

758429

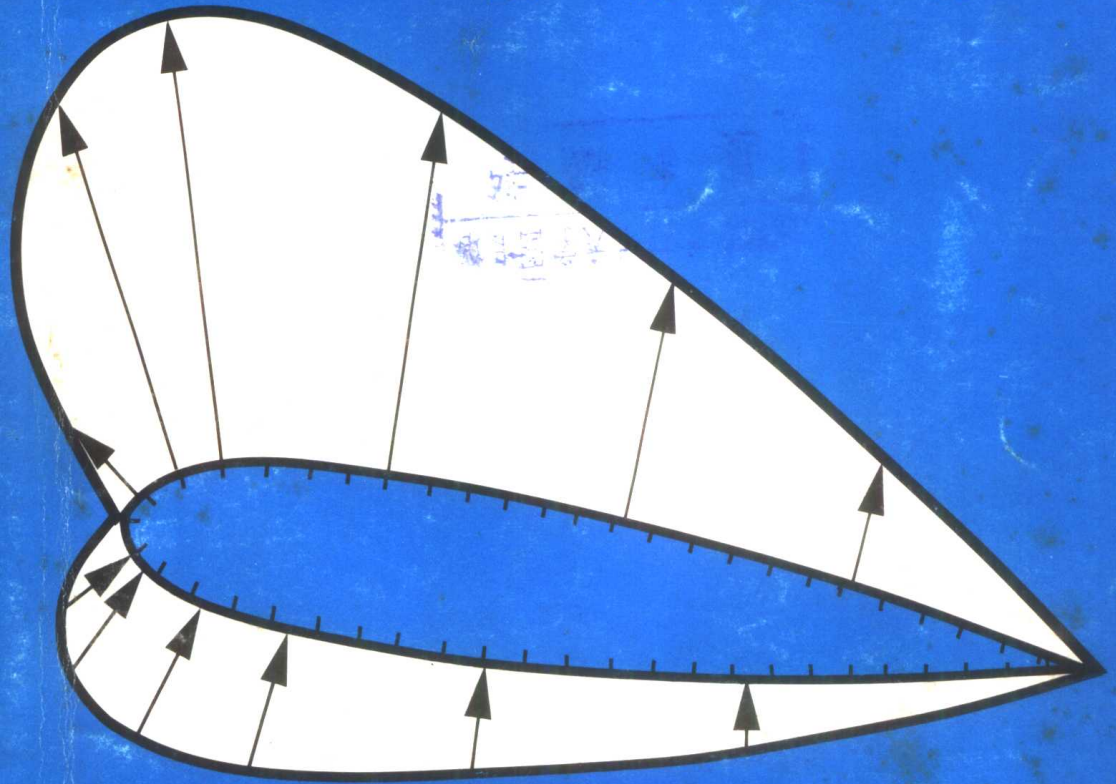
66311

7/4041

大專用書

空氣動力學

L. J. CLANCY 著
歐陽績 譯



國立編譯館出版

大專用書

空氣動力學

歐陽績

L. J. CLANCY 著

歐陽績 譯

國立編譯館出版

中華民國七十三年六月一日台初版

學 力 動 氣 空

版 權 所 有
翻 印 必 究

定價：精裝新台幣叁佰陸拾元
平裝新台幣叁佰貳拾元
譯著者：(英)克南西 (Clancy, L.J.) 原著
歐陽 績 譯

出版者：國立編譯館

印行者：國立編譯館

館址：台北市舟山路二四七號

電話：三二一六一七一

譯 序

空氣動力學原書爲英克南西 (L. J. Clancy) 氏根據其在英國克蘭威爾皇家空軍學院 (Royal Air Force College, Cranwell) 對學員班與軍官班講授空氣動力學多年之經驗所編著。其所授班次既多，課程之範圍與深度迥異；但全書寫作之方式，對空氣動力學應用方面，涵蓋甚廣，甚合軍事學校學生及大專院校初學者作爲課本或參考書之用。內含資料，敎者可酌予增減，以適應不同之班次。書中所用數理亦不出大專應用數學與基本物理之範圍；且條理分明，簡要易曉。習完本書，不難分門別類，探求更高深之專著，循序漸進，當事半而功倍也。特予選譯，以廣流傳，是爲序。

歐陽績 謹識

六十九年十月

前 言

本書係根據作者在英國克蘭威爾皇家空軍學院，對學員班和軍官班講授空氣動力學七年餘之成果。我在該校所授之課程，就範圍與深度兩者而言，差異甚大。大多數學員受訓後都是飛行員。凡參加正科班者，空氣動力學之講授，不僅授以成爲飛機飛行員所必需之氣動力學基本知識，且成爲其通才與技術教育之主要部分。此外設有兩個特別班次，凡在科學與工程方面具有特別性向者，則使之具有皇家航空學會初級會員第貳階段考試資格，而空氣動力學爲其主科。凡專修人文學科者，則僅習極基本之普通空氣動力學，係爲滿足其成爲飛行員之最低需要。因與皇家空軍技術學院之合併，我在克蘭威爾之學員，亦有習工程者，其所修之課程爲航空工程學位（C.N.A.A. honours degree）之必修科，空氣動力學爲其主科。此外還有學員班與軍官班之各種班次，其中有短期班次，有較高之正規班次，以及武器系統技術方面之研究班等。空氣動力學都爲其主科。

上述廣泛經驗對本書之內容與寫作，具有重要影響。余之主要目的，是爲攻讀第一個航空工程學位之學生，編寫本書。余意在對此一階段之本學科各方面廣濶涵蓋，而不在於其處理之深度，希望學子在本書內能發現其對本學科之全部需要。凡願對空氣動力學發展特殊興趣者，可由以較大深度處理本學科專門問題之許多專書中再深入研究。同時我深信我在較低水平教授本學科之經驗，有助於我對本書寫作之方式，應使本書之大部分可讀而具有價值，不僅對於肄業大專院校之學生如此，而且對於許多其他學生（含飛行學生在內），以及對本學科感興趣之一般讀者均具有同感。

任何教科書之作者，都對從前教授其本學科之師長深表感謝。我曾在格蘭威爾基地航空學院研習空氣動力學，在該校教我之許多師長中，我受到 T. R. F. Nonweiler 和 G. M. Lilley 兩教授之特別鼓勵與啟示，兩位先生現分別在格拉斯哥與南撒普頓兩大學中任教。我並特別感謝從前在格蘭威爾授空氣動力學之同事們。我對本學科教授方式之反映於本書者，多由於與其通過討論及合作，繼續不斷交換意見所形成，而本書可能獲得之信譽，其貢獻並不下於本人。我特別感謝桑得福中校 (Wing Commander John Sandford)，在我教授空氣動力學時，他主管氣動力學部門，所給予我之寶貴指示與鼓勵，誼兼師友，彌足珍貴。

我對當年在克蘭威爾任教育長之空軍代將薩特爾，首先鼓勵我開始本書之寫作，以及我現在之主管赫利威爾教授 (Professor Brian Helliwell) 予我之一切鼓勵及協助以完成本書，均深致感謝。我對 pitman 出版公司之編輯部門，雖歷經變遷，數年來始終保持本計劃之持續進行，亦均表謝意。

最後我對余妻之協助至為感謝，除其經常鼓勵外，並竭力校正樣本。余之岳母史密斯夫人在清校樣本時，協助亦多。

L. J. CLANCY

1974 年 3 月

緒 論

空氣動力學一科可以分成相互關聯之兩方面來研究。學者一方面對運動中之流體，從性質與數量兩方向加以研究；即研究此種流體質點之位移，速度與加速度；流體運動之一般特性與自然界所加之諸限制並流體本身之物理特性等。第二方面之研究，藉流體對固體之相對運動，與由流體加於浸在其中之固體之邊界所施之力有關。本學科之第一方面可稱為基本空氣動力學，第二方面則稱之為應用空氣動力學。

本書主要偏重於應用空氣動力學之諸問題，但如不對流體本身之性質與狀態先行研究，則對流體施於浸體上之力，不易透澈理解，基於此一理由，本書之一部分，專論基本氣動力方面。

在處理應用空氣動力學一科時，有三個主要問題須予提出並加以答復：

(a)為保持飛機在空中所必需之力如何產生，而此力又如何隨形狀、高度與速率而變？此為升力之問題。

(b)為保持飛機在空中進行所必需之力為何？此一問題與空氣之抗力或阻力有關——為對飛機性能一般研究之基本。

(c)在飛行中飛機上之力（與其分佈）如何改變？此為飛機安定性與飛機操縱之問題。

習空氣動力學之學子，有對此一學科之研究多視為應用數學之分科者；其餘學子則多視之為一實驗問題。然為求僅用數學分析深入問題，必需作許多簡化之假定，其中大多數之假定，在若干狀況中證明有用，但在其他問題中則無效。就另一方面而言，如僅賴實驗進行則

限制人之知識於極特定之各種狀況，並對可靠之各種預測不易達成。所以真正之空氣動力學者須併用此兩種研究方法，即利用分析以加深及擴展其知識，但須繼續實驗以考驗其所作假定之正確性以及對於物理問題增進其理解。

有兩種簡化假定可能常用者為：

(a)不可壓縮之氣流，此一假定即流體密度不變，導致重大之簡化，假若流體速度不太大，並可得到極好之結果，但在高速情況下，則完全失效。

(b)無黏性氣流，此即假定流體之黏性為零，可以發展為一個極為有用之學理，對於升力問題給予極好之答案。另一方面，在低速時，根據此一假定，對阻力無法解釋。

全書中將作許多假定，以便對所研討之問題，作分析研究。須知所獲致之答案總係近似值；而所獲結論之正確性則常限於某種特定之狀況，常須靠實驗加以證實。

目 錄

前 言	xxiii
緒 論	xxv

第一章 大氣

1.1 引 言	1
1.2 國際標準大氣	2
1.3 局部流體與自由流體之特性	8

第二章 單位與因次（向度）

2.1 引 言	10
2.2 一貫單位制	10
2.3 因次（向度）	12
2.4 因次（向度）分析	13
2.5 雷利公式	15

第三章 柏努利定理

3.1 引 言	18
3.2 定 義	18
3.3 連續方程式	19
3.4 不可壓縮流之柏努利定理	21
3.5 靜壓力、總壓力與動壓力	23
3.6 壓力係數	24

3.7	通過文氏管之氣流	25
3.8	空速之測量	26
3.9	誤差與修正	28
3.10	運動方程式	29
3.11	等熵流動	31
3.12	總壓力、總密度、總溫度	32
3.13	速度增大時之空速測量	35
3.14	一維導管流動	36

第四章 氣流之基本理論

4.1	引言	38
4.2	升力之環流理論	38
4.3	無環流之圓柱體	39
4.4	環流	40
4.5	有環流之圓柱體	41
4.6	馬格那斯效應	42
4.7	通過二維翼切形之氣流	43
4.8	庫他情況	44
4.9	尾流	46
4.10	界層流與阻力	46
4.11	界層流之型式	49
4.12	過渡	50
4.13	雷諾數 (雷諾氏數)	51
4.14	分離	52
4.15	因次分析與縮尺或比例尺效應	54

4.16	幾何相似性與動力相似性·····	56
4.17	臨界雷諾數·····	57
4.18	壓縮性效應·····	59

第五章 低速翼切形之特性

5.1	引 言·····	61
5.2	翼切形·····	61
5.3	翼切形上之氣動力與力矩·····	62
5.4	力與力矩之係數·····	63
5.5	壓力分佈·····	65
5.6	壓力分佈隨衝角之變動·····	68
5.7	升力曲線·····	70
5.8	最大升力係數·····	72
5.9	剖面阻力·····	72
5.10	縱搖（或俯仰）力矩·····	74
5.11	壓力心之移動·····	78
5.12	三維翼形—有限機翼·····	79
5.13	有限機翼之幾何特性·····	79
5.14	展向流動之變動·····	81
5.15	升力與下洗流·····	83
5.16	有限機翼之升力曲線·····	85
5.17	誘導阻力·····	87
5.18	機翼之總阻力·····	90
5.19	展弦比改變對氣動力特性之效應·····	92
5.20	俯仰（縱搖）力矩·····	97

vi 空氣動力學

5.21	整架飛機 (全機)	97
5.22	平直飛行之升力係數	98
5.23	總阻力	99
5.24	雷諾數之效應	100
5.25	平直飛行時阻力之變更	101
5.26	最小動力情況	105
5.27	最小阻力—速度比	106
5.28	失速	107
5.29	翼剖面之效應	108
5.30	翼平面形之效應	109
5.31	突出部分之效應	110

第六章 高升力裝置

6.1	引 言	112
6.2	後緣襟翼	113
6.3	普通襟翼、簡單襟翼	113
6.4	分裂式襟翼	115
6.5	開縫襟翼	116
6.6	阜勒氏襟翼	117
6.7	各式襟翼之比較	118
6.8	對後緣襟翼之進一步評述	119
6.9	前緣翼縫	120
6.10	前緣襟翼	122
6.11	界層控制	124
6.12	界層吹氣	124

6.13	界層吸氣	125
6.14	噴射襟翼	126

第七章 不可壓縮之位流

7.1	引 言	127
7.2	流量	128
7.3	連續方程式	128
7.4	流線方程式	131
7.5	例題	132
7.6	流函數	137
7.7	例題	140
7.8	疊置原理	141
7.9	例題	141
7.10	環流	145
7.11	渦旋 (渦旋係數)	146
7.12	例題	148
7.13	無旋流動	150
7.14	其他流動	150
7.15	速度位	151
7.16	例題	154
7.17	通過均勻流內固體之流動	154
7.18	半體	155
7.19	藍京橢圓體	157
7.20	通過圓柱體之無環流流動	158
7.21	有環流之圓柱體	160

7.22	複位函數	163
7.23	例題	166
7.24	布拉西奧斯定理	168
7.25	例題	171
7.26	對布拉西奧斯定理之推論	172
7.27	正則(保角)轉換	175
7.28	焦可斯基轉換	176
7.29	通過衝角為 α 時的平板之流動	179
7.30	其他焦可斯基翼切形	182
7.31	修正之焦可斯基變換	186

第八章 低速翼切形之機翼理論

8.1	引言	189
8.2	葛洛特薄翼切形理論	189
8.3	升力	193
8.4	弦向負荷分佈	195
8.5	俯仰力矩	195
8.6	衝角為零之薄對稱翼切形	196
8.7	速度分佈	198
8.8	普通之二維翼切形	199
8.9	有限機翼	200
8.10	蹄形渦旋	202
8.11	蘭徹斯特蒲朗多升力線理論	206
8.12	升力	209
8.13	誘導阻力	210

8.14	最小誘導阻力·····	211
8.15	對稱平面形機翼·····	213
8.16	長方形機翼·····	214
8.17	例題·····	215
8.18	俯仰(縱搖)力矩·····	216
8.19	尖削翼形(面)·····	218
8.20	扭轉之機翼·····	220
8.21	升力面理論·····	220

第九章 黏性流與界層

9.1	引言·····	224
9.2	通過衝角爲零的薄平板上之流動·····	225
9.3	衝角爲零之薄平板阻力·····	227
9.4	經過管道之流動·····	228
9.5	通過管道之速度分佈·····	229
9.6	管道中之層流·····	230
9.7	管道中之紊流·····	233
9.8	黏性流體之運動方程式·····	235
9.9	衝角爲零時平板上之層流界層·····	238
9.10	界層厚度·····	241
9.11	動量積分方程式·····	242
9.12	例題·····	246
9.13	具有壓力梯度之層流界層—波爾霍生氏法·····	249
9.14	紊流界層·····	251
9.15	衝角爲零時平板上之紊流界層·····	254

第十章 壓縮流

10.1	引言	258
10.2	音速	259
10.3	熱力學與氣體動力學	261
10.4	狀態方程式	261
10.5	熱力學第一定律	261
10.6	可逆過程與不可逆過程	262
10.7	焓 (含熱或總熱量)	264
10.8	比熱	264
10.9	熵	266
10.10	不可逆過程	267
10.11	絕熱流之能力方程式	268
10.12	等熵流相互關繫	270
10.13	馬赫線與馬赫波	275
10.14	簡波流動	279
10.15	蒲朗多梅耶膨脹	281
10.16	正震波	287
10.17	通過正震波之壓力、密度與溫度變化	291
10.18	斜震波	294
10.19	轉角處之超音速流	298
10.20	管道中之等熵流	299
10.21	通過噴嘴之流動	302

第十一章 高速翼切形

11.1	引言·····	305
11.2	通過翼切形之高速次音速流·····	305
11.3	蒲朗多—葛洛特定理·····	306
11.4	高次音速翼切形之設計·····	308
11.5	通過翼切形之穿音速流·····	310
11.6	臨界馬赫數·····	310
11.7	馬赫數增加時震波之移動·····	311
11.8	震波失速·····	314
11.9	穿音速流之壓力分佈·····	317
11.10	壓力心位置·····	318
11.11	減少或延遲阻力升高·····	320
11.12	翼剖面·····	321
11.13	翼平面形·····	321
11.14	翼載·····	324
11.15	機身·····	324
11.16	水平尾面·····	324
11.17	干擾阻力·····	325
11.18	三角形與新月形機翼·····	326
11.19	後掠翼之缺點·····	326
11.20	三角翼·····	328
11.21	新月形機翼·····	329
11.22	M 形與 W 形機翼·····	330
11.23	通過翼切形之超音速流·····	331
11.24	超音速翼切形·····	331
11.25	通過平板之超音速流·····	333