

大學用書選譯

氣象分析原理

薛繼堦譯

教育部出版
正中書局印行

大 學 用 書 選 譯

氣 象 分 析 原 理

正中書局印行
教育部出版

薛 繼 堦 譯

W. J. Saucier 著

版權所有



翻印必究

中華民國五十六年二月臺初版

中華民國六十年一月臺二版

大學用
書選譯 氣象分析原理

(Principles of Meteorological Analysis)

全一冊 基本定價三元

(外埠酌加運費匯費)

著	者	W.	J.	Saucier
譯	者	薛	繼	燾
出	版	者	教	育
印	刷	發	行	正
發	行	人	李	潔

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍亞皆老街一一一號)

海風書店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號 (4913) 邦

譯 者 序

本書原名 "Principles of Meteorological Analysis"，著者 Walter J. Saucier；美國芝加哥大學出版部出版，列入該校自然科學叢書。西元 1955 年初版出書後，風行全美，著名大學多採作教材。國立臺灣大學理學院地理學系氣象組，亦採作天氣學主要參考用書之一。

全書共分十三章，首章述「大氣變數」，次章論「氣象地圖與氣象圖解」，釋天氣分析之工具；三章述「流體靜力學與靜力穩定度」，四章述「純量分析之理論與實施」，論天氣分析之基本理論；五章述「圖解分析與計算」，綜釋天氣分析之實施方法；而後分章論述剖面分析、等壓分析、等熵分析、地面天氣圖分析、運動學分析、大規模氣象分析、局部氣象分析，及熱帶氣象分析；并殿以常用圖表，作為附錄。各章內容繁簡雖有不同，而重點仍在七、八、九、十一、十二、十三各章。全書章節次序雖自成條理，講授時不妨另行調整，并須與其他科目如氣候學、測候學、大氣熱力學、動力氣象學、物理氣象學之類，相互配合，始克收相輔相成之效，而天氣學實習一科，尤應重視。著者于本書序文中曾如此指陳。

氣象學以整個大氣圈為研究對象，範圍廣大，內容複雜，近十餘年來之進步，更屬日新月异。譯者曾就研究方法着眼，大別為理論氣象學、實驗氣象學、氣候學、天氣學及應用氣象學諸類（見所著「氣象學講話」，民國四十一年中華文化出版事業委員會出版），而以天氣學為其核心，并稱天氣學為「綜合氣象學」。本書之譯名雖按原文直譯為「氣象分析原理」，其內容實以天氣學為主，如稱為「天氣分析原理」亦至恰當。天氣分析學及天氣預告學兩者，原係天氣學之一體兩面，乃氣象學之中心部門。本書對「綜合」觀念之闡明，實多貢獻。前承 教育部世界名著譯述小組之約，加以迻譯，固所願為。惟成書匆促，譯誤難免；仍祈 賢達指教，俾得更正為幸。

薛繼堯序于國立臺灣大學

WESTE/01

譯 名 例 言

近年氣象學之進步甚速，新名詞固層出不窮，已譯名詞之含新義者亦復常見，且頗多爲 部定「氣象學名詞」所未載者。因之本書中所譯名詞不得不另行擬定，但亦有若干原則可循：

1. 專門名譯之逐譯，以從 部定「科學名詞彙編」爲原則。
2. 原名相同而各譯名不一致者，則選用其一。如 scalar 一字，彙編中譯作「純量」、「無向量」、「數量」；本書選用「純量」。
3. 不論舊譯或新譯，一律于本書首見時加註原文。譯名通用者，則并列于首見之處。如 potential temperature 一詞之譯名，則將「位置溫度」、「位溫」、「勢溫」等并列。
4. 舊譯名詞之含新義者另譯。 部定氣象學名詞發表于民國二十六年八月，距本書逐譯時已逾二十年，其中譯名亦有可議者。如 front 一字，氣象學名詞中譯爲「面」，甫經公布後，專著中卽有改譯爲「鋒」者，因其音義兼顧，且便于譯 frontal surface 爲「鋒面」，似較譯成「面面」爲明確，近年譯 front 爲「鋒」者更多，本書從衆。其有于原名之後附註方括弧之譯名爲「科學名詞彙編」中之舊譯名。如「比容」(specific volume) 之後，加註〔或稱「容度」〕；氣壓坡度 (pressure gradient) 之後加註〔氣壓梯度〕。

符號、記號、及略語表

希臘字母符號

α	比容 ($\text{cm}^3 \text{gm}^{-1}$) ; 風向 (北風 360° , 東風 90° , 等等) 。
β	面或線對水平的傾角 ; 柯氏參數之沿經線變化 , $\beta = (2\omega/a) \cos \phi$; 發散軸與空氣性質純量線間之夾角 。
Γ	絕熱氣溫直減率 : Γ_d 為乾絕熱 ; Γ_l 為溼絕熱 。
r	氣溫直減率 ; 亦示沿風向的圖形運動 。
Δ	差數 , 常為長距離或長時間間隔的差數 。
δ	短的 , 但有限的距離或時間間隔的差數 。
ζ	以地球為基準之風的旋率 (sec^{-1}) ; ζ_g 為地轉風旋率 。
θ	位置溫度 ($^\circ\text{K}$) ; θ_E 為相當位置溫度 , θ_w 為溼球位置溫度
κ	R_d/C_p
λ	經度
μ	動力黏滯率
ν	運動黏滯率
π	3.14159.....
ρ	密度 (gm cm^{-3})
Σ	和或求和
σ	投影的「投影比例」 。
T, τ	波動周期
Φ	重力地位
ϕ	緯度
ψ	餘緯度 ; 等熵加速位能 ; 有時示一角度 。
ω	角速度 (sec^{-1}) ; 包括地球的角速度 。

羅馬字母符號

- A* 面積；單位 αp 力管之剖面面積；冰洋氣團
- a* 地球半徑（平均約為 6370 km）
- c* 風速（ cm sec^{-1} , m sec^{-1} , knots, mi hr^{-1} ）；波動速率；大陸氣團；比熱（ C_p , 定壓比熱）。
- D* 高度表訂正數（參看 3.09 節）。
- d* 導數或微分，從微積分；如為註字時常示「乾燥」。
- E* 一空氣小團或氣團之穩定度： E_v 示垂直移位， E_h 示水平移位， E_θ 示等熵移位。
- e* 自然對數之底；水汽壓（ e_s 為飽和時之 e ）。
- F* 黏滯或摩擦力。
- f* 柯氏參數， $2\omega \sin \phi$ 。
- f_w* 水—水汽壓之訂正因子，因與理想汽體定律之差別而致者。
- G* 萬有引力；坡度。
- g* 重力加速，約為 980 cm sec^{-2} 。
- h* 當作註字時示「水平的」。
- I* 對流中之拖帶率。
- K* 絕對溫度。
- k* 任意常數；氣團之自下面增熱者。
- L* 波長；水的汽化潛熱；地圖投影中子午線間的距離。
- M* 質量。
- m* 地圖縮尺；海洋氣團。
- N* 斜壓狀態，或力管密度。
- n* 沿昇度指向的距離；風向右方之距離。
- P* 一高度層上的大氣壓力或一值上的氣壓；極地氣團。
- p* 氣壓（mb）； p_a 為乾空氣之氣壓。
- Q* 一任意大氣性質項目。
- q* 比較溼度（%）； q_s 為飽和比溼。
- R* 離地軸的距離（ $R = a \cos \phi$ ）曲率半徑；氣體常（數 R_d 為乾

- 空氣氣體常數， $2.8704 \times 10^6 \text{ ergs gm}^{-1} \text{ deg}^{-1}$ 。
- r 地圖投影中緯度弧之半徑；水汽混合比（‰）； r_s 爲飽和水汽混合比。
- S 地圖之任一點之實際縮尺： $S = m\sigma$ 。
- s 任意方向中之距離；向下風的離距；地圖投影中自赤道算起的緯度弧；當作註字時則示「飽和」。
- T 溫度（常用 $^{\circ}\text{K}$ 計）； T_E 示相當溫度； T_w 示溼球溫度； T_s 或 T_d 示露點溫度； T^* 示虛溫；熱帶氣團。
- t 時間；攝氏溫度。
- U 相對溼度；圖形之速率；帶狀（西風）風速。
- u 沿 x 軸之速度分量
- v 沿 y 軸之速度分量；當作註字時示「垂直的」
- W 一空氣柱中水汽之液體當量
- w 沿 z 軸之速度分量；自下面冷卻的氣團。
- X 一未知數。
- x, y, z 卡氏坐標。
- Z 重力高度；GCT。
- 註1. 此等符號有時代表一點，或一種量。

向 量 記 號

- i, j, k 依次示沿 x, y, z 軸之單位向量。
- n 沿 n 方向的單位向量
- ∇ 向量運算： $\nabla = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z}$
- $\odot$ 向量風，爲水平者。
- f^* 「柯氏運算」

略 語

- div 輻散
- def 變形（僅用于水平方面）

目次

第一章 氣象變數概論

1.01 引言	1
1.02 氣溫	1
1.03 氣壓	6
1.04 密度與比容	10
1.05 溼度	11
1.06 虛溫	14
1.07 位置溫度	15
1.08 相當位置溫度	17

第二章 氣象圖與氣象圖解

2.01 引言	21
2.02 圖與圖解之類別	22
2.03 熱力圖解	23
2.04 熱力圖解細節	28
2.05 熱力圖解上觀測曲線之填繪	29
2.06 熱力圖解上之圖解工作	29
2.07 各種空氣性質之變率	33
2.08 Rossby 氏圖解	34
2.09 測風圖解	35
2.10 氣象地圖	36
2.11 地圖投影	37
2.12 正角圓錐投影之理論	41
2.13 蘭勃特正角投影	44
2.14 麥卡特投影	45
2.15 極地平射投影	45
2.16 地面圖之比例尺及細節之選擇	46
2.17 圖上的地面距離之量度	46
2.18 圖上的地面方向之量度	47

2.19 大圓弧·····	48
2.20 天氣圖之填寫·····	50
2.21 剖面圖·····	50
2.21-1 天氣剖面圖·····	52
2.22 時間剖面圖解·····	53

第三章 流體靜力學及靜力穩定度

3.01 重力·····	60
3.02 重力地位·····	61
3.03 流體靜力關係·····	62
3.04 氣壓測高或測高公式·····	63
3.05 氣壓高度核算·····	64
3.06 厚度約值之計算·····	68
3.07 用地面紀錄外推上層氣壓與高度·····	70
3.08 標準大氣·····	71
3.09 用「D」法作氣壓高度核算·····	72
3.10 基準面低於地面時之氣壓訂正·····	76
3.11 基準氣壓面之高度訂正·····	80
3.12 氣壓趨勢·····	81
3.13 等壓面上之高度趨勢·····	83
3.14 氣壓之空間變動·····	84
3.15 流體靜力穩定度觀念·····	88
3.16 (a) 未飽和空氣之穩定度, (b) 飽和空氣穩定度·····	89
3.17 穩定度之等級·····	92
3.18 條件性不穩定狀態與對流的小圓法·····	92
3.19 對流小圓法之客觀應用·····	99
3.20 對流小圓法之拖帶作用·····	98
3.21 氣層穩定度: 未飽和情況·····	102
3.22 氣層穩定度: 飽和情況·····	104
3.23 氣層穩定度: 空氣在上昇時達到飽和的情況·····	104
3.24 混合對垂直遞減率之影響·····	106
3.25 影響穩定度之其他物理過程·····	109
3.26 穩定度在空氣變性作用中之角色·····	110

3.27	溫度逆增之形成	114
3.28	絕熱垂直運動形成之當地氣溫變化	118
3.29	穩定度及垂直運動與天氣之關係	119
3.30	垂直運動性質補述	121
3.31	穩定度之時間變化與空間變化略論	121

第四章 純量分析之理論與實施

4.01	坐標制	131
4.02	大氣的性質場	131
4.03	純量之表示與分析綱要	131
4.04	平面上的純量分析	134
4.05	純量場中的特殊點	135
4.06	三因次中的純量場	136
4.07	坡度	137
4.08	性質表面之地形	140
4.09	表面之斜率與曲率	141
4.10	地形場中之特別的線與點	144
4.11	一級不連續線	149
4.12	地形的與水平的純量形態之關係	150
4.13	各種變數量的地形場與水平場之比較	152
4.14	一變數量在另一變數量表面上的坡度	158
4.15	分析方法問題申論	159
4.16	協調	162
4.17	空間的內插	163
4.18	時間的內插	169
4.19	空間的外推	170
4.20	時間的外推	171
4.21	各種圖形的配合	172
4.22	重點的配置問題	173
4.23	分析正確性的限度	174
4.24	分析過程中的特殊問題	178
4.25	純量分析步驟綱領	179

第五章 圖解分析與計算

5.01	圖解分析引論	183
5.02	圖解加法	184
5.03	圖解減法	185
5.04	圖解乘除法	188
5.05	由純量圖形作圖解微分法	189
5.06	用有限差在所選之點間核算空間導數法	192
5.07	當地趨勢評論	195

第六章 剖面分析

6.01	引 論	198
6.02	穩定氣層之識別	198
6.03	對流極限	201
6.04	超絕熱氣層之識別	201
6.05	位溫之分析	201
6.06	氣溫之分析	204
6.07	由氣溫分析與位溫分析所得之推論	204
6.08	水份分析	205
6.09	相當位溫之分析	206
6.10	虛溫	207
6.11	密度與比容	209
6.12	力管與斜壓狀態	211
6.13	氣壓分析	214
6.14	等壓的斜率	223
6.15	垂直方向內氣壓系統之傾斜	226
6.16	地轉風	229
6.17	水平的與垂直的風之切變	232
6.18	垂直于剖面的地轉風	234
6.19	對流層的斜壓狀態及極鋒區	237
6.20	極鋒帶	239
6.21	漸變帶之氣壓與風的不連續性	246
6.22	漸變帶之氣溫分佈	253
6.23	鋒帶的特殊幾何性質	254
6.24	對流極限之不連續性	258

6.25 結 論	260
第七章 等壓分析	
7.01 引 論	264
7.02 對流層內大規模氣壓圖形 (1950年3月1日)	264
7.03 定壓層的地形分析	267
7.04 氣壓與風的分析中之地轉風方程式	267
7.05 1000mb 天氣圖之分析	272
7.06 氣壓面間之相對地形	272
7.07 熱力風與相對地形	274
7.08 定壓層上的氣溫分析	274
7.09 對流極限的地形	275
7.10 對流極限附近的氣溫場	278
7.11 氣壓與風圖的垂直變化	279
7.12 氣壓圖形垂直變化加註	284
7.13 定壓層上的高度趨勢	286
7.14 氣壓趨勢場與氣壓圖形變化之關係	289
7.15 以趨勢推論氣壓圖形之發展	299
7.16 空氣性質之水平的 (等壓的) 流動	300
7.17 由熱力風推算水平氣溫平流	302
7.18 風徑圖與等壓分析之關係	304
7.19 鋒帶分析附註	307
7.20 水份分析	308
7.21 大氣中之運動方程式	311
7.22 曲線等壓線之穩定運動——坡度風	317
7.23 不平衡力之加速	320
7.24 水平與垂直移位之穩度	330
第八章 等熵分析	
8.01 引 論	335
8.02 分析的準備工作	336
8.03 等熵氣壓坡度	337
8.04 等熵面上之地轉風	340
8.05 由等熵分析推論垂直運動	341

8.06	等熵面間之熱力風	344
8.07	等熵的水份圖形中之大規模現象及其與天氣之關係	345
8.08	等熵面間之等壓差	347
8.09	動力穩定度	347

第九章 地面天氣圖之分析

9.01	引 論	349
9.02	海面氣壓圖形之分析	349
9.03	極鋒波動學說綱要	356
9.04	劫鋒構造附註	360
9.05	1950年3月1日鋒的圖形	361
9.06	氣圈分析綱要	362
9.07	溫度圖形與鋒	366
9.08	氣壓趨勢場之分析	368
9.09	半日氣壓波	371
9.10	等變壓場與氣壓圖形之變化	373
9.11	船舶氣壓趨勢之訂正	373
9.12	鋒處之氣壓趨勢	374
9.13	等變壓圖之討論	376
9.14	氣壓與鋒的分析附註	377
9.15	目見的天氣之表示法	380
9.16	鋒波上天氣之分佈	385
9.17	無鋒天氣	390
9.18	山岳地形中之鋒	390
9.19	寒冷表面上鋒線分析之困難	394
9.20	副鋒及鋒的附屬現象	397

第十章 運動學的分析

10.01	引論	401
10.02	風速之分析	403
10.03	繪製氣流線	404
10.04	氣流線圖形中之特殊線與特殊點	408
10.05	繪製同向線	410

10.06	由氣流線定空氣之水平軌跡·····	412
10.07	由氣壓圖定水平軌跡·····	417
10.08	保守性表面上三度空間軌跡·····	417
10.09	速度場的水平導數·····	418
10.10	運動之線性特質·····	420
10.11	風之輻散·····	422
10.12	水平與垂直輻散間之通常關係·····	424
10.13	用有限差量度水平輻散·····	425
10.14	由運動的方向量度水平輻散·····	427
10.15	用面積儀核算輻散·····	429
10.16	保守性表面間側面輻散之量度·····	431
10.17	水平運輸為常數的氣流線·····	432
10.18	地轉風之輻散·····	434
10.19	餘地轉風之輻散·····	435
10.20	水平輻散之垂直分佈·····	440
10.21	氣壓趨勢方程式·····	444
10.22	相對旋率之垂直分量·····	446
10.23	用有限差量度旋率·····	447
10.24	由運動的方向量度旋率·····	447
10.25	用面積核算旋率·····	448
10.26	簡單氣流系統中之旋率分佈·····	449
10.27	地轉旋率·····	450
10.28	絕對旋率·····	454
10.29	改變旋率之因子·····	455
10.30	位距絕對旋率·····	458
10.31	常數絕對旋率(CAV)軌跡·····	459
10.32	CAV軌跡在大規模氣流圖形及天氣中之應用·····	462
10.33	水平輻散中之動力因子·····	464
10.34	水平變形·····	470
10.35	用有限差量度變形·····	472
10.36	用運動的方向量度變形·····	474
10.37	用面積核算變形·····	475
10.38	地轉變形·····	476

10.39	水平坡度之累積	479
10.40	空氣性質水平坡度之增加	483
10.41	鋒生過程	484
10.42	最適合的鋒生區域	490

第十一章 大規模氣象分析

11.01	引論	493
11.02	西風帶之強度	493
11.03	西風帶強度與半球天氣圖形	495
11.04	Rossby 氏長波公式	496
11.05	高空西風中之構造的變化	498
11.06	移行波動略論	502
11.07	海峽分析略論	504
11.08	冬夏之差別	505

第十二章 局部氣象分析

12.01	引論	508
12.02	地面天氣要素的局部變化	508
12.03	局部影響	511
12.04	小規模天氣現象之探索	512
12.05	由局部徵象分析天氣	513
12.06	垂直時間剖面	515
12.07	1950年2月21日至3月3日時期	517
12.08	1950年5月1日至15日時期	520
12.09	氣壓與垂直運動圖形之關係	521
12.10	局部氣象分析中風徑圖之應用	522
12.11	由局部紀錄繪製天氣圖之方法的要領	523

第十三章 熱帶氣象分析

13.01	引論	525
13.02	熱帶氣壓圖形	525
13.03	平均地面氣流圖形	526
13.04	平均高空氣流之含義	530

13.05	熱帶氣團.....	532
13.06	海洋上熱帶環流中之擾動.....	534
13.07	熱帶氣象分析之方法.....	540