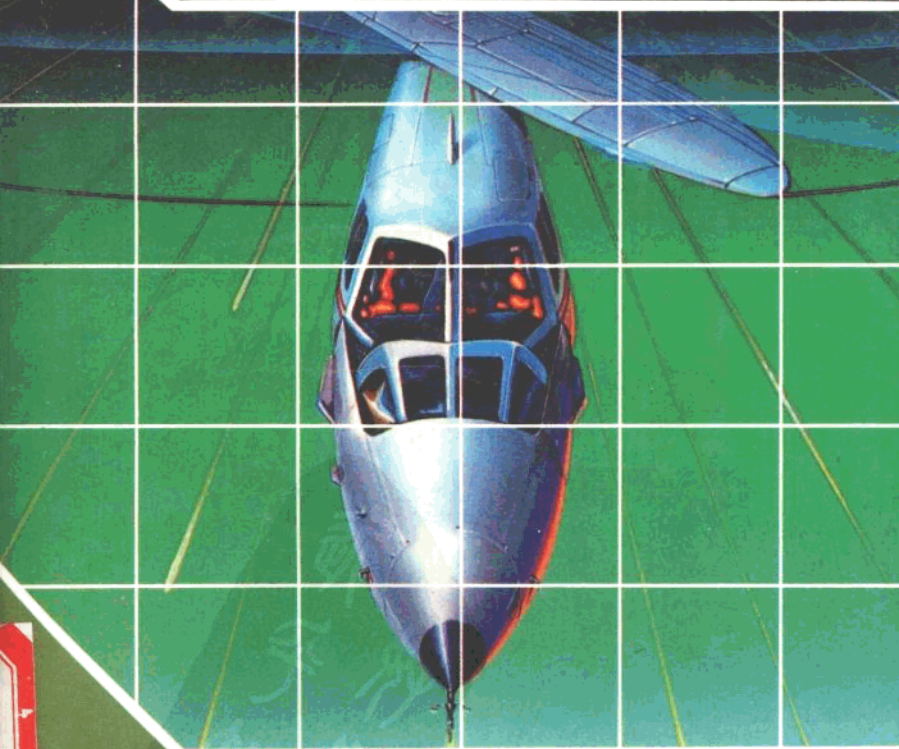


新世紀叢書

飛行奧秘和最新技術發展

飛機總論

審定者：劉鐵虎



銀禾出版社 印行

目 錄

前言——所謂的好飛機	1
第一章 飛機為何掉落	9
第二章 自由自在地飛翔	31
第三章 困難的起飛、降落	57
第四章 輕而堅牢的機身	85
第五章 飛機的引擎	105
第六章 尋求新型飛機	129
第七章 防止暈機	163
第八章 以無公害飛機為目標	177

前言——所謂的好飛機

航空運輸的發達

近來，飛機已經成為人們不可或缺的交通工具。筆者在一九五七年留美時乘坐克利夫蘭總統號客輪，花了十二天才到達舊金山。回想當時真有遙不可及的感慨。

當時雖然可以搭乘DC7C等的螺旋槳美日航線班機赴美，但留學生坐飛機顯得太過奢侈，因而改坐輪船。如今，從台北桃園機場僅僅九個小時就到達洛杉磯機場。像這樣每一年有數以萬計的人到國外旅行。在日本國內，每年全國人三個中有一個坐飛機。

像這樣，飛機成為一般民衆非常方便的交通工具，也因此報紙上時常出現飛機失事的消息，給人們很大的衝擊。尤其是客機常出現衆多的死傷情況，所以特別受世人注目。幾乎可以說一提到有關飛機的消息，不外乎是失事的消息。於是人們厲聲指責飛機製造專家們毫無作為。但願各位讀者經本書的介紹而知悉那些飛機的專家，尤其是參與其研究、設計等工作的人士，爲了供應更好的飛機，會面對些什麼問題？

飛行的原理

在提到所謂的好飛機之前，讓我們先復習一下飛行的原理。圖 0-1 表示飛機以一定的速度水平飛行時的均衡力量。

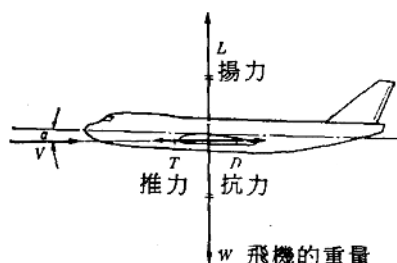


圖 0-1 作用於飛機的力量

飛機有機翼，經產生揚力 L 。透過此揚力及飛機的重量 W 的保持均衡，始能水平地飛行。在圖中因為揚力 L 可與動壓 $\frac{1}{2}\rho V^2$ 及翼面積 S 相比，故可寫 $L = \frac{1}{2}\rho V^2 C_L$ 。 C_L 稱之揚力系數，透過改變機身的軸方向與觸及飛機氣流的方向之間的角度，即是迎角 α 就會起變化。又 ρ 為空氣的密度 V 為速度。

其次與前進方向相反的力量有抗力 D 。它也與揚力的情況相同，可寫成 $D = \frac{1}{2}\rho V^2 S C_D$ 。 C_D 稱之抵抗系數，也因迎角 α 而定。

前進方向有引擎所發出的推力 T ，與抗力 D 取得均衡。如此上下方向的力量及前進方向的力量取得均衡，始有可能作一定速度的水平飛行。

人看了鳥飛，就想自己也能飛。鳥翼不但有揚力，同時也有推力；然而在一八〇四年，英國的凱利想出分別產生力量的方法，即經機翼產生揚力，另由引擎及螺旋槳的組合產生推力，自此，飛機乃邁向實現的階段。

運貨的有效性

性能優良的飛機的第一要件為運費低廉。在專業上，以一公斤的燃料將一公斤的物體輸送幾公里的數據，稱為繼續航行系數，它如下式所示將一小時內可搬運的輸送量除以一小時內所消耗的燃料即可。

$$\begin{aligned}\text{繼續航行系數} &= \frac{1 \text{ 小時內可搬運的輸送量}}{1 \text{ 小時內所消耗的燃料}} \\ &= \frac{WV}{Tb_j} = \frac{L}{D} \cdot \frac{V}{b_j} \quad (\text{公里})\end{aligned}$$

在此， W 為飛機的重量（公斤）， V 為時速（公里／小時）， T 為推力（公斤）， b_j 為維持推力一公斤一小時所需要的燃料（公斤／小時）， L 為揚力（公斤）， D 為阻抗力（公斤）。

繼續航行系數大的飛機因為以同一重量航行同一距離所需要的燃料較少，所以是比較經濟的飛機。繼續航行系數因飛機的速度而有很大的變化。

圖 0-2 表示將速度除以音速代替速度的馬赫數與繼續航行系數之間的關係。揚抗比 L/D 在馬赫數 0.8 左右時最大，爾後急驟減少，從馬赫數 1.5 左右起又緩慢地減少。因為 V/b_1 會緩慢地增加，所以繼續航行系數在馬赫數 0.8 左右時最高，在很快減少後，從馬赫數 2 左右起再次緩慢上昇。由此圖不難了解為什麼現在的噴射貨機大多將其馬赫數定在 0.8 左右的緣故。

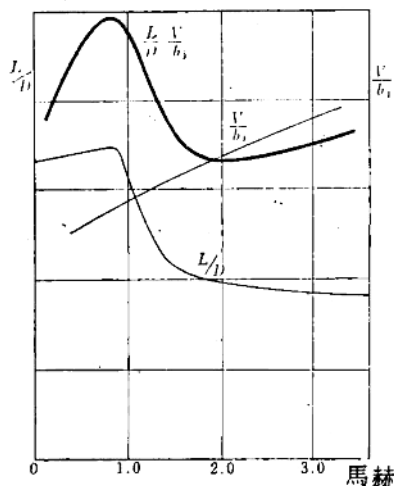


圖 0-2 繼續航行系數在亞音速時最好

「協和式」超音速客機和蘇俄製造的 Tu 144 的巡航馬赫數各為 2.05 及 2.2，但比起亞音速噴射機，其燃料消耗相當大。為此雖然收費高達亞音速客機經濟座位票價的 2.5 倍，仍鬧赤字，苦惱不已。

安全飛行

性能優良的飛機的第二個要件是安全。飛機在巡航狀態飛行時最安全；在起飛、降落時，因為須以低速飛行，而以低速駕駛飛機就像以低速騎單車一樣，是很困難的，而且又要在飛機場這樣狹窄的地方操作，所以起飛、降落時的事故比較多，甚至還有包括降落時的最後八分鐘及起飛時的三分鐘在內的「危險的十一分鐘」的說法。又降落時的事故比起飛時的事故多的原因是起飛時可以從跑道的一端起動，對比之下，降落時準確選定落點的困難性就不難了解了。在狹窄的飛機場降落噴射機時，即使相當顧及飛行安全，仍然要比在廣闊的機場降落容易闖禍。

至於闖禍的原因計有機身故障、人為錯失、天氣狀況不良等。通常都是由這些惡劣條件同時出現的情況較多。在機身的故障中最具致命性的是駕駛裝置的故障，所以一般對於駕駛裝置無不付出最大的努力以求其安全可靠。

縱然引擎發生故障，很多例子顯示還可以將飛機飛到最近的機場降落或迫降以免發生危險。

人為錯失的比率也高。當然飛行員的訓練很重要，但只此還不能解決問題。我們對於飛行員的要求可能過苛，想想看，飛機上的機件如此衆多而複雜，却往往僅靠一個飛行員來操縱，所以如何努力製成更容易操作而不太可能發生錯誤或事故的飛機，也是重要的研究課題。

氣候也是肇事的最大原因之一。機身固然可以耐得住某些程度的強風、雷雨、下雹或非氣候性如鳥類衝撞等的意外事件，但我們應該遵奉「君子不近危」的古訓，透過航行支援措施及通信設施等的氣象報導，正確判斷氣象現況，如有必要應立即躲避爲要。

人見人愛的飛機

第三個要件爲能被社會所接受，最好人見人愛。第一要向乘客提供賓至如歸舒服的乘坐感，第二要被機場四周的民衆或航線沿途的民衆所接受。

姑且不論諸如日本成田機場所發生隨著機場建設而引起的問題，像伊丹機場製造的噪音及排氣問題是各地常見的一般問題，因而成爲發展引擎及新型飛機上的重要問題。目前，發展新型飛機最大的理由爲推出能符合國際民航組織（ICAO）所加強的規定，而減少公害的

飛機。

關於超音速客機的狀況，因其飛行高度近兩萬公尺，其排氣所產生的臭氣層可能招致地球上氣候的變化，又為防止在超音速飛行時所產生的衝擊波及於地面時發生音爆的（超音速所造成之聲音）禍害，故禁止於陸地上空超音速飛行，只限於海洋上空超音速飛行。可見要成為人見人愛的飛機，其途徑是相當坎坷的。

取得諧調而均衡的飛機

如欲充分滿足以上所提出的三個要件是相當困難的。如果重點放在經濟性，則安全政策、消除公害政策不能做得很好，但如果強調安全性，則會被要求排除以目前的技術尚且辦不到的小故障，或需要安裝在故障發生時接替的裝備，但是顯然以目前的機票票價是不划算的。關於公害的情形也一樣，問題是在何種均衡的考慮下同時滿足此三要件。所謂性能優良的飛機就是取得諧調而均衡的飛機。

第一章 飛機為何掉落？

掉落的原因是什麼？

客機的事故通常死傷衆多，新聞報導通常頗富衝擊性。一九八二年一月十三日一架由華盛頓國際機場起飛的佛羅里達航空公司波音 737 型客機掉落勃得瑪克河的事故，及二月九日一架日本航空 DC8 型客機在羽田機場的降落失敗等慘劇令人記憶猶新。

每一次發生事故就由該國事故調查委員會進行事故原因的調查。結果公布報告書，得自事故的教訓可以用作相同或類似缺失的一項警惕，亦即改善曾經發生事故的機種之使用及保養方法或修改機身本身。而且更重要的教訓係藉以修訂或補充耐空性標準以要求將來的新型機種。

推出新型機種應先獲得該國政府的型式證明，即政府承認該飛機能滿足政府所規定的安全性、噪音、排氣等的章則，至此該型式的飛機始能自由飛行。該型式證明應以耐空性標準審查，並須在飛行實驗中的各種試驗中及格過關。

例如日本三菱公司的MU 300 爲了取得美國航空局的型式證明，曾經通過針對事故教訓而作改善的一九七七年的規定而成爲比從前安全度爲高的機身。

例如在引擎的轉動部位飛散時可以保護駕駛系統及其他機件，避免形成致命的後果，又於易燃的燃料或油壓用操縱油等外洩時防止着火，及在着火時將危險性減到最小程度的防火對策等等都被嚴格地提出要求。

一般的飛機失事的責任會涉及製造廠商、航空公司、航空交通管制機構等，同時影響到賠償問題，所以難免在追查事故原因時受到各方面的壓力。爲了排除此等壓力而確立將來更好的輸送系列，真相的查明公布比什麼都重要。

令人驚訝的氣象變化

一九六六年日本發生四次重大的飛機失事事件，死者多達三百七十一人而成爲最不幸的一年。當年二月四日「全日空公司」的波音 727 型飛機在駛入羽田機場途中墜海；一個月後的三月四日，加拿大太平洋航空公司的DC 8 於降落羽田機場時失事，在跑道上墜毀起火；在三月五日英國海外航空公司的一架波音 707 型客機墜毀於富士山麓。不但如此，在進入秋天後的十一月十三日全日空公司的YS 11 在松山機場重行降落時墜海。

其中富士山麓的事故據稱係典型的晴空亂流所引起的事故。三月五日羽田機場放晴，從東京也能將富士山看得一清二楚。但西高東低的氣流傾斜很厲害，吹著強烈的西北風。英國海外航空公司的波音 707 型客機在十三點五十八分由東京國際機場羽田，朝香港起飛。他們本來提出的是以儀表飛行 JG.6 航線經大島飛向香港的飛行計劃，但是臨時在起飛之前要求以經由富士山的有視界上昇穿過串本再飛行 JG 6 航線之許可。在它上昇中於御殿場上空附近機身分解，於十四點十五分左右墜落富士山麓太郎坊山林中。

在此事故中飛行紀錄器雖然着火燒燬，但一位乘客曾以 8 毫米攝影機拍攝窗外景色的軟片，提供重要的線索，由其畫面看得出飛行途徑，並由接受衝擊時畫面之流程及軟片跳過兩格一點上，可見其衝擊力有多大。

事故原因被斷定係由富士山峯下非常強的山岳波所致。直接的原因可能正是如此。但如柳田邦男所指摘（「馬赫的恐懼」富士出版社刊），為什麼英國海外航空公司的班機沒有取道普通經由伊豆大島的旅程而採取由天氣圖也可以預料會產生亂流，經由富士山的途徑？當時在激烈競爭中的航空公司是否有向乘客提供欣賞富士山美景服務的企圖？在事故調查報告書中沒有言明該要點。

對引擎的威脅

應該提高引擎的可靠性，又關於萬一轉動部分破損時，會不會嚴重地影響到其他等機件的標準，要求越來越嚴格。關於此點各位已於MU 300 的例子中獲悉。

其他對引擎的威脅還有與飛鳥的相撞。一九七二年十二月十五日西北航空公司的一架波音 747 型客機由邁阿密機場起飛。在剛要起飛時遇見一群海鷗。在右邊聽見撞擊聲，最右面的第四號引擎出現震動失常的現象，所以飛行員就將引擎關閉。

機上人員決定立刻降落，就在雨中離跑道邊緣七百五十五公尺的地點掀起水花降落接地。機長踩剎車想要使用一、二、三號引擎的倒推力裝置，但第三號倒推力裝置失靈。爲了防止左轉彎，阻尼第一、二號倒推力。於是在下大雨積水的跑道上，呈現滑水般的狀態，跳出跑道的一端撞向混凝土台而停止（圖 1-1）

所幸沒有人受傷。根據調查結果顯示，海鷗撞向第三號引擎，傷及扇葉片而開始震動，但經阻尼輸出而縮小震動。第四引擎的震動現象係表示儀器故障所引起者。此事故因吸進鳥的損傷及故障表示而無法充分利用第一、二號引擎的倒推力，又因跑道條件的惡劣及順風等因素的累積而產生。

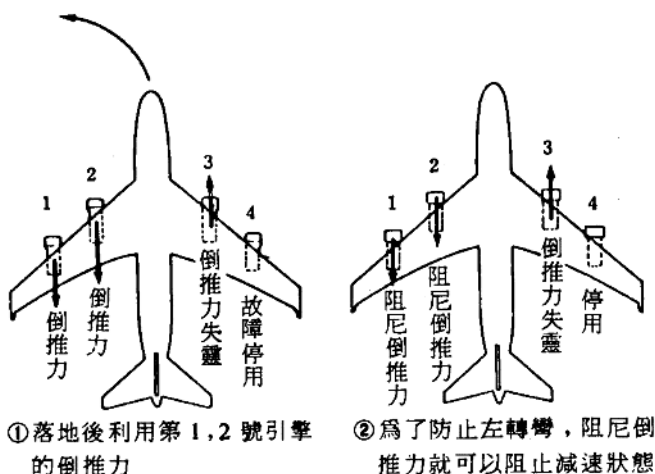


圖 1-1 西北航空公司 B747 的處理方式

一九七五年十一月十二日海外國際航空公司的一架 DC 10 型客機正要從紐約的甘乃迪機場起飛。在滑行當中撞向一群海鷗，機長雖然立刻停止起飛，但第三號引擎已經爆炸，脫落而起火。右主腳的三個輪胎損壞，由第三號引擎得到油壓的第二剎車系統失靈。

跳出跑道的機身被焚燒而全毀，但成功地救出了所有的乘客與機員其所使用的第十三 R 號跑道在減輕噪音等的顧慮之下，平常均未使用。可能因此而造成成群的海鷗盤旋其上空，這架 DC 10 型客機當時以超過每秒 50 公尺的速度接近而使牠們群起亂飛，造成飛機失事。

在日本，撞鳥的例子很多。單單全日空公司一家全

年即發生二百件以上的撞鳥案件。其中撞機首和擋風玻璃者占 39 %，輪胎與機身 21 %，引擎與螺旋槳 17 %，主翼 16 %。在櫻島也有撞及火山灰的例子。

不但是鳥，雹及雨也是飛機的大敵。一九七七年四月四日南方航空公司的 DC 9 在喬治亞州羅馬的上空衝入雷雨中，在雹擊雨打之下，兩引擎都停止，被迫嘗試在高速公路上迫降，但還是跳開而飛逸起火，八十五個乘客及機上人員中死亡六十三人，另外地面上的八個人亦遭池魚之殃而喪生。

爲了追查事故的原因布拉·懷尼公司實施裝在 DC 9 的 JT8D7 的吸水測驗。結果發現當大量的水被吸入時，高壓壓縮機的壓力失常地上昇，一面招致壓縮機翼的失速，一面將壓縮機的葉片朝前方扭曲，觸及其前方的靜翼而遭致破壞。

爲了有效活用這些事例的教訓，政府乃規定在做引擎耐環境測驗的項目時，必須加入鳥撞擊及吸水等試驗。

機身設計的錯失

曾於一九五二年率先全世界開始航行的英國「戴哈比蘭·哥米特」噴射客機，於一九五四年時發起兩次的空中爆炸，分別沈入厄爾巴島海面及那波里海面的事故，在航空失事史上頗爲有名。英國盡其全力收回四散在

海中的碎片。哥米特是全世界最早的噴射客機。

客機飛在高空時因為外氣壓力降低，所以應將機身內壓提高到接近地上大氣壓的程度，以保障乘客的安全及舒服性。但降落時的機身內壓與外相同。即是將客機機身看成氣球時，每次飛行它都時脹時縮。

噴射機不像從前的螺旋槳機，因為它是在高空飛行，所以內外的壓力差也比以前大得多。為了測驗如此反覆發生的力量影響及機身構造的情況，曾將同型飛機浸入水槽中反覆實施機身壓力的試驗。結果發現在墜落的機身上於裝備雷達天線的部位，以及在試驗的機身上於窗戶的一角發生龜裂以致於爆裂，此現象稱之「疲勞」。

從此之後新型機規定要仔細實施使用水槽的疲勞試驗。例如為針對一九六二年初次飛行的YS11，日本航空宇宙技術研究所乃實施反覆疲勞試驗。方法是將整個機身沈下水槽中，經以水泵送水到機身以達成施加相當於飛機內外壓差異的壓力的目的。其飛行時間相當於二十三萬二千小時，假定整年飛三千小時，此一時間相當於七十七年左右。所幸YS11從沒有發生構造上的原因引起的事故。

由於哥米特機種的事故開始釀成新的想法，稱之FAIL SAFE（即使毀壞也還安全）構造，即是產生龜裂也不致加大，或壞了一部分還可由另一部分擔起荷