

大 气 环 流

帕 哥 鄉 著

財 政 經 济 出 版 社

大 气 环 流

帕 哥 鄉 著

陶 詩 言 楊 鑑 初 譯

財 政 經 濟 出 版 社

1957年·北 京

內 容 提 要

本書較通俗地敘述了最複雜的氣象問題之一——大氣環流問題。

書中討論了北半球中緯度和高緯度在不同季節中大氣環流形成的若干基本原因。也部分地涉及到海洋和陸地的大範圍上，引起長時期的天氣異常的巨大的環流變異有關的問題。

本書經中央氣象局推薦出版。可供大學氣象系、氣象專業在教學上及高、中級氣象技術人員作為在工作上的參考材料。

Х. П. Погосян
ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ
Гидрометеониздат
Ленинград 1952

根据苏联國立水文气象出版社
1952年列宁格勒俄文版本譯出

大 气 环 流

〔苏〕帕 哥 鄉 著
陶 詩 言 楊 鑑 初 譯

*

財政經濟出版社出版

（北京西总布胡同7号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第60号

中華書局上海印刷厂印刷 新華書店总經售

*

787×1092 耗1/25·6 2/25 印張·110,000字

1955年7月第1版

1957年1月上海第2次印刷

印數：2,001—3,200 定价：(10)0.79元

統一書号：13005.30 55.7, 溫型

原 書 前 言

在本書中我們敘述了某些大气环流的問題，討論了在各个不同季節中形成北半球中緯度与高緯度实际出現的大气环流的原因，同时我們还談到了关于大气环流的嚴重反常問題，这种大气环流的嚴重的反常現象，引起了大陸与海洋上的廣大地区中長期天气的反常現象。另外，对于季風与信風环流、对流層中的气候鋒区、及大气环流与水分循环等等問題，我們亦給了簡短的敘述。在本書中对南半球大气环流的特点，僅作部分討論。

本書是为水文气象高等学校和技術学校的学生及廣大的气象工作者們而寫出的。

目 錄

原書前言	3
引 論	7
第一章 地球上各個不同區域中溫度的分佈及氣壓場與 溫度場的基本特點	14
第一節 太陽光能的輸入及北半球溫度與氣壓分佈的一般性質	14
第二節 最簡單的大氣環流模型	16
第三節 大氣垂直方向上的分層與水平方向上的分化	20
第四節 對流層中的溫度場與氣壓場	22
第五節 500 毫巴等壓面形勢圖上的季節特性	33
第六節 氣壓相對形勢圖及 500—1000 毫巴等壓面中間氣層中 平均溫度的年變化	40
第二章 氣團變性對於北半球對流層平均溫度場建立上的作用	46
第七節 由於大陸與海洋的分佈所引起的氣團變性的一般特點	48
第八節 非平流溫度變化的一般表示的式子	51
第九節 洋面上空氣溫度與海水溫度的差數	54
第十節 一月與七月 500—1000 毫巴等壓面之間氣層平均溫度的 非平流變化	57
第十一節 100 小時內的溫度非平流變化	63
第十二節 溫度的非平流變化與對流層的平均溫度場	64
第十三節 冬夏對流層中平均溫度場的特性	67

第三章 對流層的平均溫度場及氣壓場以及其對大氣環流	
生成的作用	70
第十四節 地面氣壓場與對流層中部的氣壓場之間的關係	71
第十五節 在一月份氣旋與反氣旋的活動及其對流層下半部	
溫壓場的構造	73
第十六節 一月地面平均氣壓場	81
第十七節 七月氣旋與反氣旋的活動以及溫壓場的構造	84
第十八節 七月地面平均氣壓場	88
第十九節 過渡季節中氣壓場構造的特徵	89
第二十節 氣層平均溫度的年變化,鋒區溫度的對比以及高空	
等高線場的輻散跟地面氣壓之間的關係	92
第二十一節 氣候上的鋒區	98
第二十二節 信風環流	105
第二十三節 季風環流	107
第四章 大氣環流的距常	114
第二十四節 環流距常的一般特性	116
第二十五節 1939—1940年冬季的環流距常	122
第二十六節 夏季高空氣壓場的距常	126
第五章 大氣環流與水分循環	132
第二十七節 水分循環的圖解	132
第二十八節 水分循環的計算	138
結論	144
文獻	151

引 論

圍繞着地球的空氣，始終不停地處在運動之中。大小體積的空氣以及各個空氣的質點，是按着各種各樣不同的路徑運行着的。在這類非常複雜的運動中，最顯著的是空氣的水平運動。空氣的流動多半是具有各種大小不同的渦旋型式，即從很小而且時間短暫的空氣渦旋一直到像氣旋與反氣旋那樣大的比較長時期的空氣渦旋。這種氣旋與反氣旋在中緯度的大陸與海洋的廣闊地區上，繼續不斷地在生成着、發展着與消滅着。氣旋與反氣旋中的氣流系統，在對流層裏面佔據了很厚一層的空氣範圍。有時候氣旋與反氣旋的環流系統佔有了整個對流層的範圍及平流層下部的範圍，並且還能一直擴展到 20 仟米的高度或者更高一些。氣旋與反氣旋的直徑（其中尤其是反氣旋的直徑）常常可達 2,000—3,000 仟米。發展着的氣旋與反氣旋生存的持續時期，可達幾天以上。在個別情況下，這些氣旋與反氣旋渦旋，由於它們有再生的過程出現，能維持一星期以上。

氣旋與反氣旋是大氣中大規模空氣渦旋運動的型式。除開氣旋與反氣旋之外，大氣中還存在有小規模的空氣運動，例如龍捲風、山風、谷風、海陸風以及其他形式的氣流等等。

雖然在空氣運動的一般系統中，其水平方向的運動分量是無可比擬地大於其垂直運動的分量；但是空氣的垂直運動對於地面上天氣現象的形成，却是起着很重要的作用。大塊空氣的絕熱冷卻與絕熱增暖的過程，是與空氣的垂直上升及下沉運動相聯系的。這種絕熱冷卻與絕

熱增暖的過程，能引起雲的生成及消散，因而亦能引起降水的發生與終止。

在大氣中所出現的各種各樣的氣流形式，綜合起來便構成了大氣環流。從地面以至於 20—30 仟米高度處的大氣環流特性已經有了比較完全的研究。至於 20—30 仟米高度以上的大氣環流情況，在目前我們只能根據少數幾個直接觀測的材料或者根據間接推論，而得到一些近似的概念。

在過去已經有許許多多的關於大氣環流問題的研究，然而這些研究大部分是從地面氣象觀測材料綜合起來的結果，並且所研究的主要是地球上各個地區中的大氣環流的個別環節問題。研究所依據的材料，主要是地面上氣溫、氣壓與風的分佈的月平均圖。人們根據了這些平均圖以及氣象觀測的資料，便弄清楚了地球上任何一個區域中在全年與各個不同季節中重複出現最多的並且有週期性的環流過程。這樣人們便發見了季風與信風。

然而，因為地面上個別氣象要素的平均分佈圖是不能反映出所有各種各樣的環流過程的，特別對溫帶地區來說更是這樣，因此，在過去很長的一段時期中，人們對於大氣過程的知識是極其有限的。此外還應該加上一點，即地面上氣壓與風的月平均圖祇能在某種程度上反映最接近地面的氣層中的空氣環流。至於包括各個不同大氣層的而且是彼此相互影響的實際環流情況，人們只是有一些模糊的概念而已。

隨着天氣學的形成與發展，人們便開始從月平均圖以及每天的天氣圖來對最複雜的環流，亦即溫帶的環流進行研究。從每天的天氣圖上，我們就能接觸到關於非週期性的主要大氣過程與現象的研究問題。因為由於缺乏有系統的關於高空氣壓、風及溫度分佈的觀測資料，人們研究大氣環流的問題是很困難的。人們曾經企圖根據地面觀測的資料

來繪製各個不同高度上的平均氣壓圖，用以彌補這個缺陷，但是並未曾得到所期望的結果。這是因為這些圖只能反映高空氣壓場上最普通的一些特點。在那個時候人們還引進了關於大氣活動中心的概念。所謂活動中心是指氣候學上的高氣壓與低氣壓區。活動中心的概念，在目前還是存在着的，但已經用於另外的意義上了。應該指出，這個概念對於說明大氣環流的複雜過程是很少幫助的。

自從在天氣學上出現了所謂鋒面分析之後，人們便開始根據對流層的鋒區來進行關於個別的非週期性的大氣過程的研究。在本世紀的二十年代 V. 皮葉克尼斯曾提出了一個新的大氣環流模型。這一個環流模型不僅表示出了南北緯度間水平方向的大氣環流，而且還表示了垂直方向上的大氣環流（即環流圈）。在這之後，人們又根據了氣團地理分類的學說和其相應的鋒面命名的學說，在皮葉克尼斯的環流模型上，又增加了一些垂直方向上的環流圈（文獻 44）。這樣便使得這個環流模型更加複雜化了。然而，這一個複雜的環流模型仍舊還不能反映出大氣環流的主要的和其代表性的特性。

大氣環流的問題，始終吸引着蘇聯學者們的注意。他們對於溫帶環流的特性（文獻 1, 6, 7, 8, 13, 21, 24, 30 及其他），及由於海陸溫度差異所引起的地球上各個部分的季風環流問題，都進行了研究。研究季風的運動最有成績的是 B. B. 蘇列依金（Шулейкин）院士和他的學生們。

儘管學者們對於大氣環流的研究是非常注意的，但由於問題非常難，我們對於大氣環流的知識，了解得仍然很不充分。事實上，在十九世紀中葉，人們就已經想研究出大氣環流的理論來。從那時候起，關於這個重要問題的理論上的解答，曾吸引了許多著名學者們的注意。但是在過去所完成的一切理論著作中，人們幾乎都是根據許多簡化的條件而求得的。因為只有這一些簡化的條件，便使得我們所解決的問題只限於

局部的範圍之內。這也是不難理解的，因為到目前為止，在大氣運動的問題中，仍然還有很多沒有解決的問題。因此，大氣環流的問題仍然是氣象學上最基本的同時又是最困難的問題。其所以困難是因為大氣環流的形式以及大氣環流形成的原因是各種各樣的，而且還是很複雜的。

應該指出，這個問題的理論解決，是具有不可估計的重要意義的。因為長期天氣預告的理論研究是與大氣環流的問題密切關聯着的。

在最新的大氣環流理論中，以 H. E. 柯欽的理論最為完全，他解決了緯圈環流的問題（文獻 18, 19）。他的著作對於蘇聯學者們在大氣環流的問題上所完成的更進一步的理論研究，是一個重要的根據。尤其是蘇聯的學者們計算出了高空與地面上溫度，氣壓與風的分佈情形，並且又得出了一個在氣候學上的高低氣壓區域分佈的理論模型（文獻 2）。這個模型與實際情況多少是相似的。

由於問題的複雜性，大氣環流的研究，祇有在理論與經驗分析相結合的條件下，才能有成功的可能性。

在轉動着的地球上，大氣環流的主要形式，亦即大氣的東西方向的運行和溫帶區域所特有的氣旋與反氣旋活動，是由赤道與兩極之間的“熱源”與“冷源”所決定的。這種熱源與冷源是由其間的溫度的差異所造成的。由於有了這樣一個具備熱源與冷源的巨大的熱機的工作，便在 20—25 千米厚的低層大氣中，形成了上述的大氣環流型式。這部熱機的熱源是位於赤道帶（一般地說在低緯度），其冷源是位於南北半球的高緯度。B. B. 蘇列依金院士稱這部熱機為第一類熱機。

南北緯度之間氣團的交換，維持着一個幾乎常定的溫度分佈，這一溫度分佈同那個應該符合於輻射平衡的溫度分佈，顯然是不一樣的。各種各樣的大氣運動形式，例如從比較小的亂流渦旋以致像氣旋與反氣旋那樣巨大的環流系統，同樣亦促使有這樣的溫度分佈。太陽的光能是

一切渦旋形式能量的源泉。並且在冷半球消耗於空氣運動上的太陽的能量，是永遠較在暖半球爲多。因爲在冷半球上，在冬季空氣是在冷卻着的，特別是在高緯度和中緯度，冷卻的效應是很強烈的。所以整個對流層內的溫度與氣壓的水平梯度都是有顯著地增加。

除了這些子午線（南北）方向的溫度差異外，在地球上還存在有另外一些由於大陸與海洋的增溫與冷卻不一樣而發生的溫度差異。實際上，在冬季半年，特別是在中緯度和低緯度，大陸迅速冷卻而成爲冷源，但同時內，海洋由於水的熱容量很大及海水有熱量交換的特性，所以在夏季能蓄積熱能，而到了冬天便成爲熱源。在夏季半年情形恰好相反，大陸由於增溫較快變成爲熱源，而海洋則爲冷源。因此，在大陸與海洋之間出現了以季節爲轉移的環流。雖然這種季風環流在很大程度上被由於赤道與兩極之間熱量差異所形成的比較更強大的環流所沖淡掉，然而它畢竟是表現在大陸與海洋之間近地面層大氣的季節交替現象上。由於大陸與海洋之間熱量的差異所引起的大氣中熱量交換的過程，我們同樣也可以把它看成是一架熱機的工作。B. B. 蘇列依金院士稱這部熱機爲第二類熱機。這樣的第二類環流，在地球上，凡無非週期性的氣旋與反氣旋過程加在上述的海陸交換的季風環流上的區域，便表現得最爲顯著。

隨着經常工作的大氣高空探測網的發展，根據高空觀測資料來繪製北半球月平均氣壓形勢圖便成爲可能的事情（文獻 30）。從這些平均圖我們已能說明溫帶區域中的某些環流特性。在本書的第二章中，我們將要說明：表示在各個不同季節中大氣環流特性的，對流層的溫度場與氣壓場是怎樣形成的。此外，我們還要指出月平均的溫度場以及與溫度場相對應的平均氣壓場的構造，主要是決定於運行在大陸與海洋上氣團的變性。

我們根據月平均的氣壓形勢圖，計算出在任何時間間隔內溫度的非平流變化。這樣就可以拿空氣柱平均溫度的變化來表示空氣所獲得與傳出的熱量多少。我們根據這些數值，便成功地推求出一張北半球對流層下半部各季的平均溫度場圖。這一張溫度場圖，在其一般的特點上來說，是與各季的實際溫度場相一致的。由這個方法所推求得的溫度場亦可以看做是高空氣壓場，這是因為在多年平均的 500 毫巴絕對等壓面形勢圖與 1,000—500 毫巴相對形勢圖之間，它們的差異是不大的。

在本書第三章中，我們要討論平均溫度場與氣壓場與大氣環流的關係。我們從北半球的相對形勢圖，提出了關於大氣環流的能量在質方面的特徵。由此，我們便指出了大氣中各個能量儲蓄最大的區域，亦即是對流層中的主要鋒區。這些鋒區的位置和結構決定了季節環流的主要特點。這是因為氣旋與反氣旋活動的區域，亦就是對流層主要鋒區的所在。我們從溫度差異的大小與高空氣壓場的構造，便能說明冬季與夏季北半球地面上氣候學上的高低氣壓系統的地理分佈。

此外，在第四章中我們要討論冬季與夏季高空與地面氣壓場在長期反常天氣時期的特徵。

最後在第五章中，我們提出了一個在有限的陸地上水分循環的新圖解。這個新圖解是由蘇聯學者們研究出來的。在這本書裏我們亦必須注意到這樣的問題。因為我們應該把水分循環的問題看做是與大氣環流有密切關係的。實際上，空氣中的水分無論在水平方向上或是在垂直方向上，都是與空氣一起在運行着的。大家知道，空氣的運行能引起對流層中水分的重新分佈，尤其重要的是空氣的運行會造成空氣的顯著的動力冷卻，並且也使空氣中的水汽發生凝結與降水。所以在中緯度與高緯度，降水的分佈是與氣旋性的環流及氣旋的頻率有關。在本書中我們還給出了在有限的陸地上水分循環的某些計算。這些計算不僅具有

科學的意義，而且對於實現斯大林的改造自然計劃，有重要的實際意義。

在上面我們已經說過，大氣環流就是大氣中的一切氣流形式——例如在氣旋與反氣旋中的氣流、信風、季風、龍捲風、山谷風、海陸風等等——的一個總體。然而各種氣流型式在大氣環流中的作用是不一樣的。例如龍捲風、山谷風、海陸風以及其他等等，祇是有地方性的意義，雖然對於某一個地區來說，在某種程度上它們是該地大氣環流的特徵，但是它們並不會嚴重地影響到整個大氣環流的情況。

第一章

地球上各個不同區域中溫度的分佈及

氣壓場與溫度場的基本特點

第一節 太陽光能的輸入及北半球溫度與氣壓分佈的一般性質

大氣環流的研究，應該先從太陽光能的輸入問題着手。因為大氣環流的主要原因，就是太陽光能輸入的不均勻，所以，如果我們不知道太陽光能輸入地球表面的規律性，如果我們又不知道地面與大氣中熱能交換的規律性，那麼我們就不可能得出大氣環流的理論模型。

地球表面上每一點所得到的太陽能量的多寡，首先是依太陽光線入射角的大小來決定的。太陽光線的入射角，一方面是從赤道向極地減小的；另一方面在一年之中入射角的大小亦是有變化的。例如，在春秋分日在赤道上，在正午的時候太陽正好是在天頂；但在極地上空，在正午的時候太陽只是在地平線上。在北半球的夏至日，北極上空太陽最大的高度是 23.5 度，在赤道上空入射角是 66.5 度；而在南半球的極地上空，太陽是在地平線的下面；但在北回歸線上太陽却是在天頂。當太陽光能經過大氣層時，太陽光能便發生吸收與散射的過程。因此，輸入地球表面的太陽光能的大小，除開與太陽光的入射角大小，亦即與太陽在地平面上的高度有關外，還與太陽光能被大氣的吸收與散射等作用有關，特別是雲層對太陽光能的吸收與擴散最是厲害。一部分的被大氣

所散射的辐射能，仍舊能射回地球表面。凡是在地球上常常有雲發生的區域中，太陽光能被大氣層所散射掉的部分，比起在晴空少雲的區域裏面要多些。

在這裏我們不想討論地球表面上各個不同地點太陽光能實際輸入分佈的詳細情形，但我們要指出，在赤道區域及在低緯度區域，一年之中在單位面積上所輸入的太陽光能量，是大大地超出在高緯度地區所得到的太陽熱能量。由於太陽光能的入射，地球表面便增熱起來。又因為在大氣中有熱量亂流交換作用發生，所以熱能從增熱了的地面上輸入低層大氣裏面，這便使得低層大氣增暖起來。低層大氣增暖的強弱，一般是從赤道向極地減小的。因此在對流層大氣中，溫度的水平梯度的方向，是從赤道指向極地的。因為高空的氣壓場主要是由溫度場的分佈來決定的。所以在自轉的地球上空就有自西向東的空氣運動出現，這種自西向東的空氣運動是由於在極地與赤道上太陽光能輸入的不均勻所引起的。

假使大氣中並沒有各種各樣的渦旋生成，亦沒有大型亂流熱量交換過程出現，那麼地球上的溫度分佈一定和實際觀測所得的分佈情形完全不同。在這一種輻射平衡條件下的溫度分佈中，在低緯度輻射平衡的溫度一定是高於實際觀測所得的溫度，而在高緯度却是低於實際觀測所得的溫度。第一表上所列的有鮑耳(Baur)計算所得的各緯度上輻射平衡的平均溫度數值(表中的第一項)。表中的第二項是北半球各緯度實際觀測所得的平均溫度數值。第三項是北半球各緯度上輻射平衡的溫度與實際溫度之間的差值。

經過南北緯度間氣團的交換作用，高緯度地區從熱帶那裏得到了熱量；反之，熱帶地區則有冷空氣從高緯度與中緯度流入，而引起了高、中緯度區溫度的降低。

第一表 各緯度上輻射平衡的溫度與實際觀測所得的溫度數值的分佈

溫 度	緯 度 (度)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
輻射平衡的溫度	39	36	32	22	8	-6	-20	-32	-41	-44
實際的溫度	26	27	25	20	14	6	-1	-9	-18	-22
溫度差	-13	-9	-7	-2	+6	+12	+19	+23	+23	+22

從第一表還可以看出，雖然在低層大氣中有南北緯度間空氣交換作用存在，但對流層中的溫度水平梯度，仍舊是維持着南北向的，亦即溫度水平梯度的方向依然還是從赤道指向極地的。因此在高空就會生成自赤道指向極地的氣壓水平梯度。大家知道在地面附近氣壓的分佈比高空要複雜，從赤道到極地高低氣壓的區域是相互交替地出現着的。這種地面氣壓分佈的特點，我們在繪製最簡單的大氣環流模型時常常要考慮到的。

第二節 最簡單的大氣環流模型

大氣中除開由於地球表面受熱的不均勻所起的空氣水平運動外，還不斷有垂直運動出現。這種垂直運動對於天氣和氣候的形成是起着重要的作用的。因此即使在最早的大氣環流模型中空氣垂直運動的情況也反映了出來。

在這裏我們就現有的大氣環流各種模型中挑幾個最簡單的模型來作說明。

假如地球並不圍繞着它的地軸而自轉，又假設在地球上從各方面都受到太陽光的照射，而且地球的表面是均勻的，那末在地球上只會出現沿經線方向的簡單環流型式，亦即只有經向環流出現。在這種環流型式之下，地球上空氣的運行是如下面所說那樣的：在地面上氣流是從極