

科學圖書大庫

飛機飛行之原理

譯者 歐陽績

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 石開朗

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十年六月五日再版

飛機飛行之原理

基本定價 2.20

譯者 歐陽績 台灣大學機械系教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763
9446842

電話 9719739

原 序

本書讀者，祇須對幾何、代數、三角及物理各科，具有基礎，即可參閱。所含數學均無特殊困難之處。

本書內容，著者大多曾用作大專學生之基本課程，如有讀者對於空氣動力學願作高深研究者，當發現本書材料甚為有用。本書對於一般飛機之正常飛行窺其全貌，故對於更詳盡與更深之數理研究，提供要覽，並可作為參考之輪廓。

本書之編著係供高中、高職以及專科學校學生之用，但有志於自習者，當無困難，並可作為常備之參考書。

著作者

Frederick K. Teichmann

紐約大學

一九七四年

譯 序

紐約大學工學院前航空太空系教授副院長 Frederick k. Teichmann 先生，主編之海登 (Hayden) 航空太空技術叢書中「飛機飛行之原理」 (Fundamentals of Aircraft Flight) 一書，為飛行員與航空機械人員自修之理想書籍，不僅對飛機飛行提供深切之瞭解，且可作為進修之基礎。祇須熟習高中之數理，閱讀時即無困難。故可作為高職與專科學校之課本或參考書，且本書內容，著者曾多用作大專院校之基本課程。對於進修空氣動力學者，亦甚為有用。

本書對飛機各部之名稱，大氣之性質與氣流動力學，均作簡明之敘述，以便對於飛行之變易加深瞭解，並對翼形幾何學、飛機各部之氣動力學、飛機機動與性能之特性以及各種操縱，均作簡要之討論。本書中之許多例題及近百幅之插圖，俱有助於讀者對各種基本原理，加深體認。

譯 者

歐 陽 績

民國六十七年十二月十六日

目 錄

原 序

飛 機

機翼.....	1
尾面.....	2
機身.....	2
起落架.....	2
動力部份.....	2
復習問題.....	2

空氣之性質

空氣之成分.....	3
空氣密度.....	3
溫 度.....	3
壓 力.....	4
壓力與溫度之效應.....	4
黏 性.....	6
彈性係數.....	7
標準大氣.....	8
復習問題.....	9

氣 流

連續方程式.....	10
流線.....	11
流線管.....	11
柏努利定理.....	12
環繞翼形之氣流.....	13
層流.....	15
界層.....	15
擾動.....	17
超音速流.....	17
馬赫數.....	18
復習問題.....	19

運動

運動定律.....	20
風、運動、速度與速率.....	21
速率區分.....	21
復習問題.....	22

翼形幾何學

弦線、彎度或弧線.....	25
前緣半徑.....	25
後緣.....	25
厚度.....	25
翼形座標.....	26
復習問題.....	29

機翼幾何學

翼展.....	30
翼根.....	30
翼弦.....	30

平均幾何弦	31
問 題	38
翼平面形	39
角 度	39
後 掠	39
二面角	40
傾 角	40
翼面積	42
展弦比	43
復習問題	44

參考軸

機身座標軸	45
風 軸	46
復習問題	46

基本翼形空氣動力學

衝 角	47
氣動力	47
合 力	49
升力與阻力	51
氣動力資料之提示	55
圖示法	56
復習問題	58

高等翼形空氣動力學

升力係數	59
升力曲線之斜度	59
衝角變更	62
阻力係數	64

誘導阻力	65
展弦比修正	68
氣動力扭曲	69
升阻比	69
壓力心	69
力矩係數	71
氣動力心	71
翼剖面特性	72
提 要	73
復習問題	73

非翼形阻力

廢阻力	76
干擾阻力	77
復習問題	78

升力增加裝置

最低速率時之升力係數	79
中弧線改變	81
襟翼型式	81
襟翼之最大升力係數	81
復習問題	83

實驗方法

風 洞	84
計測系統	84
操作方法	84
模 型	86
雷諾數	86
氣動力相似性	87

復習問題.....	89
飛機之運動	
直線運動.....	90
曲線運動.....	90
角 度.....	91
復習問題.....	91
直線飛行	
水平飛行之垂直力.....	93
結 論.....	95
速率隨高度之變更.....	97
水平飛行之水平力.....	99
推力之變更.....	101
需用馬力.....	103
動力隨高度之變更.....	106
動力係數.....	108
復習問題.....	109
遭遇陣風	
陣風之效應.....	110
升力係數之改變.....	110
陣風對升力之效應.....	112
負荷因數.....	113
復習問題.....	116
爬升飛行	
作用於飛機上之力.....	117
力之和.....	117
沿爬升航線之速率.....	118

爬升角	120
爬升率	121
需用馬力	122
復習問題	126
下滑飛行	
力之總和	128
方程式之闡釋	129
推力對滑行之效應	130
下沉速率	131
下滑角	131
降落	132
復習問題	133
俯衝	
力之總和	138
極限速率	139
俯衝之拉出	139
復習問題	142
曲線（轉彎）飛行	
離心力	143
飛機上之諸力	144
諸力之和	144
方程式之分析	146
轉彎半徑	147
復習問題	151
操縱	
襟翼	152

縱向操縱	152
橫向操縱	152
副翼	154
隨衝角之變更	157
反偏航力矩	157
座艙操縱	158
方向操縱	159
鉸鏈操縱	160
輔力操縱片	160
復習問題	160

靜力安定性

平衡	163
靜安定性	163
靜縱向安定性	165
縱搖力矩計算	165
參考尺度	166
涉及之力	166
涉及之力矩	167
角度	168
涉及之速率	168
縱搖力矩方程式	168
表式計算	169
分析	172
安定度	174
推力之效應	176
中性安定	177
復習問題	177

動力安定性

定 義.....	179
不安定情況.....	179
中性動力安定.....	180
正動力安定.....	180
復習問題.....	182

橫向與方向安定性

側滾力矩.....	183
靜力橫向安定.....	183
動力橫向安定.....	184
二面角之使用.....	184
偏航力矩.....	184
後掠之功用.....	185
復習問題.....	185

飛機

本書之讀者多熟習在說明飛機時所用之普通名詞，少數人可能不明瞭，其他則可能對全貌不盡瞭然。（如發現學生不明什麼是機翼，必會發生困難；但不難發現不明瞭尾部（empennage）之英文名詞者。）因此，須先解釋本書所用之名詞，特列舉飛機主要部份之定義如次：

機翼

此為飛機之主要升力部份（圖1）。機翼裝載整架飛機及其內容物品。雖然大多數人以為飛機有兩個翼，右翼與左翼，但機翼宜視為一個空氣動力單元。機翼後緣之外側部份——副翼——可以活動，並用以操縱。機翼後緣之襟翼亦可活動，並用作升力增加之裝置。

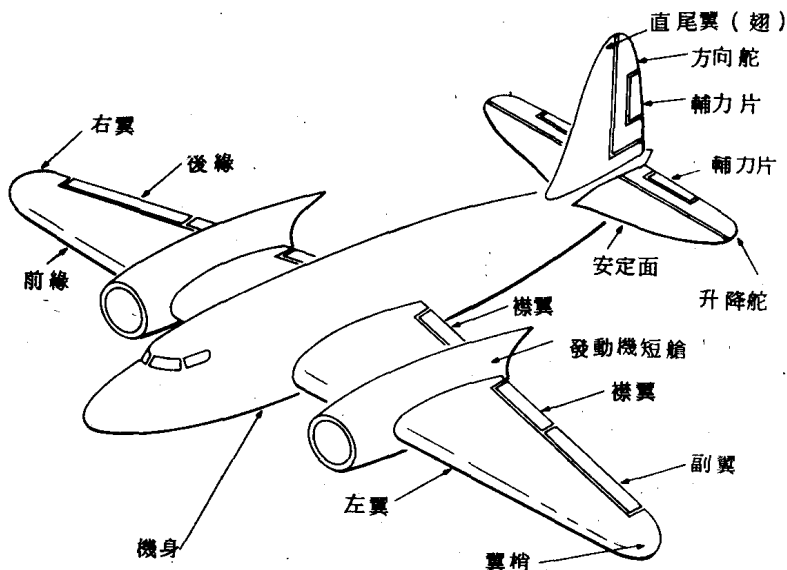


圖1 飛機之外表組成部份

尾面

尾面各部份係供飛機安定操縱之用。垂直尾面之前部係固定，稱為直尾翼，而其後部則係活動，稱為方向舵。水平尾面亦有固定面，稱為安定面，而其活動之後部，稱為升降舵。

垂直與水平尾面合稱為尾部 (empennage) 。

機身

此為飛機之主體，攜載機員、貨物、乘客及其他物品等，稱為機身。

起落架

陸用飛機之起落架，含有機輪、外胎、剎車、減震器、輪軸、支柱、整流罩以及收縮機構等。水上飛機，起落架之全部均代以浮筒 (Float or pontoon) 。至於飛船，則水面支持之部份，係併裝於機身內。

動力部門

此為產生推力之組合 (發動機與螺旋槳、或各型噴射發動機) 。燃油系與潤滑系，以及發動機操縱等。動力產生部門常裝置於單獨之英艙 (pods) 或短艙 (nacelles) 內。

復習問題

1. 飛機之各主要部份是什麼？
2. 列舉飛機之各操縱部份？
3. 機身、機尾組、發動機短艙、副翼是什麼？

空氣之性質

飛機飛行主要視乎空氣之多少以及其流過機翼與各操縱面之情況。空氣之性質諸如溫度、壓力、密度等影響此種情況，此種性質之真相如何，並如何加以計測或計算，在本節中說明之，至於空氣性質如何影響氣流則於下章內論及。

空氣之成分

乾燥空氣以容積言，含氮百分之七十八，氧百分之二十一以及二氧化碳百分之一與稀有氣體百分之一，此種混合氣體不隨高度而變，但空氣之重量則隨高度而改變。

空氣密度

空氣密度可以單位容積之重量 (w) 表示之，即重量密度 (Weight density)，或其重量與重力 ($g = 32.2$ 呎/秒²) 之比， w/g 表示之，即質量密度。

希臘字符號 ρ 用以標示質量密度，空氣之海平面標準重量密度為每立方呎 0.0764 磅，其在海平面之質量密度則為

$$\rho = \frac{w}{g} = \frac{0.0764}{32.2} = 0.002377$$

溫度

美制中溫度用華氏多少度，他國多採用攝氏表。彼此互換，可用

$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

式中 C = 攝氏度數

F = 華氏度數

攝氏與華氏為兩種溫度表之發明人，根據水之冰點（攝氏為 0° 而華氏則為 32° ）與沸點（攝氏為 100° 而華氏則為 212° ）作成。絕對溫度則根據理論上可獲得之最低溫度。物理學家藍京（Rankine）建立之此一溫度為 -459.69° 。因此，如化華氏為藍京，則於華氏溫度讀數之後，加 459.69° 。物理學家克爾文（Kelvin）建立之最低溫度為 -273.16° ，使用攝氏表刻度。因此，所有攝氏讀數加 273.16° ，則此為克爾文度數。在實用計算時，其數值分別用 460° 與 273° 。

例：夏季某日之溫度讀數為 72° F。（a）攝氏表上之讀數為何？
（b）藍京溫度為何？（c）克爾文溫度為何？

解答：（a）欲化成攝氏溫度 $C = \frac{5}{9}(F - 32)$ ，以 72 代 F，算

出 $C = 22.22$ （計算至小數兩位，實用則一位數已夠）

（b）藍京溫度： $R^{\circ} = F + 460 = 532^{\circ}$

（c）克爾文溫度： $K^{\circ} = C + 273 = 295^{\circ}$

壓力

氣壓表壓力，是用儀器如氣壓表加以測量，常以若干吋水銀柱表示之。在海平面處，在標準壓力與溫度（ 14.7 磅/吋²， 59° F）下，大氣壓力為 29.92 吋水銀柱。

壓力與溫度之效應

當溫度不變時空氣容積與壓力成反比（波義耳定律），而在壓力不變時，則與絕對溫度成正比。此兩種相互關係組合成一個在空氣動力學上更為有用之相互關係。

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

式中 p_1, v_1 與 T_1 在一組情況下分別代表壓力、容積與溫度之值，而 p_2, v_2 與 T_2 則在情況變更時代表類似之數值。

由於密度是重量除以容積，故一已知氣體之容積，隨壓力之增加，並隨溫度之增加而減少。換言之，密度或比重與壓力成正比，而與絕對溫度成反比，或

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

或以質量密度， w/g 或 ρ 表之：

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

例：在標準大氣情況下，溫度 $59^\circ F$ 與壓力 29.92 吋水銀柱時，空氣重量為 0.07635 磅/呎³。則在溫度 $80^\circ F$ 與壓力為水銀柱 30.2 吋時，空氣之重量為何？

解答：應用之公式為：

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

式中 $w_1 = 0.07635$ 磅/呎³

$p_1 = 29.92$ 吋水銀柱