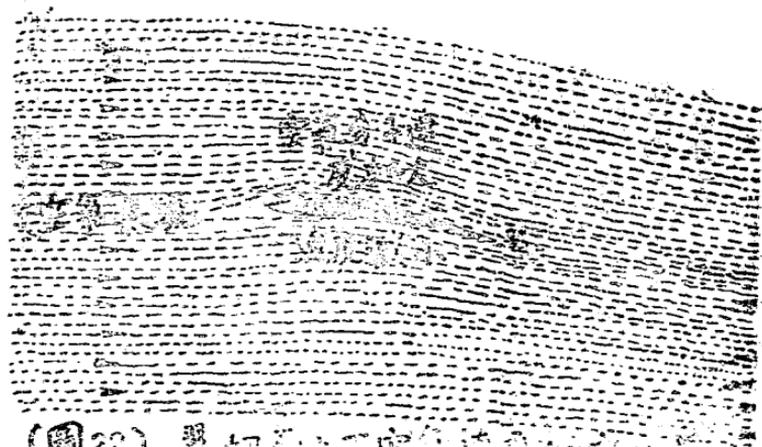


一 假設一個翼切面也略略傾斜地拿在手中向前跑，迎面就會碰上許多空氣的小分子。由圖（圖二〇）上可以明顯的看出，空氣分子給這翼切面壓下

### 航空模型為什麼會飛

去，很自然地就發生一種反作用力。把翼切面托起來。你不妨再研究一下另外一個圖（圖二一），從前緣起到底緣止，你看那一段距離長呢？不用說，因為上面彎曲的比較利害，當然上面一段弧線長，底下的短。假使兩個小空氣分子同時從前緣出發，又非要同時到達目的地——後緣——不可；那麼上面的那個小傢伙，因為跑的距離長勢必要跑的快一點，下面的小分子在同一時間跑的距離較短，便可以慢一點，這樣才可同時到達。（圖二二），而且，我們又知道上下兩邊空氣分子的數目，都應該同樣的多，可是沿了弧線擺起來的話，上面的分子無疑地要擺得稀疏些。（即是密度小）由這兩種情形看起來，翼切面沿了上弧的空氣分子，既然速度大，跑得快，又擺得





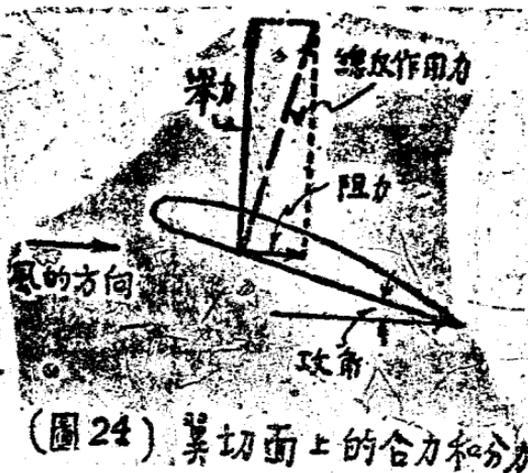
(圖22) 翼切面上下空氣密度的變化

稀疏，無疑地壓力減低，低正常的大氣力了。翼切面的下弧恰巧相反，所以那兒的壓力，自然大過正常的大氣壓力了（圖二三）。這樣，若是拿正常的大氣壓力做標準比氣小的，我們叫氣做吸力；比氣大的，叫它做壓力，那麼在翼切面的上邊



(圖23) 翼切面上下壓力的變化

自然產生了吸力，翼切面的下邊，自然產生了壓力，於是吸一壓，組成了合力。這合力是什麼呢？你能回答麼？



若是你翻一翻前面平板的故事，你一定可以昂然回答道：「這合力就是舉力的母親，由它產生了孝順的女兒，——舉力，同時也生了一個逆子——阻力。」（圖二四）

你也許會奇怪，為什麼沿着翼切面上弧的空氣分子速度變大，壓力就減低，下弧的空氣分子速度變小，壓力就加大呢？這道理要問一位意大利的伯腦尼先生（Bernoulli）才能夠得到滿意的回答。

因為伯腦尼先生創立了一個伯腦尼氏定理。由這定理，才可能解釋這種現象。

這定理說：「假若一種流體是理想的流體或沒有磨擦阻力的流體，那麼其中一部分流體，沿其流線的能量，總是維持不變的。」

不說還可，一說出這定理，問題反變多了。

首先，什麼叫流體呢？

流體就是能流動的物質，包括氣體和液體，像空氣，水，牛油等都是的。

什麼叫流線呢？所謂流線不過是一種流體流經的路綫而已，其中並沒有什麼奧秘。

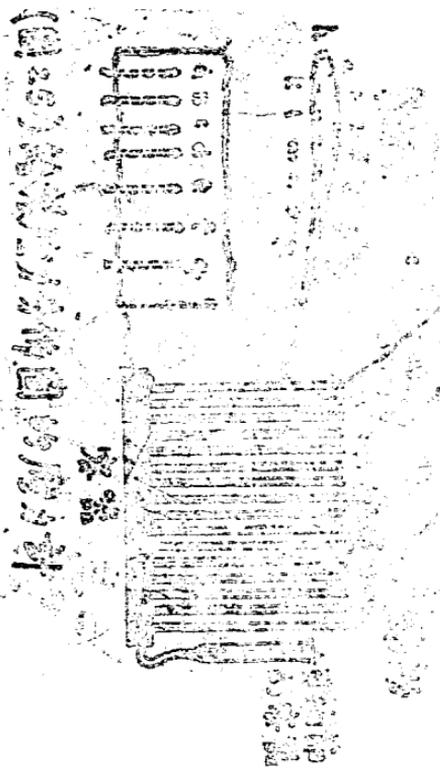
什麼叫能量呢！這不用着急，前面已經交代過了。在舉力的問題裏，能量共有兩種，一種是空氣分子流動的速度——可產生動能；另一種是空氣分子發生的壓力！——叫做壓力能量。本來照伯先生定理說來，還有一項位能，不過在舉力問題中，這一項不存在，我們自然不必去找麻煩，非把它拖出來不可。

伯先生的定理說，沿着流線的能量不變，換句話說，就是空氣分子的壓力和速度兩種能量的總和不變。既然不變，那麼，翼切面上邊空氣分子既賺來了速度能量（速度增大），就在壓力能量方面吃點虧，賠補一點；相反地，下邊空氣分子既在速度方面蝕了本，就得在壓力能量方面賺點不可，於是上面的壓力就降低，變成了吸力，下面的壓力就增大，毫無愧色地變成了吸力，這吸力和壓力組成合力後就可產生舉力和阻力了。

說了這麼多的話，舉力的秘密和它使的障眼法，大概總給拆穿了吧？我思，你一定比從前要明白一些，至少知道舉力是由翼面上的吸力和翼面下的壓力兩個因素組成的，可是我再進一步問你，究竟這兩個因素，那一項重要呢？

也許你會冒里冒失的答道：「當然是翼面下的壓力佔的成份大，比較重要。你看，不

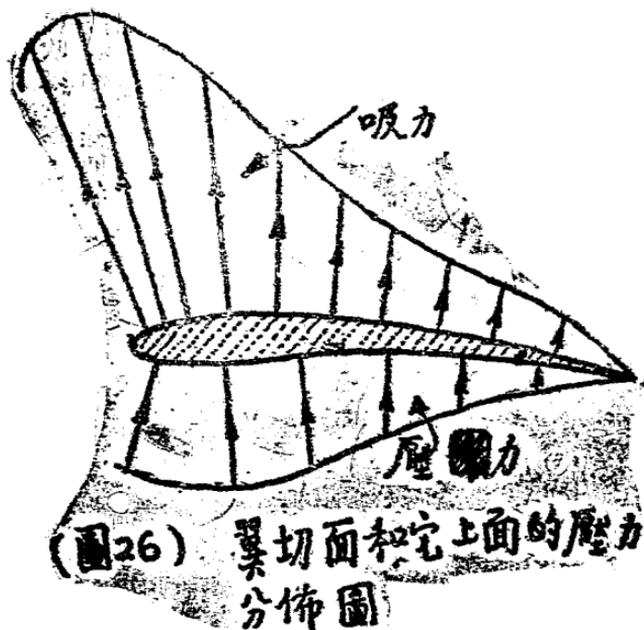
是迎面吹來的風，吹到翅膀的下面然後把它舉起來嗎？  
假若你這樣回答，你就不免有些冒失了。



力大，照這樣， $a, b, c, d$ 各點的吸力可以量出來了。下面的壓力也可量出來。於是把量出的數值畫成一張圖（圖二十六），就可以看出壓力在翼切面上是怎樣分佈的了，這圖就叫作壓力分佈圖。

航空模型爲什麼會飛

你現在研究一下這張圖，會發怎樣的「感想」呢！



我想，你第一個「感想」便是：你剛才的回答是說快了，太快的結果，使你弄錯了。

圖上不是分明告訴你上面的吸力大，超過下面的壓力嗎？在前面，我們已經說過，直綫可以代表力的大小和着力點，箭形可以代表力的方向，那麼上半截箭頭向上的直綫長，就告訴你吊着翼切面向上的吸力大，下半截箭頭頂着翼切面的直綫短，就告訴你壓在翼切面上的壓力小，暴露吸力較壓力約大三倍。可是，莫慌，這只是在高速度的時候，（比仿飛機或滑翔機的速度）才是如此，至於在低速度時，

例如航空模型的速度，還是翼面底下由壓力而生的舉力比較大，比較來得重要的。

平常，攻角和舉力的大小很有關係。粗略說來，攻角和舉力成正比，換句話說，攻角愈大，舉力也就愈大。可是若超過十六度，舉力不但不增大，反而消失，而造成失速狀態。什麼叫失速呢？失速就是沒有速度，也沒有舉力，機子會垂直地像墜石子似地落下來，這一落下來，當然就危險了。

影響舉力的因素很多，第一個是速度，根據實驗結果，知道舉力和速度的平方成正比，平常飛得愈快，舉力就愈大，比仿速度增加了兩倍，舉力就增加了二的平方等於四倍。這情形當你拿着一塊平板向前跑時，也可以覺到，愈是跑得快，愈是覺得平板向上浮的趨勢愈利害。第二項因素是翼面的面積，這很容易明白，不用多說，面積愈大，所得的舉力也愈大。再一個因素是空氣密度，這也很簡單，空氣密度大。表示單位容積或單位面積上的空氣分子數目多，數目多了，自然生產的力量大。

## (七) 飛行的敵人——阻力

前面已經告訴過你，翼面上產生的合力生了個「個好女兒」——舉力，和一個不肯的敗家的兒子——阻力。阻力，這東西，的確是個頑梗的傢伙，他處處和航空模型和真飛機搗亂，總是阻着它的尾巴，不讓它飛快。

其實也難怪它，這叫做「江山易改，本性難移」。他天性如此，又有什麼辦法呢！凡是任何東西，有多少具有一點黏滯性的流體裏活動時，多少總要產生一點抵抗力，這抵抗力就是阻力的一種。

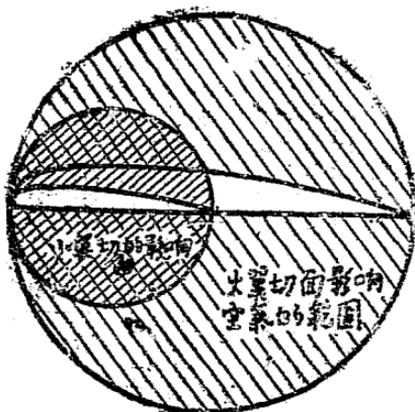
空氣既是一種具有黏滯性的流體，所以無論什麼東西，在它裏面流動，必然會生那裏壞傢伙——阻力的。

比方，你張着一把傘在大風裏前進，一定覺得很吃力，好像有人在前面推着你，不讓你走，那就是空氣給傘的阻力。再比方，一隻白木船上灘，若是沒有人在岸上背纏，船一步也不會划上去，那就是水流給船的阻力。總之，阻力的形式多得很，到處都可以看到它的蹤跡。

不信，在模型飛機真飛機上所生的阻力，就有好幾種，所謂「阻力」，不過是他的一

種總名稱而已。

在前面的圖中，你可以看到和舉力同一種產生的一種阻力，這個阻力因為是舉力的同胞，而且因為有了舉力就有了它，所以叫做誘生阻力。(Induced Drag) 誘生阻力很奇怪，爲了它與舉力有血緣關係，所以舉力大，它也大；舉力小它也小。對於舉力的產生而言，它差不多成爲必要的了。



(圖27) 對面切翼大小  
於迴圍空氣的影響

得出和大翼切面同樣大小的面積，可是牠的誘生阻力却只有大翼切面的一半，因為牠所能

航空模型爲什麼會飛

三五

雖然這樣說，可是有了誘生阻力，竟不好，非得設法減弱它不可。減弱的方法是把翼面的翼弦減小，翼展加大。換句話說，使它的展弦比加大。展弦比加大的意思，就是把翅膀做得又細又長，這種特點，在模型滑翔機或真滑翔機，來得最爲明顯。你不妨看一看圖(圖二十七)圖裏面共有兩個翼展相等的翼切面；大的在上，小的在下，大翼切面的翼弦(或者可說翼面積)雖然比大小的大兩倍，可是它整個面積所能影響到的空氣，却有四倍多。因此小翼切面的翼展，只要再延長到兩倍，就可

影響到的空氣，也只有大翼切面的一半。

若是讓那些工程師們搬筆碼，他們一定會舉出一大串公式，由這些公式裏，你也可以看出，誘生阻力和展弦比成反比，所以展弦比愈大，誘生阻力就愈小，小了當然好！所以我們應該把翅膀做薄又細又長。

除了誘生阻力外，還有另外一類阻力，叫做寄生阻力。在植物界中，有所謂寄生植物，寄生植物的意思是一種植物自己不能獨立存在，非依賴其他植物不可，那麼推論下去，寄生阻力也是不能單獨存在，而須依賴其他物事了。

對的，這句話一點也不錯，寄生阻力完全由於模型上或真飛機上各種機件而生，比仿寄生阻力中，有一種叫着磨擦阻力的，就是由於空氣身上，各不平滑部分和流過的空氣發生了磨擦抵抗力的原故，因爲空氣具有黏滯性，這種磨擦力實在沒法子避免，無論如何，很難歸存在，假若我們把表面上用沙紙打得非常光滑，就可使他減小一些。

磨擦阻力除了與表面粗糙和精細的程度有關而外，還和暴露的面積有關係。這點他很容易明白，比仿一個大模型，他暴露在空中裏面的面積較大，（也就是和模型接觸的面積較大），那萬發生磨擦的地方也較多，磨擦阻力就增大了。

誘生阻力中的第二種阻力叫做廢阻力。廢阻力是由於模型上各種突出的部分產生的。我們知道，每一部份突出在氣流中，他本身不但發生騷動和氣流，而且和別的部分發生。

過擾騷。像模型飛機的起落架，空氣滑翔機遶間的支柱，都是發生這一類不良產物的本營。船在水裏行駛時發生的渦流和干擾，可以增加水的阻力，減取船前進的速度，當然航空模型在空氣裏運動，若發生了渦流擾干擾，也同樣會產生有害的阻力了。

誘生阻力中，還有一種阻力叫形狀阻力。顧名思義你就可以知道。這種阻力是和模型的形狀有關係的。凡是形狀愈奇怪愈感扭的，阻力愈大。像鳥和魚的身體都是紡錘形狀，在空氣和水中所生的形狀阻力最小，這種形狀叫做流線形。最對流體的勁，最合他的胃，流體流過他的身旁時，不必花什麼力量，就順利的流過，所以發生的阻力最小。要想減低這種阻力並不困難，把模型儘量做成流線型就行了。

總而言之，阻力這東西，確實是一個敗家子，無論製作航模型或真飛機，都得盡量把他的勢力減弱，若是他一旦得勢，那麼飛行就變得順利了，這個要點，你最好像刻字似的刻在你的腦筋的印版上。

## (八) 空中安定性

當你拿了一個模型施放時，只要你施放的手法合乎規定，那模型在天空飛得平平穩穩，然後再慢慢落下，絕不會歪歪倒倒，像醉漢似的亂撞。

這是什麼原故？

這因為它在飛行時能夠獲得安定性的原故。

當一隻船在水面上行駛，一輛車在地面上開動的時候，無論他們活動得怎樣利害，總不能離開水面或地面，換句話說，他們只能在一個平面上前後左右地活動，——這種活動是平面的。可是航空模型的活動却大大不同了，因為它懸浮在空中，所以它不但可以前後左右的活動，而且可以上下活動，即是有時可以上，有時可以下，（昇和降）。你想，假若一個模型不能這樣活動，還叫什麼能飛的航空模型呢？這種活動，就叫做立體的活動，——具有三個方向的活動。

不用說，這種活動是太「活動」了，很難使它平衡安定。比仿一隻船，無論怎樣，它總不能一下跳上來，一下又落下去，我們只要使它能在水面上走得平穩，不翻過來，就很滿意了，一隻車子也是如此。至於一個航空模型却不能這樣，它在空中一定要飛得四平八穩，既不左右前後亂跑，也不上下亂翻斛斗，這樣當然要困難的多。

飛得平穩，這就表示它的安定性良好，亂跑，亂轉，亂翻斛斗，就表示安定性不好，或叫不安定。

安定性之中，又有兩種情形，一種叫靜力安定性，一種叫動力安定性，當模型在空中飛行時，突然遇着一陣風，把機頭吹仰起來了，這時機尾應運而生一種力量，產生一力距，正好與它上仰的方向相反，而把它硬捺下去，仍然恢復原來的飛行狀態，這就叫靜力安定性；假若上面所說的那種模型恢復原來位置的力距，產生了振動，就叫做動力安定性，動力安定性研究起來困難的多，普通只要靜力安定性很好，動力安定性一定也是很好的，所以你若做一架模型，把靜力安定性弄好就行了。

飛機或者模型在空中究竟怎樣活動的呢？若是知道了它的活動情形，當然比較容易使它安定的。

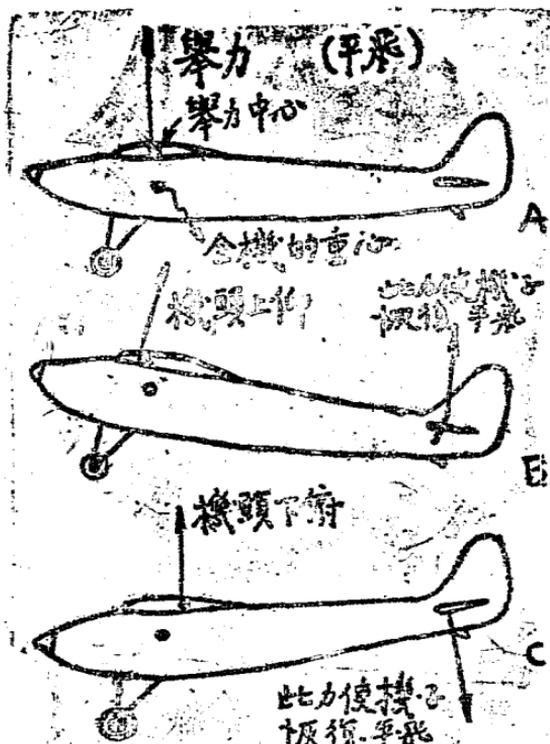
那應翻一翻前面，你一定知道飛機或模型上有三根假想的軸，這三根軸都通過它的重心。飛機在空中飛行時，就繞着這三根軸運動，假若以橫軸為樞紐，而繞着它轉動，機頭仰起或俯下，就產生了上下縱向的不安定。這等於把一架模型機輕輕抵着它兩邊的翼尖，然後用手抬起或捺下它的頭。若是把橫軸換一根直軸，讓機子繞直軸轉動，機頭向左歪或向右歪，就產生了左右方向的不安定。這就等於用一個大夾子在一架模型的重心上，上下輕輕夾住，再用手橫推它的頭，它便一會偏向左，一會偏向右。最後，若是把抵着模型翼

# 航空模型為什麼會飛

四〇

尖的東西移來抵着頭和雲尾，用手抬起或捺下兩邊的翼尖，那麼模型就趨着縱軸轉動，發生了橫側的不安定。

好了，歸攏說一句，飛機或模型在空中受了外力的騷擾可以發生：



(圖 28) 機子重心和舉力中心前後移動對於縱向安定的關係

縱向的不

安定 (上下俯

仰)

方向的不

安定 (左偏右

向)

橫側的不

安定 (高低傾

滾)

那麼怎樣

才能各方面安

定呢?

要想使縱

向安定，在機上裝一個水平安定面就可以了。在真飛機，水平安定面後部，還有一個能動的昇降舵，專管機子俯仰之用，什麼叫水平安定面呢？就是機身後面水平的尾巴。

請你不妨再來一次看鬧職事，圖中（圖28）機子在正常的水平飛行時，重心和舉力的位置都很正常，沒有什麼毛病。（圖28A）假若一陣風從下面吹上來，把機頭吹得仰起，機子的重心馬上就向後移，舉力對重心就發生了一個力距，把機子更向後仰，這時水平安定面的攻角加大，舉力也加大，所以對重心也發生一個力距，這個距離正好和前面那個力矩的方向相反，使機頭向下傾，所以結果機子又恢復到原來的水平飛行位置（B）。假若改變方向，從上面吹下去，把機頭壓下，相反地，重心移前，舉力對它發生的力距，使機子更向下俯衝，但是，同樣地，水平安定面又發生一個向下的力量，對重心發生方向相反的力距使機子再回復原狀。（C）

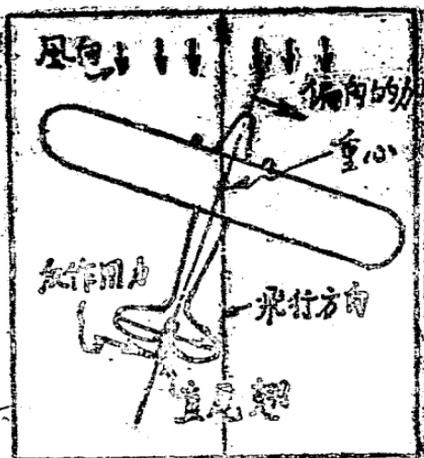
方向的不安定如何補救呢？

模型要想做到不向兩邊亂歪，取得方向安定性，有兩種辦法，比較普通的是在模型上裝一個直尾翅。（在真飛機上裝直尾翅的後部還有一個能動的方向舵，專管機子轉彎用的）當模型在水平飛行時，比仿左邊吹來一陣風，吹着機頭繞着直軸歪向右邊，機尾便自然地繞直軸轉到左邊，然而機尾上豎立着一面直尾翅，風給它一股反作用力，對直軸發生

航空模型爲什麼會飛

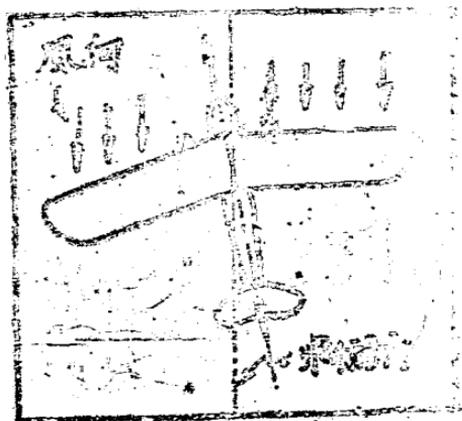
四二

29) 一方距，模型就可以仍回到原來的位。假鈎右邊吹來一股風，當然可以發生類似的結果。(圖



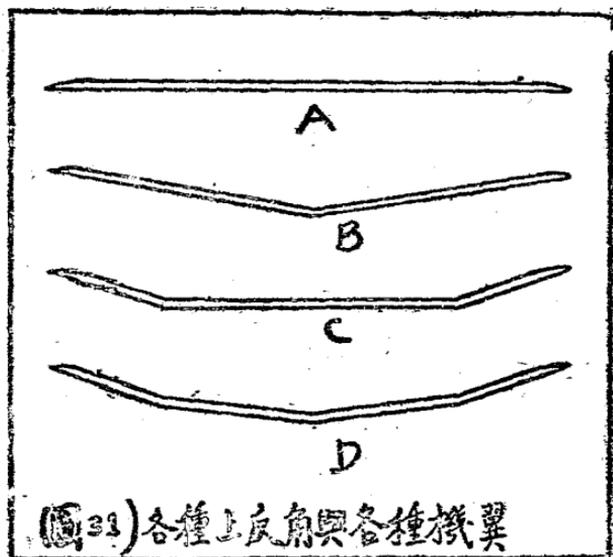
(圖29) 直尾翅和方向安定性的關係

再一個辦法是把模型的翅膀，做得微微向後傾掠，製成一個適當的後掠角。(圖30)當機子受了外力作用，歪向左方時，歪到某一個地位，本



(圖30) 後掠翼的作用

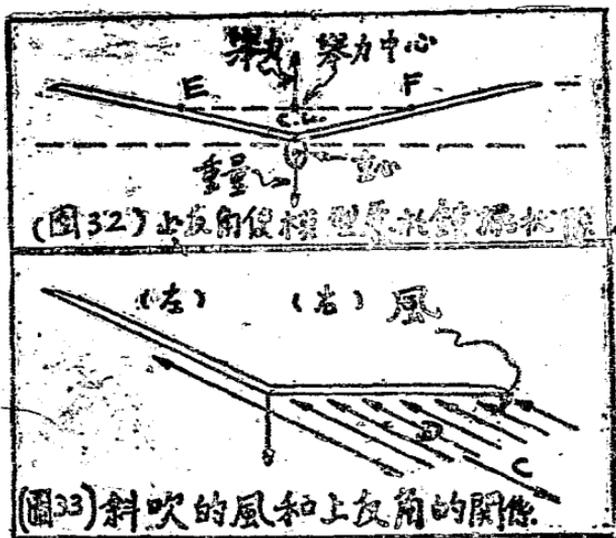
邊翅膀和迎面吹來的風成直交，風擊它吹過來時有效長度最大，所生的阻力也最大，而歪過去的左翼，因爲有效長度減小，所以阻力小，一邊阻力大，一邊



壓力小，自然機子又向右邊歪，回到原來的地位了。

維持模型橫側安定性的最有效的辦法，是把翅膀略略向上翹起，製成一個適當的上反角，而不採用平直的翅膀。(圖31)像圖中的A種翅膀，就沒有其餘三種好。上反角不能太大，也不能太複雜，太大了，有效的翼面積減小，所以舉力也減小；太複雜(像D種)造起來太麻煩。

當翅膀上去了以後，兩旁翅膀的



滑作用，即向  $e$  了方向傾滑過去，那麼風就按  $D$  的方向吹到方型的翅膀上。這樣恰好風的

舉力中心（即機  $F$ ）自然就結合成一個總的舉力中心（ $e j$ ），而這一點又自然地在整個模型的中心上面（圖32）這樣，整個模型就好像一個鐘擺似的吊在（ $e j$ ）點上。擺的全副重量是聚於重心而在下面搖擺，雖然它要搖擺上去一點距離，可是它會自然會恢復原狀。你看那個鐘擺搖了相當高度以後不恢復原狀其實好處又何止這一點？你不妨再看另外一個圖（圖33）。假設圖中的模型受了外力作用，向  $e$  的方向發生了側型受了外力作用到方型的翅膀上。這樣恰好風的

方向和左邊翹起來的翅膀平行，不發生作用，而沒有舉力，可是，這時右邊低下來，翅膀因為仍受到風力作用，所以仍然有舉力。既然右邊有舉力，左邊無舉力，模型自然會向左邊傾斜回到正常的位置了。

或者換一種情形，當模型轉到一邊的時候，轉下來的翅膀，（左邊）因和風直交，有效面積增大，所以舉力增加，右邊不成直交，有效面積增大，所以舉力增加的一邊，自然會把模型恢復到原來的位置。（圖34）

普通真飛機的上反角比較小，只有二三度。模型因為要想飛得安定，可做得大一點，普通都在三度到十度之間。

除了利用上反角維持橫側安定性以外，在模型身上還有一樣東西，可以自然維持橫側安定性，那便是直尾翅，這很可以想像得出來，當模型傾向一邊時，直尾翅自然可以發生

航空模型為什麼會飛



(圖34)上反角和橫側安定性的關係

二股相反的功，使機子復原狀。

## (九) 尾聲

前面說了一大串話，在你腦筋裏發生了作用沒有？

現在我反問你一句：航空模型怎樣會飛的？

(你瞧，我就心着你面紅耳赤一句話答不出來哩！)

「是不是這樣……」

好，你說，別急，慢慢的說。

「是不是航空模型先有了原動力(推力)——外加的機件或是它本身的重量，——對空氣發生了相對運動，發生一種作用，於是空氣對它反激成一種反作用力，這反作用力由於那奇形怪狀的翼切面而產生了舉力和誘生阻力，這舉力就可以勝過它的重量托着它上天，阻力却吊着它的尾巴不讓它前進；可是，只要拉力稍大，仍可拖着它向前。同時又因為幾種安定性和特別的構造，使模型能夠在飛行時獲得安定性，所以模型便毫無問題地在空中順利而平穩地飛行了。慌了，我說的太慌了，有點上氣不接下氣，不過，我誠懇的問你一句，我這些話是不是還有一點道理呢！」

我放心了，你這回答使我感到我那一大些唾沫並沒白費，前面那一大串話並沒白講，你假若志願把腦袋碎碎看，一定可以看出你的腦袋現在是重一點，因為裏面多少總增加了

一點東西。

但是，拿什來補償我唾沫的損失呢？我想最好還是你親手做一個航空模型送給我看看。到了模型，就會想起你確實懂得它的飛行原理了。

中華民國三十一年四月四日初版（渝）

# 航空模型爲什麼會飛

（實價國幣三元）

著者 史超禮

主編人 朱惠之

地址：成渝綫青木關  
中國滑翔出版社

發行人 郝更生

地址：成渝綫青木關  
中國滑翔總會

印刷者 重慶明生印刷局

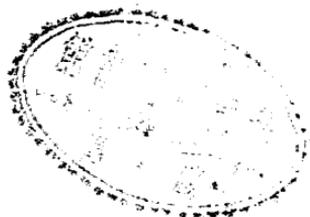
地址：林森路五五六號

代售處 全國各大書局

航空模型叢書第一冊

版權所有

500043



KBC  
IG  
278