

# 飛機原理



姜長英編



大東書局印行

# 飛機原理

.....

大學書局發行

# 飛機原理

姜長英編著

大東書局印行

一九五〇年十月初版

技—0019  
機—0005

# 飛 機 原 理

基本定價：11.00 元

(照同業議定倍數出售 外埠酌加郵運包裝費)

版權所有  
不准翻印

編 著 者 姜 長 英

發 行 者 大 東 書 局

上海福州路310號



發 行 所 大 東 書 局

## 初 版 朱 序

姜君長英，自美歸國後，曾服務空軍。嗣執教交通大學航空工程系，迄茲已十餘年矣。平素好學求知，個人搜集航空用書極豐。一九三八年曾以克來民 (A. Klemin) 所著之 Simplified Aerodynamics 爲藍本，改編“飛機原理”一書。因礙於環境，致未出版。最近，姜君鑒於航空工程界參考書籍之稀少，故將前書重行校訂，詳述飛機飛行之基本原理。全書計一百五十餘頁，圖一百二十餘幅，內容益或充實，確爲高中大學學生，以及飛行、機械人員研求進修之良好讀物。特爲之序。

一九四七年十月一日朱霖序於南京航空工業局

## 初 版 自 序 一

自從飛機飛行成功到現在，還不過三十五年，飛機已成為軍用民用所不可少的利器。進步之快，真是前人所夢想不到的。中國政府注意航空，已有二十五年（自 1913 年南苑航空學校成立算起），到現在幾乎一切都不能獨立，反叫後起的日本空軍，來中國瘋狂轟炸大肆淫威。中國航空進步之慢，遠出常人的意料，因此也吃了大虧。

以前，中國政府注意航空，只偏重在那看得見聽得着的枝葉部份，而忽略了根本。直到受了“九一八”“一二八”的打擊教訓之後，纔漸有覺悟，對於航空學術和航空工業，也稍加注意。中國民衆，親身吃着敵機的苦，對於航空也發生了興趣。所以在最近的五六年裏，中國的航空事業，確已有了空前的進步。

跟隨着航空的進步（照理，圖書刊物是應當領導航空進步的），和迎合社會的需求，這幾年來有關航空的出版物，很不算少。但它們的內容，多是略述一般的常識。至於有系統的空氣動力學——航空的基本——的書，實不多見。但是中國已受夠了慘痛的教訓，早該有一個澈底的覺悟了。我希望這本書，能補足上述的缺乏並適應今後的需要。

這本書是以克來民的簡易氣動力學（Simplified Aerodynamics—Alexander Klemin）作藍本，再參考別的幾種書，加以伸縮改編的。但在有些地方——特別是前三章，幾乎完全按照克氏的書，沒有變動。在內容方面，本書想用通俗的普通話，解說飛機原理。此外也注重計算，但不用高深的數學。所以最適宜於有中等以上程度的航空愛好者們閱讀。也可供已在航空界服務的人——如駕駛員、機械士等——作參考，使他們對於飛機有更進一步的認識。本書的文字圖表 and

例題，雖曾經一再的校算，但疏漏錯誤之處，終恐難免，很希望讀者們來指教。

我寫這書是從去年三月底開始的，到六月底已完大半。我的兒子康年，替我上樓下樓，拿紙拿筆，很出過不少力。他那時只有三歲半，身體極好。曾有幾次在兒童健康比賽會中，得優勝獎。不幸他在七月初得病入醫院。尤其不幸的是他患盲腸炎，而那幾個大小名醫定要當作別的病。後來雖經外科醫生診斷出來，可惜已太晚了。我遭愛子之喪，又值中日大戰爆發，寫書的工作，就此停頓下來。一直到今年夏初，纔又舊事重提。康年雖未見此書完成，但是功不可沒，所以我特地要用此書，紀念這不幸的“健康兒童”。

一九三八年八月十日姜長英寫於上海

## 初 版 自 序 二

中國和日本苦戰了八年。幸得盟國幫忙，終於得到最後勝利。到現在又已兩年了。回想這抗戰的八年間：人民忍受了無數苦難，政府也渡過了無數難關。在抗戰中建設壯大起來的中國空軍，獲得了無數光輝戰績，但也曾遭遇過無數折磨和犧牲。尤其是那幾年：海外交通斷絕了，只靠着幾架老飛機來應付。敵人的航空工業是有基礎的，所以敵機的性能，常常改進。我們既少飛機，又缺器材，幾架老機器上去，也是白白送死。我國的空軍鬥士們，眼看着敵人在耀武揚威，空有以一敵十百敵千萬的精神，但是赤手空拳，有何用處？當時的心情，一定是忿怒極了，痛苦極了……多虧了敵人，在一九四一年十二月八日闖了一個大禍。後來我們有了野馬式飛機，將敵人的零式機殺退，大局才有了轉機。中國的政府和人民，永遠不要忘了這慘痛的，也可說是極可寶貴的教訓。

中國在受過無數痛創之後，大概已經覺悟了。認清中國空軍的病根在沒有航空工業，不能脫離外國而自立。以往的事實，證明了此病的危險。請快放開遠大眼光，勿貪圖急功近利，努力建設航空的基礎。

此書之成，在一九三八年。這幾年中，因有第二次世界大戰的需要，航空技術已有很大的進步，所以特將原稿從新校訂，廣加補充。作者希望它成爲一本合於時代的新書，並對建設航空的大業，稍能有點幫助。

一九四七年九月二十一日寫於上海

## 再版自序

本書第一版原名“簡易空氣動力學”，是一九四八年十月由世界書局出版的。那時，中國解放戰爭，正在艱苦進行；也是中國百姓最受政治壓迫，最受生活煎熬的時候。本書可說是“生不逢辰”。它不能發生預期的作用（見初版自序），那是毫不足怪的。一九五〇年春，原出版者停業，本書的出版合同，也同時取消。

一九四九年，上海和全中國的絕大部份都解放了，中華人民共和國也宣告成立。到一九五〇年，中國已從苦難中奮鬥出來。人民空軍剛開始建立，就把敵人打退。各種生產事業，都在努力建設。人民除了工作，還要熱烈學習，科學技術也被重視了。

暑假中，我把初版書校正一遍，增削了幾處，又在最後添寫了一章（第二十章）；嫌原書名太不通俗，太不明顯，所以改成現在的名字；並請大東書局印行第二版。

一九五〇年八月姜長英。

## 目 錄

|       |                     |
|-------|---------------------|
| 初版朱序  |                     |
| 初版自序一 |                     |
| 初版自序二 |                     |
| 再版自序  |                     |
| 第一章   | 基本數學和力學..... 1      |
| 第二章   | 空氣的性質..... 11       |
| 第三章   | 順流和柏努利氏定律..... 16   |
| 第四章   | 翼面性質..... 20        |
| 第五章   | 氣動力學試驗..... 28      |
| 第六章   | 廢阻力..... 37         |
| 第七章   | 馬力曲線..... 45        |
| 第八章   | 螺旋槳和飛機性能..... 53    |
| 第九章   | 滑翔下衝和平飛..... 64     |
| 第十章   | 轉灣和離心力..... 71      |
| 第十一章  | 飛機操縱和轉灣..... 77     |
| 第十二章  | 降落和落地距離..... 85     |
| 第十三章  | 起飛和上升..... 91       |
| 第十四章  | 安定和平衡..... 97       |
| 第十五章  | 縱安定..... 104        |
| 第十六章  | 橫安定..... 113        |
| 第十七章  | 翼面原理..... 119       |
| 第十八章  | 雙翼機..... 127        |
| 第十九章  | 選擇翼面..... 135       |
| 第二十章  | 噴氣飛機和超聲速飛行..... 143 |
| 附錄一   | 度量衡換算表..... 153     |
| 附錄二   | 航空器和飛機..... 155     |
| 附錄三   | 中英名辭對照..... 159     |

## 第一章 基本數學和力學

要想研究應用於飛機的空氣動力學，或簡稱氣動力學，不一定需要高深的程度；僅能懂些簡單公式，有點關於數學和力學的基本概念，已經足夠了。所以請對於數學無興趣少修養的初學者，也不必畏縮自餒。

解釋某種事情或現象，如用普通言語，費了許多話，或者未必明瞭。但是用了數學言語——方程式，就明白極了。如能領悟這簡單的數學言語，研究氣動力學就格外容易。所以本章先講些數學和力學上最重要的原則。

**常數** 如有一飛機以每小時若干里不變的速度向前飛行。他所飛過的距離和所飛的時間，成正比例。如用數學方法表明這種關係，就是  $S \propto t$ ，其中  $S$  代表所飛的距離， $t$  代表所飛的時間。

用  $V$  代表飛機的前進速度， $S$  和  $t$  的關係，就可用下列的等式代表。

$$S = Vt.$$

此處應加說明的是： $S$  如和  $t$  成比例， $S$  就等於一個常數乘  $t$ 。 $V$  既代表這飛機不變的速度，也就是一個常數。

飛機的速度如為每小時飛 120 里，常數  $V$  就是 120， $S = 120t$ 。飛 3 小時所能達到的距離等於  $S = 120 \times 3 = 360$  里。

了解常數的意義，是非常重要的。

**利用一個方程式** 我們在學校裏學代數時，常常感到困難乏味。那是教材太空虛的原故。如用來解決實際問題，就可增加興趣了。譬如前節飛機一例：

$$S = Vt \text{ 可寫作 } t = \frac{S}{V} \text{ 又可寫作 } V = \frac{S}{t}.$$

如這飛機以每小時 120 里的速度飛 720 里，問須飛幾小時？將已知數代入  $t = \frac{S}{V}$  式中，答案為  $t = \frac{720}{120} = 6$  小時。

又如這飛機飛 500 里距離，費 5 小時，問飛機的速度每小時多少里？將已知數代入  $V = \frac{S}{t}$  式中，就求出  $V = \frac{500}{5} = 100$  里/時。

以上種種變化，可以說是非常簡單。以後的各問題，也不見得比這個再難。

**幾何和三角** 任何地方上空最低的雲，離開地面的高度，就名該地的雲高。這是飛機駕駛員所應知道的重要事項之一。在夜間想測定雲高，須用測頂器。此器有一探照燈，能發出一股燈光，斜射雲面，燈光和地面作  $45^\circ$  角，如圖 1。

地面上的 b 點，正在被燈照明的雲 c 點之下。丈量 ab 的距離，同時也可以知雲高 bc。燈光和地面所作的角是  $45^\circ$ ，bc 和地面垂直作  $90^\circ$  角。一個三角形的三內角之和等於  $180^\circ$ 。所以 C 角等於  $180 - (45 +$

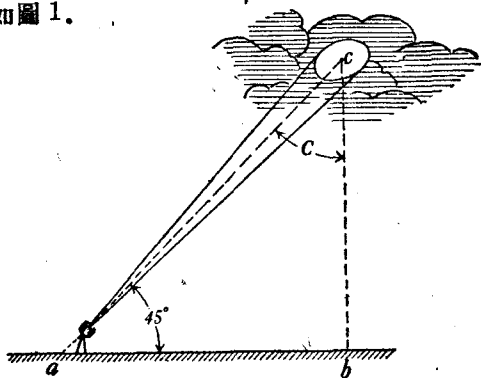


圖 1

$90)$  也是  $45^\circ$ 。一個三角形中，有兩個角相等，它必是等腰三角形。a b 之長必等於雲高 bc。

在圖 1 裏，只要燈光的角度是  $45^\circ$ ，無論 ab 的距離遠近，一定會等於雲高 bc 的。

假使燈光和地面間，不是  $45^\circ$  而是較小的角，如圖 2 燈光由 a 向 c 射出。我們可以看出雲高 bc 已不等於 ab。即使量出 ab，仍然不

知雲的高度。

現在三角學有用了。凡直角三角形，其一銳角等於  $A$ 。它的三條邊就互相成某種比例。這種比例名為自然三角函數。

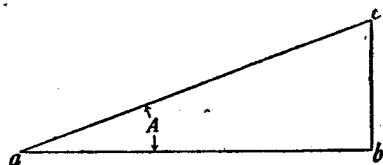


圖 2

它的數值，常列為表格，載在許多手冊或三角學書裏。

常用的三角函數有正弦、餘弦和正切。在數學方程式裏，常用  $\sin$ ,  $\cos$  和  $\tan$  作代表的符號。這些函數，只代表有某銳角的直角三角形，它的邊和邊之間的比例；毫無其他深意。每各的定義如下：

$$\sin A = \frac{bc}{ac}, \quad \cos A = \frac{ab}{ac}, \quad \tan A = \frac{bc}{ab}.$$

在圖 1 的測雲高問題裏， $A = 45^\circ$ ， $bc = ab$ 。於是可得  $\tan A = \tan 45^\circ = \frac{bc}{ab} = 1$ 。

再看圖 2，我們可量出  $ab$ ，如也量出  $A$  角，就可從  $\tan A = \frac{bc}{ab}$  或  $bc = ab \tan A$  求得雲高  $bc$ 。

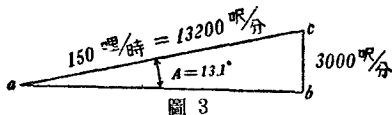
如  $ab = 200$  尺， $A = 30^\circ$ ，可知  $bc = 200 \tan 30^\circ$ 。再從三角函數表查出  $\tan 30^\circ = 0.577$ ，所以  $bc = 200 \times 0.577 = 115.4$  尺。

許許多多角度的三角函數，可用表查出，不須記憶，也不能記憶。但如  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  和  $90^\circ$  各角的三角函，都非常有用，很好記而且值得一記。現在將每個的數值列成下表，用來幫助記憶。

| 角度     | $0^\circ$             | $30^\circ$            | $45^\circ$            | $60^\circ$            | $90^\circ$            |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $\sin$ | $\frac{1}{2}\sqrt{0}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{1}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{4}$ |
| $\cos$ | $\frac{1}{2}\sqrt{4}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{2}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{1}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{0}$ |
| $\tan$ | 0                     | $\sqrt{\frac{1}{3}}$  | 1                     | $\sqrt{3}$            | $\infty$              |

**飛機上升問題** 看一個很快的飛機上升，很多人常以為這飛機能垂直上升，像直升機一樣。這是觀者的錯覺，其實飛機不能夠很陡的上升的。

例如一個很快的軍用機，上升飛行速度每小時 150 哩，垂直上升速度每分鐘 3000 呎。求上升的角度——圖 3 的 A 角。

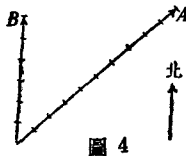


每小時 1 哩 = 每小時 5280 呎 = 每分鐘 88 呎 = 每秒鐘 1.467 呎  
 $150 \text{ 哩/時} = 150 \times 88 = 13200 \text{ 呎/分}$

$$\sin A = \frac{bc}{ac} = \frac{3000}{13200} = 0.227$$

從三角函數表查出  $13.1^\circ$  的正弦是 0.227，所以上升角 A 等於  $13.1^\circ$ 。這角比觀察者的成見要小得多了。

**用線代表速度** 速度的方向和大小，可以用線代表。這是很容易的。設有一飛機向東北飛。速度是每小時 100 哩。圖 4 箭頭 A 表示此速度向東北。每單位長度代表 10 哩/時，共有 10 單位。箭頭 B 長 6 單位向正北，代表向北的速度每小時 60 哩。



**相對速度和合速** 一列火車的前進速度是 60 哩/時。一個人在車裏走，速度是 2 哩/時，走的方向和火車相同。用地面作標準，此人的實在速度是 62 哩/時。如此人走的方向和火車相反，他的對地速度只有 58 哩/時。

同樣的，一個飛機在風速 20 哩/時的順風裏飛，對於空氣的速度（簡稱空速）是 100 哩/時，飛機對於地面的速度（簡稱地速）是 120 哩/時。如速度 20 哩/時的順風變為逆風，飛機的地速只有 80 哩/時了。

假如飛行方向和風向不平行，飛機對地面進行方向和速度，都可

以很簡單的用線畫出來。圖 5 代表一個飛機在 25 哩/時的東南風裏向東飛的速度是 100 哩/時。飛機的地速是空速和風速的合速。從圖上求出地速是 85 哩/時，方向是向東而稍偏東北。

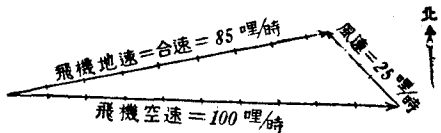


圖 5

用三角也能求出相同的結果，不過沒有用畫線圖解的簡便。

**分力和合力** 力的意義，我們都熟習知道的。力不過是一種推或拉的力量。力的方向大小，也像速度一樣，可以用線表示。幾個力合併為一個，或是一個力分解為幾個，都可以用線畫出來。

圖 6 表示一個飛機的翼，正向左方前進。翼上受着兩種力量：一個是向上的升力 2000 磅，一個是向右的阻力 200 磅。升阻二力的合力，從圖上量出來，等於 2010 磅。

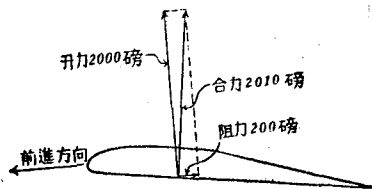


圖 6

這個合力問題，也可利用直角三角形勾股弦的關係，以求解決。勾方加股方等於弦方。升力和阻力是垂直的，所以：

$$(\text{阻力})^2 + (\text{升力})^2 = (\text{合力})^2$$

$$\text{合力} = \sqrt{2000^2 + 200^2} = \sqrt{4040000} = 2010 \text{ 磅}$$

有的時候需要將一力分解為幾個分力。如圖 6，我們如已知合力的大小方向，然後用圖解法求它的分力——升力和阻力。

由合力求分力，有時應用三角可較便利。如圖 7，一個 10 斤的重量 (a) 放在傾斜  $30^\circ$  的斜面上。這 10 斤的

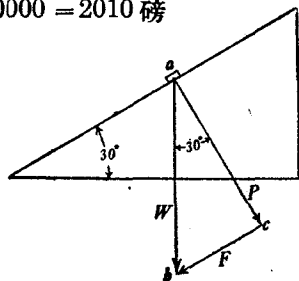


圖 7

力(W)可分為兩個分力：一個平行於斜面(F)，一個垂直於斜面(P)。F和W之比等於abc直角三角形裏bc和ab之比。

$$\frac{F}{W} = \frac{bc}{ab} = \sin 30^\circ$$

$$\text{所以 } F = W \sin 30^\circ = 10 \times 0.5 = 5 \text{ 斤}$$

$$\text{同理 } \frac{P}{W} = \frac{ac}{ab} = \cos 30^\circ$$

$$\text{所以 } P = W \cos 30^\circ = 10 \times \frac{1}{2} \sqrt{3} = 5\sqrt{3} \text{ 斤}$$

這種將一力分解為分力的方法，在飛機滑翔和下衝等問題裏，是很有用的。

**重心和力矩** 一個物體的每個分子，都被地心吸力向下吸引。全物體中，所有分子重力的合力，常經過一點。這點名為物體的重心。如將一棍在它的重心下面，用架架住，此棍就能平衡，如圖8。一個物體的重心，只要和支點在一條垂線上，無論這物體怎樣放，總是平衡的。

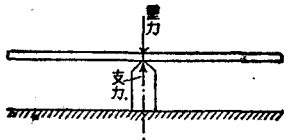


圖 8

此棍的支點不在經過重心的垂線上，如圖9，重心在支點右邊，就發生一個不平衡的右傾力矩。結果此棍右傾。右端着地，地面也供給一個支力，才能使全體平衡。

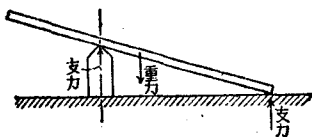


圖 9

某力對於某點的力矩，就是此力和由力到某點垂直距離的乘積。如圖10，有一橫樑造在牆上。牆外樑長10尺，頭上掛着100斤的重量。這重量對於樑根A點的力矩=100×10=1000尺斤

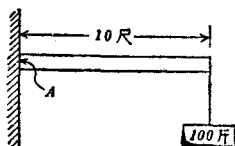


圖 10

一個飛機當然也有一個重心。它如繼續平穩向前飛，不改變傾斜

度，全飛機所受空氣的總支持力，必須要經過重心。如圖 11，重 2000 斤的飛機，受着 2000 斤的升力。升力恰好經過重心，對於重心的力矩等於零。於是乎飛機平衡了。設若此飛機改變了傾斜度，升

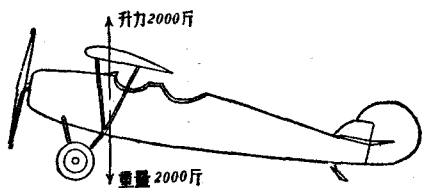


圖 11

力已不經過重心，而在它前面或後面，升力對於重心就有不平衡的力矩。如仍想維持平衡，飛機尾部需要有一個尾力，抵住升力的力矩。

如圖 12，升力 2000 斤在重心後 1 尺，它對於重心的力矩有  $2000 \times 1 = 2000$  尺斤。這力矩要抬高機尾，使飛機下衝。飛機駕駛員應該扳起升降舵，使機尾發生向下的尾力，平衡升力的力矩。從重

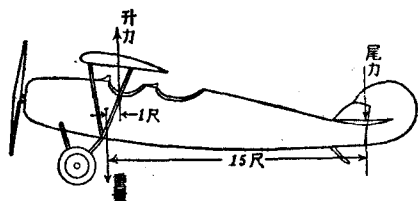


圖 12

心到尾力的距離，假定有 15 尺 尾力  $\times 15 = 2000$ ，所以尾力 = 133 斤。

現在這飛機上有向上升力 2000 斤，向下的尾力 133 斤，所以淨餘升力 1867 斤。如果飛機全體重量，超過此數，飛機就要降低。如沒有這末重，它就要上升。

**力和加速度** 一個物體在真空裏向地球下墜，第一秒鐘後下降速度是 32.2 呎/秒，第二秒鐘後速度是 64.4 呎/秒，第三秒鐘後是 96.6 呎/秒，以後可以類推。此物的加速度是每秒鐘 32.2 呎/秒。這是地心吸力所發生的加速度，平常用符號  $g$  作代表。

用一個力量到重一磅的重量上，如能使此重量有每秒鐘 32.2 呎/秒的加速度，這樣大的力量就算一磅。要使一磅重量有每秒鐘 1 呎/秒的加速度，所用的力是  $\frac{1}{32.2}$  或是  $\frac{1}{g}$  磅。