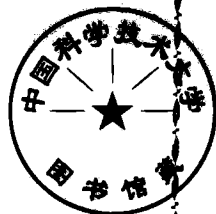


# 熱帶氣象學

H. 銳爾 著

熱帶氣象學

И. 銳 尔 著  
程 純 樞 譯



科 学 出 版 社

1958

H. RIEHL  
TROPICAL METEOROLOGY  
McGraw-Hill Publishing Company Ltd  
London  
1954

內 容 提 要

本書系統地对热带地区的气象要素的分布和变化状况,作了詳細的敘述,並对一些天气系統的成因、結構、变化和預报問題进行了分析和討論。其中尤其对热带風暴的高空和地面的結構、形成与行动作了詳細的綜合分析。

本書对于我国气象業務工作者与研究工作者对我国中低緯度地区的預报和研究工作有很大的帮助,同时亦可作为大学气象專業的学生和教师在教學上的参考。

热 带 气 象 学

H. 銳 尔 著  
程 純 樞 譯

\*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)  
北京市書刊出版業營業許可証出字第061号

北京西四印刷厂印刷 新华書店总經售

\*

1953年5月第 一 版  
1958年5月第一次印刷  
(京)0001-1.05G

書号:1153 字数:293,000  
开本:850×1168 1/32  
印量:12

定价:(19)2.20元

## 原 序

1943年7月,著者到波多黎各(Puerto Rico)参加热带气象研究所工作,才初次看见了热带。这研究所是芝加哥和波多黎各两大学的合作机构,由C. G. 罗斯贝(Rossby)和H. R. 白耳(Byer)两教授所发起创办的。第一个傍晚,几位同事沿着海滩散步,欣赏月光下信风积云的美景。素来大家浸潤於冰晶成雨学说,对这些云顶高达8,000呎,顶层温度高於 $+10^{\circ}\text{C}$ 的云並無戒心。可是突然山色变得模糊,繼而便隱沒;雨声漸近。不出几分鐘,大家站在走廊下,已成为落湯雞了,这时候才認識到信风积云下大雨,云顶並不必在 $0^{\circ}$ 以下。

於是便問:其它种种学说应用到热带又該怎样呢?在过去,低緯度的天气和环流都当作是定常不变的,只偶尔出現颶風\*。由於軍事方面对热带气象的迫切需要促使研究所得以創設,因而也就証明了这些旧說法的錯誤。热带里軍事活动的經驗肯定了在热带还是有程度上不可忽視的“天气”的。“天气”是怎样形成,又怎样来預报呢?

大家知道,低緯方面承担了抵补中高緯度輻射不敷額的大部分。如果热带里情况不是定常不变,我們还能够繼續認為热带對於中高緯度的环流变化沒有影响么?近十年来已經反复地証明,大气环流的研究者不可能像一个物理学家那样,把控制得当的火焰点上,放在鍋子下面,以后便进行工作,不必再去管这火焰了。

有些研究工作發軔於1940年代,而結果怎样,現在还未可逆料。但是在这期間世界各方面研究的进展很迅速,已經不負大家

---

\* 西部北大西洋的热带風暴——譯者註。

的期望。可是研究的結果分散在雜誌和論文里，學生很不容易找到。而熱帶氣象學課程講授的困難也與時俱增，尤其是对研究生以下的本科學生。因此随着需要的增大，本書的編寫計劃也日漸成熟了。

本書是屬於專門性質，編寫時認為讀者已有一般教科書的初等氣象學知識。然而也盡量避免錯綜複雜的觀念，對物理學的意义方面也用簡要的方式進行了討論。尽量少用數學，但是不能完全避免——雖然原先想這樣做。今日的气象學正致力於脫出定性的階段，走向定量的階段。途徑是構設和使用一些方程式（通常是簡單的）。如果有人能够用巧妙的办法避开这种用數學的趨勢，例如將位渦度保持定理的闡釋和应用都略去，對於讀者倒是一件好事。

教學方案，例如碩士培養計劃的方案里，必須支配相當大一部分時間給予多方面學習近代氣象學諸問題，因此本書的篇幅也不得不限制在一學期45至50個演講以內。同時，本書還盡量使熱帶氣象學的各方面全部都講到，因為許多氣象工作者和有關學科的工作者不大可能再在大學深造，因此也許希望本書能够更全面一些。由於以上這兩個意圖也因而限制了每一章里所能包括的材料。如熱帶風暴這一課題，如果充份討論的話，便可以佔據本書的全部篇幅。著者希望這樣的來選配材料能够利多於弊——在一個新的學科里缺點和不完整情況是在所難免的。

大戰時期的經驗和後來的研究工作証明，在雲雨的形成這一課題里，除了相對濕度達100%之外，內容還多得很。關於雲的物理學的進一步介紹，尤其是暖雲里的雨的形成，應該是本書不可缺少的組成部分之一。但由於著者在這方面沒有經驗，不如另請對這方面有聲望的人來擔任比較好，著者有幸，很够得到 R. B. 委克斯萊(Wexler)博士的合作，深表謝意。

赫柏脫 銳爾

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 原序.....              | i  |
| 第一章 風与气压.....        | 1  |
| §1. 地面的气压廓線与風廓線..... | 1  |
| §2. 風与气压在全球的分佈.....  | 8  |
| §3. 赤道槽.....         | 12 |
| §4. 对流層的平均風.....     | 14 |
| §5. 平流層の風.....       | 23 |
| §6. 高空風的常定度.....     | 25 |
| §7. 基本气流.....        | 29 |
| 第二章 温度.....          | 33 |
| §8. 热帶的季节.....       | 33 |
| §9. 世界地面温度的分佈.....   | 34 |
| §10. 温度的季节变化.....    | 35 |
| §11. 高空温度.....       | 41 |
| §12. 大陆上的气团.....     | 47 |
| §13. 海洋上的气团.....     | 49 |
| 信風逆溫.....            | 51 |
| §14. 大西洋的信風逆溫.....   | 53 |
| §15. 太平洋的东北信風.....   | 60 |
| 第三章 雨量.....          | 68 |
| §16. 世界雨量分佈.....     | 68 |
| §17. 雨量的季节变化.....    | 75 |
| 雨量分析.....            | 81 |
| §18. 雨量的实效.....      | 82 |
| §19. 雨量的变率.....      | 83 |
| §20. 日雨量和一次雨量.....   | 86 |
| 第四章 晝夜的和局地的作用.....   | 93 |
| §21. 气温的日变化.....     | 93 |
| §22. 風的日变化.....      | 96 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| §23. 云量与雨量的日变化.....        | 102 |
| §24. 地形性的局地对流单体对气候的作用..... | 104 |
| §25. 气压日变化.....            | 109 |
| <b>第五章 对流</b> .....        | 112 |
| 云下气层.....                  | 113 |
| §26. 海面附近的能量交换.....        | 114 |
| §27. 云下气层的结构.....          | 116 |
| §28. 千对流环型.....            | 118 |
| 有云层.....                   | 123 |
| §29. 积云的类型.....            | 123 |
| §30. 对流的發生.....            | 124 |
| §31. 积云的生長.....            | 126 |
| §32. 卷挟率和卷挟机构.....         | 134 |
| §33. 积云里風的水平結構.....        | 137 |
| §34. 湿層里的乱流交换.....         | 141 |
| <b>第六章 热带雨的物理学</b> .....   | 140 |
| §35. 云的形成.....             | 146 |
| §36. 暖云里降水的長成.....         | 150 |
| §37. 冰相.....               | 154 |
| §38. 冰体長成的降水.....          | 156 |
| §39. 雷暴.....               | 159 |
| §40. 人造雨.....              | 162 |
| <b>第七章 天气观测和天气分析</b> ..... | 168 |
| 观测.....                    | 168 |
| §41. 地面观测.....             | 169 |
| §42. 高空观测.....             | 173 |
| 分析方法.....                  | 175 |
| §43. 時間剖面.....             | 176 |
| §44. 地面圖.....              | 178 |
| §45. 高空圖.....              | 179 |
| §46. 風的計算.....             | 184 |
| §47. 小分析.....              | 186 |
| <b>第八章 輻散(合)与渦度</b> .....  | 190 |
| §48. 輻散(合)場.....           | 190 |
| §49. 渦度場.....              | 191 |

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| §50. 輻合、輻散与气压变化 .....    | 193 |
| §51. 位势渦度的保持 .....       | 197 |
| §52. 渦度定理的另一些应用 .....    | 201 |
| <b>第九章 东風波</b> .....     | 203 |
| §53. 东風波的模式 .....        | 204 |
| §54. 东風波的动力学方面 .....     | 212 |
| §55. 东風波的預报 .....        | 216 |
| §56. 东風波的形成 .....        | 219 |
| §57. 干季里的波 .....         | 220 |
| §58. 赤道东風里的波动 .....      | 221 |
| <b>第十章 低緯度扰动概述</b> ..... | 227 |
| §59. 赤道槽內的或附近的扰动 .....   | 227 |
| §60. 夏季对流層上部 .....       | 235 |
| §61. 印度夏季季風 .....        | 248 |
| §62. 涼季里的扰动 .....        | 260 |
| §63. 高緯低緯間的相互作用 .....    | 265 |
| <b>第十一章 热帶風暴</b> .....   | 273 |
| 生命史 .....                | 274 |
| 热帶風暴的地面結構 .....          | 276 |
| §64. 地面气压 .....          | 276 |
| §65. 地面气温 .....          | 278 |
| §66. 地面風 .....           | 279 |
| §67. 雨量 .....            | 286 |
| §68. 眼部在地面上的特点 .....     | 288 |
| §69. 海面状态 .....          | 289 |
| 热帶風暴的高空結構 .....          | 291 |
| §70. 高空風的結構 .....        | 291 |
| §71. 热帶風暴的云系 .....       | 299 |
| §72. 雨区的溫度結構 .....       | 304 |
| §73. 眼部的溫度結構 .....       | 307 |
| §74. 能的問題 .....          | 310 |
| 热帶風暴的形成 .....            | 314 |
| §75. 平均頻率 .....          | 315 |
| §76. 热帶風暴的征兆 .....       | 317 |
| §77. 气旋生成問題的基本看法 .....   | 317 |
| §78. 有关颶風形成的种种學說 .....   | 318 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| § 79. 能量供給.....               | 322 |
| § 80. 启动機構.....               | 324 |
| § 81. 潜热的釋放和垂直面上的环流.....      | 326 |
| § 82. 連接机械.....               | 329 |
| § 83. 冷却系統.....               | 330 |
| § 84. 热带風暴的消失.....            | 331 |
| 热带風暴的行動.....                  | 331 |
| § 85. 內力.....                 | 333 |
| § 86. 外力.....                 | 335 |
| § 87. 轉向.....                 | 339 |
| § 88. 預报方法.....               | 342 |
| <b>第十二章 大气环流</b> .....        | 350 |
| § 89. 老的大气环流模式.....           | 350 |
| § 90. 老模式的崩潰.....             | 351 |
| § 91. 大气环流理論現狀.....           | 354 |
| § 92. 热量平衡.....               | 355 |
| § 93. 热量平衡沿緯度的分佈.....         | 356 |
| § 94. 热量和水分傳輸的機構.....         | 358 |
| § 95. 运动量平衡.....              | 360 |
| 信風的結構.....                    | 365 |
| § 96. 东北太平洋区的水汽和热量的平衡.....    | 365 |
| § 97. 东北太平洋区的运动量平衡.....       | 367 |
| § 98. 信風逆溫的形成和消失.....         | 368 |
| § 99. 關於对流層上部和下部結構的另一些意見..... | 371 |

## 第一章

# 風与气压

有些人說南北兩回归線之間的地区是熱帶气象学的領域；又有些人說是南北緯  $30^{\circ}$  ——這緯度將赤道与地極間的地面正好分成兩半。生活在緯度  $20-30^{\circ}$  地帶的任何人都會覺得這兩种定义都是帶有任意性的。佛罗里达(Florida)州在夏季所經驗到的肯定是熱帶的天气，可是在冬季就不然。在印度和巴基斯坦北部，預報員在干季也揣摩着“西方的扰动”\*。

如果我們將熱帶看成是世界上在大部分时期内天气过程与中緯度天气过程迥然不同的那些地区，那末中部对流層东风帶与西风帶間的界線可以作为熱帶的大致界線。这条界線是变动的，採用这样的界線要考虑到季节的变动和同一季节内世界上一个地区与另一地区間的差異。在这样定义下的熱帶是我們的主要对象，可是我們对熱帶与溫帶兩者間的联系也关心。大气之中，沒有孤立存在的部分；不考虑更广大的地区，不可能認識到大气的某单独的一部分。因此，在本書里無論是天气学方面的和气候学方面的資料都包括了中緯度的一部分。

### § 1. 地面的气压廓線与風廓線

一般而論，天气的平均情况随緯度的变化比随經度的变化大得多。早年，人們曾經这样地来看气候，因而創造了“赤道無風帶”和“信風帶”这类名詞。所以我們第一步有必要先肯定一下这些广

---

\* 扰动——指大气里的槽、脊、低压或高压，尤其常指槽或低压——譯者註。

大气候帶的平均情况。

### 海平面气压

在副熱帶，兩半球上冬夏都有海平面气压最高区(圖 1)。这

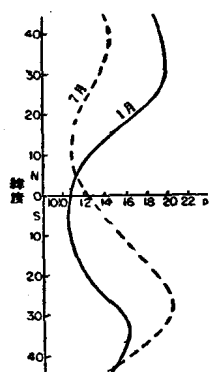


圖 1. 平均海平面气压  
(毫巴)

两个“副熱帶高压”之間，近赤道处有一低压区，即“赤道槽”，也就是通常所謂“赤道無風帶”。这个槽 1 月的位置是沿  $5^{\circ}\text{S}$  左右，7 月沿  $12-15^{\circ}\text{N}$  左右\*。它的位置随季节变动达 20 个緯度，这变动就影响到云雨的季节变化和熱帶風暴的形成。以年平均位置論，它在  $5^{\circ}\text{N}$  左右，而不在地理的赤道上。这緯度曾有“气象赤道”之称。

南北兩副熱帶高压脊反映了对地理赤道的不对称情形。南半球的脊平均而論比北半球的脊近赤道 5 个緯度。兩脊距气象赤道則相等。高压脊与赤道槽間地帶的寬度，主要就是信風帶，以年平均而論是相等的(30 度)。但这寬度的季节变化很明显；虽然高压脊的变动是与赤道槽同位相的，但脊的变动只 5 个緯度，而赤道槽变动达 20 个緯度。結果，信風帶的寬度在冬半球寬得多有  $35^{\circ}$ ，而在夏半球則只  $25^{\circ}$ 。

在熱帶脊線上，兩半球气压实际相等，夏季 1015 毫巴\*\*，冬季 1020 毫巴。我們可以看出來，整个熱帶也有相应的变动。各半球，熱帶空气的質量由冬入夏是減小的。因为这質量並不是完全归入極地区<sup>[34]</sup>\*\*\*，还有一个自冬半球越过赤道入夏半球的空

\* S 表示南緯，N 表示北緯——譯者註。

\*\* 關於單位問題的註解——气象学里，單位使用很混杂。溫度有攝氏、華氏和絕對單位；气压有毫巴、毫米和吋；長度有厘米、吋、呎、仟米、哩和哩等等；而且還有不同的組合。不必要的換算工作經常化費時間，不勝其煩，气象工作者應該爭取到一個全球共通的單位系統。

\*\*\* 括弧內的數字指本章末尾參考文獻的編號。

气淨輸出量存在。

### 合成風

我們要敘述風場正如定量的敘述气压一样,我們只得集中注意在海洋方面。海洋气候圖<sup>[40]</sup>以 $5^{\circ}$ 經緯度方塊給一数据的方式,广泛地包括了風和其他天气要素的統計資料。在陆上还没有类似的数据,而且很难进行計算。同时也出乎意料,广大的大陆上环流情形反而不如远洋上的知道得多。在任何陆上測站,局部地形都会造成很大的影响。單是地面摩擦的差異,已使海上和陆上的風不可能用統一的方法来表达,因此我們的分析只得限制於海洋上。可是从全世界的流線圖(圖7)上便可以看出来,海上和陆上的气流还是頗相类似的。

將合成風的矢量的方向按緯度点出曲線关系(圖2),其結果不像圖1的是光滑曲線,而是有几段有突变的直線,这表示各風帶間的分界是很清楚的。最上部是極地西風;它在冬季比夏季偏向低緯,約差 $5^{\circ}$ 。在副热带高压脊上的風向是突变的,这里在北半

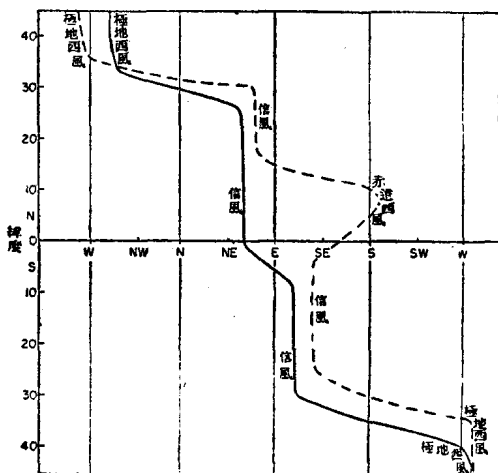


圖2. 地面風合成風向。1月實線; 7月虛線

球風向由西經北轉東，在南半球由西經南轉東，這一點是重要的；它表示有越高压脊的淨流量流向赤道，南北半球都是如此。

信風佔了熱帶的大部。大致說，信風在北半球是 ENE，在南半球是 ESE。而且都在冬季比較偏於低緯。北半球風向冬季約是  $50-60^\circ$ ，夏季  $70^\circ$ （以  $360^\circ$  方位，從正北順時針方向計）；在南半球冬季是  $120-130^\circ$ ，在夏季是  $110^\circ$ 。因此，北半球和南半球的信風與緯圈的交角，平均而論是相等的：冬季  $30-40^\circ$ ，夏季  $20^\circ$ 。

到這一點，兩半球氣壓場對氣象赤道的對稱性表現在風場上還是肯定的。到了信風帶的近赤道一側邊上，情形就顯然不同了。在 1 月，兩信風帶間的風向不連續很恰當的出現在  $5^\circ\text{S}$ 。可是，在 7 月，南風氣流佔據了  $5-10^\circ\text{N}$ ，而且在  $5-10^\circ\text{N}$  一帶的合成風向竟然是西南。在這裡沿緯圈進行平均的辦法就不適用了。南半球信風的順時針向的偏轉路徑大規模進入北半球（圖 7），因而形成西風。這種情形只出現在某些經度地段上——印度洋方面。如果在計算時除去印度洋，7 月的曲線在  $0-15^\circ\text{N}$  這段情形就會大不相同。

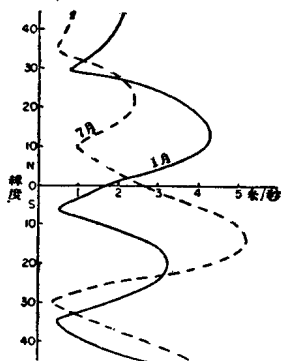


圖 3. 地面風合成風速(米/秒)

再看合成風速（圖 3），每季都有四個大風速帶——兩信風帶和兩西風帶。在副熱帶和近赤道槽是小風速部分。從夏季過渡到冬季，信風帶和西風帶都是在加強的；信風風速幾乎增強一倍。在北半球，最高風速在夏季是 2.4 米/秒，冬季是 4.3 米/秒；在南半球夏季是 3.3 米/秒，冬季是 5.3 米/秒。南北半球冬季都

是增高 2 米/秒。冬夏兩季南半球信風都比北半球信風強 1 米/秒；而且在兩半球信風最強的緯度，從夏季到冬季都是向赤道移動 10 個緯度。

以上是指合成風速的情形,但是这並不能就此了解到平均風速——不分方向的風速的情形。我們知道,副热带高压脊一冬之中要南北摆动几次。結果,可能在副热带輪替着出現頗强的东风和西風,可是“合成”时就互相抵消了。这样的地带應該称之为不常定的地带;反之,風向比較定常的称之为定常的地带。

气候学提供了几种方法以定風的定常性。其中一种是平均風速与合成風速之間的相关。根据圖 7,將热带分为三带(赤道槽  $5^{\circ}$  以內一带,从副热带高压脊的近赤道一侧到圖 7 的近極的边限,以及兩者間的信風带)而計算出相关。这三带的线性相关系数分别是 0.70, 0 和 0.94。由此可見,副热带的風是很不常定,而近赤道槽一带是其次,在信風带則是常定的。

这样便以数字將老輩航海者的經驗肯定了下来——他們常常在副热带和赤道無風带度过焦急的日子,而在信風带航行則順利無慮。此外風沿緯度的常定度廓線(圖 4)也进一步地証实了这一点。这里常定度的定义指最頻的風向(中数),  $45^{\circ}$  以內的各風向所佔的百分頻率。例如,某站風常来自 NE,而在 N 与 E 之間的風在整个时期中佔 75%,則常定度就是  $75^{\circ}$ 。圖 3 和 4 的廓線頗相似,

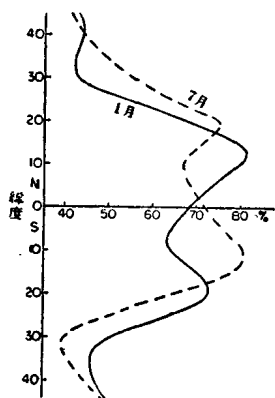


圖 4. 地面風的常定度(%)

合成風速最高值与常定度最高值相符合,低值合成風速与低值常定度相符合。在区域分布上的关系也如此,因而圖 7 的等風速線也可以近似地標誌为等常定度線。

在信風带的常定度达  $80\%$ ,沒有任何其他地带的風能达到这样高的常定度。实际生活也多方面地适应这种常定性的气流。在不少島嶼上,城市設在背風面,以使船只有較好的避風浪的港口。有不少繁忙的飞机場只有一条跑道,它往往沿着合成風向建造——

虽然这样有时也还是会出差錯的。

風的常定也引起信風帶天气的一些單調性,作者記得从前在波多黎各工作时有一次遇到“信風中斷”的日子,办公室里引起了一些兴奋情緒和騷动。

### 合成的“分風”

合成的分風沿緯度的廓線在很多問題上(例如大气环流,云雨

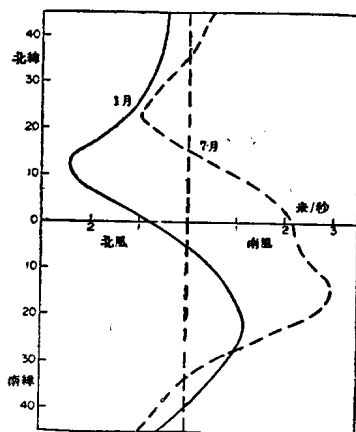


圖 5. 平均經向風<sup>[27]</sup>

的分布)有用处。平均的經向环流(圖 5)从海特萊(Hadley)之时起便已成为不少学說的基础。但奇怪的是一直到 1950 年才有人进行計算它的强度<sup>[22,26,27]</sup>。在承認圖 5 的曲線之先,有必要进行一些核對。在任何一個緯圈不同經度的地段上南分風北分風可以輪替出現,因此其合成量可能是兩大数之間的小差值,在統計学的意义上無关重要,仅作为一种参考。我們可以在每一个緯圈上按 5° 經緯度方塊上,来計数有

南分風或北分風的方塊数目(表 1)。

表 1. 冬季在信風帶中,具有平均向極分風(A)和有向赤道的分風(B)的 5° 經緯度方塊的数目

|            | A | B  |            | A | B  |
|------------|---|----|------------|---|----|
| 7月 5—10° S | 4 | 54 | 1月 5—10° N | 3 | 53 |
| 10—15° S   | 2 | 58 | 10—15° N   | 0 | 59 |
| 15—20° S   | 1 | 54 | 15—20° N   | 0 | 54 |
| 20—25° S   | 7 | 50 | 20—25° N   | 0 | 52 |

从向赤道的分風的優勢看,可見圖 5 冬季信風帶的部分是可靠的。此外,向極方的部分平均經向环流很小。在夏半球,南北分

風的輪換較為頻繁。我們的結論是，在熱帶只有一個大的環流單位\*——在冬半球。這裡有大範圍的空氣以較大的速度（2—3 米/秒）流向赤道而且越過它。在副熱帶，空氣從西風帶越過副熱帶高壓脊，而到信風帶；向赤道分風與向極分風之間的緯度劃分在高壓脊向極一側約  $5^\circ$  或稍多些。在赤道區，這分界緯度在 1 月是  $5^\circ\text{S}$ ，在 7 月是  $15^\circ\text{N}$ ，與赤道槽的位置相吻合。

再論緯向分風（圖 6），赤道上兩季都有 1.5—2 米/秒的東分風<sup>[17]</sup>。據我們所知，並不是所有星體上都有這種東分風。太陽的大氣中現在能夠觀測到的層次里，赤道氣流方向是西來的；用轉盤法實驗結果形成的也是西風環流。但是觀測火星所得到的少量數據却好像有赤道東風<sup>[13]</sup>；它的環流頗像地球上的大氣環流，不但有赤道東風，而且還有環型副熱帶高壓構造。

圖 6 包括了地轉風廓線，到緯度  $10^\circ$ 。在副熱帶高壓脊部分的計算結果和實測結果相符合，再往低緯度，差別就增大。低於  $20^\circ$ ，地轉風計算結果就不可能表示冬季真正的合成風，瞬時實測風與地轉風的比較結果也是如此。

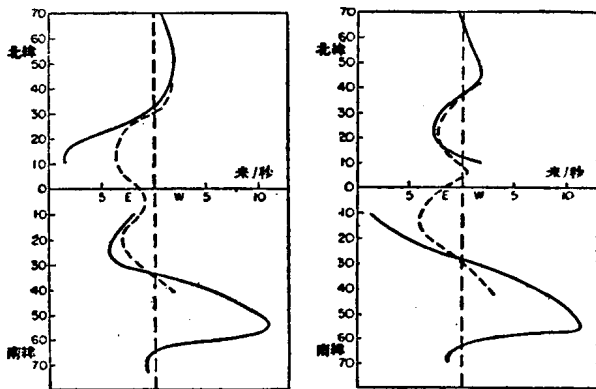


圖 6. 平均緯向風(虛線)和地轉風(實線)(米/秒).<sup>[17]</sup>

左: 1 月, 右: 7 月

\* 單位即 cell.

## § 2. 風与气压在全球的分佈

任何人企圖繪制一套如圖 7—8 這類圖表, 很快就會理解到這不是一件小工作, 也不是一件可以完全滿意的工作。雖然每一本圖集或教科書都有某種平均風場圖, 但是都有很大的差別, 不容易加以一致。本書這兩個圖的材料來源是海洋部分主要根據氣候圖<sup>[40]</sup>, 陸地部分是根據幾種專門出版物<sup>[3,9,18,32,33,37-39,43]</sup>。

分析圖 7 時, 採用了 V. 皮葉克尼斯(Bjerknes)的流線技術<sup>[1]</sup>, 這個方法帕爾梅(Palmer)曾經廣泛地應用於熱帶研究工作<sup>[21]</sup>中。它在第七章里將有詳細介紹。按照風的常定度計算結果, 信風帶的流線能表示風的平均路徑; 而副熱帶流線只表示了質量的淨位移。雖然如此, 副熱帶海洋東部的反氣旋式的獨特點還是這個圖的重要特色。除了 7 月南印度洋外, 其他海洋都有這些點子。資料表示出流線有反氣旋式的線狀源。所有副熱帶的環型都有季節位移。

從副熱帶散開的流線經過信風帶途中, 間隔逐漸增大, 尤其是在南半球的夏季。當逼近赤道時, 流線在大洋東部呈順時針方向的偏轉。SE 信風可以成為 SW, W, 有些地區或竟成 NW。這種改向常被認為是由於季風作用; 信風的一部分稱為“偏轉信風”, 被認為是引向增熱了的大陸。弗里曼(Freeman)<sup>[11]</sup>曾建議另一種解說, 至少是對南美洲西岸情形的解說; 這解說的根據是逆溫層下的水壓力跳躍概念。有好些事實使得偏轉信風的季風性學說發生了疑問, 例如, 北半球 1 月中部印度洋和太平洋也有相應的偏轉——這裡是反時針方向的。雖然如此, 這幾張圖證明有季風的存在是無疑的; 氣流在夏季引向大陸, 冬季流出大陸。

赤道槽一般位於兩半球流線輻合的所在。1 月份它的位置很明確, 遠自南太平洋中部, 那裡有 SE—NW 向的輻合線自副熱帶引出, 成為 160—180°W 間的赤道槽的一部分。在三個大洋上赤