

科 學 譯 叢

——氣 象 學：第 1 冊——

天氣發展的平流動力分析

中 國 科 學 院 出 版

科學譯叢

——氣象學：第1冊——

天氣發展的平流動力分析

X. П. 帕高西揚 等著
H. Л. 塔巴洛夫斯基

中國科學院出版

1953年9月

科學譯叢

——氣象學：第 1 冊——

天氣發展的平流動力分析

著者	X. П. 帕高西揚等 H. Л. 塔巴洛夫斯基
譯者	張家誠等
編輯者	中國氣象學會
出版者	中國科學院
印刷者	上海藝文書局鑄字印刷廠
發行者	中國圖書發行公司

書號：53041(氣象)01

(京) 0001—3,300

字數：68,000

1953 年 9 月初版

定價 6,600 元

本書內容提要

本書介紹的是蘇聯氣象上的一個偉大貢獻，蘇聯天氣學和動力氣象學上的核心之一——平流動力分析，牠解決了天氣學上的一個最基本的問題，即大氣發展過程的問題。因而使天氣形勢變化的問題得到前所未有的正確、滿意的答案。

平流動力分析是從對流層內溫度場和壓力場的構造來了解天氣系統發展的問題，牠把溫度場和壓力場統一起來，把高空天氣系統的發展和地面天氣系統的發展統一起來。牠是實際的、全面的。由於平流動力分析理論的建立，天氣學已有很多基本的改變。天氣分析預報的實際工作也已大大推進一步。因此，本書不論對氣象研究工作者或天氣預報實際工作者都是很需要的學習資料。

目 錄

前言.....	顧震潮	(1)
論短期天氣預報方面的幾個原則問題.....		
..... K. И. 卡興, X. П. 帕高西揚		(5)
基培爾教授的天氣預報的理論方法...Б. И. 伊茲凡柯夫		(21)
關於氣旋越過山脈的問題.....И. А. 基培爾		(40)
對流層和近地面層的鋒生.....		
..... X. П. 帕高西揚, Н. Л. 塔巴洛夫斯基		(46)
根據基培爾方法預告高空的溫度與濕度.....		
..... Б. Д. 烏斯賓斯基		(69)
關於平流動力分析的幾個問題.....X. П. 帕高西揚		(87)

前 言

顧 震 潮

這裏介紹的是蘇聯氣象學上的偉大貢獻，蘇聯天氣學和動力氣象學上的核心——平流動力理論。這理論是近代氣象學上的一個巨大成就。它形成了目前蘇聯先進的天氣分析預報技術的基礎。

我們知道氣象學上一個最基本的問題，便是大氣發展過程的問題。這問題是近代天氣學和動力氣象學上的主要問題。但是，它也是一個很困難的問題，一直都沒有得到比較圓滿的解決。而天氣變化，特別是天氣系統及天氣形勢變化的問題也因此無法得到正確的圓滿的解決。

近三十年來資本主義國家的氣象學者在天氣發展的問題上，正像在許多別的問題上一樣，儘走着絕路。不論挪威學派的鋒面波動學說也好，英美的許多“長波”研究也好，都鑽進了研究“波動穩定性”的牛角尖裏。而事實上，“波動穩定性”的問題即使獲得圓滿解決，對天氣系統發展的問題講不過也只是解決了一小部分問題，並且只是其中一個特殊部分。何況就其這些理論本身也沒有獲得圓滿解決。研究得比較有些成績的是正壓大氣天氣系統的發展理論，但無論如何正壓大氣的理論只能看做一種近似值，不是大氣界的普遍情形。而且，就在天氣系統發展中比較重要關鍵問題上，大氣的斜壓性是很顯著的。

在這方面，蘇聯的氣象學家像托洛依茲基 (С. И. Троицкий)，米海爾 (В. А. Михель)，帕高西揚 (Х. П. Погосян)，塔巴洛夫斯基 (Н. А. Таборовский)，基培爾 (И. А. Кибель) 等從 30 年代起就對這問題作了很重要的基本性的研究，並適當的解決了這個問題。特別在帕高西揚和塔巴洛夫斯基配合實際工作經驗加以發揮之後，平流動力分析已使近代天氣學大為改觀了。與平流動力分析平行發展而獲得同樣結果的還有基培爾的理論。基培爾教授因此光榮地獲得了斯大林獎金。

平流動力分析的特點和優點是很多的。首先、平流動力理論中所研究的對象是為實際大氣情況相符的斜壓大氣，是從對流層內溫度場和氣壓場的構造來了解天氣系統發展問題的。因此，這理論是實際的，全面的。牠把溫度場和壓力場統一起來了，把高空天氣系統的發展和地面天氣系統發展統一起來了，并且也把平流氣壓變化和動力氣壓變化統一起來了。牠和過去許多理論有着基本的、原則性的差異。牠使過去許多糾纏不清的問題得到了澄清。不但如此，平流動力分析所得的結果又非常簡單便於實用。牠可以直接應用到現有的天氣圖上來。所以牠也使天氣分析預報的實際工作大大的向前推進一步。因此，這理論建立以後蘇聯水文氣象預報方法發展現狀及前瞻的討論會 (1948 年) 上一致認為由於這方法的不可置疑的優越性，必須將過去所訓練的預報人員輪流調回學習這新的方法。

蘇聯氣象學上這一個偉大的成就再一次證明了蘇聯社會制度的無比的優越，再一次證實了斯大林在 1946 年的預言：蘇維埃的科學“不但是能夠趕上，而且在最近期間一定能超過外

國的科學的成就”。

爲了響應毛主席指出學習蘇聯先進的科學技術的號召，爲了使我們氣象工作大大地跨前一步，我們更應該趕快的學習、介紹和推廣這一個重要的先進理論*。

現在讓我把這本譯叢所收集的幾篇文章，簡單地介紹如下：

第一篇 卡興 (К. И. Кашин) 和 帕高西揚的論文是在蘇聯這新理論立場上討論短期預報方面的幾個原則問題。牠批判了挪威學派的氣團和鋒面學說，指出了蘇聯天氣系統發展理論已使天氣分析和天氣預報的面貌發生根本的改變，由此我們可以了解這理論的影響和牠的重要性。

第二篇是伊茲凡柯夫 (Б. И. Извеков) 的對基培爾原著的一個簡單介紹。因爲基培爾教授的原著我們沒法找到。我們只能用這一篇文章來代替。在這篇文章裏大致可以了解基培爾理論的輪廓。

第三篇是基培爾關於地形對氣壓平流變化影響的一個討論。由於我國高原和山地較多，區域也很大，因此我們要把基培爾的理論直接應用到我國天氣分析預報的實際中來我們必須對地形的影響加以必要的研究。本文雖只討論了小山脈對氣壓平流變化的影響，但也可給我們作爲進一步研究的基礎。

第四篇是帕高西揚和塔巴洛夫斯基的文章討論對流層和平流層裏的鋒生。鋒生問題過去一向只有運動學的研究，到這時才把鋒生問題很好地作爲動力學問題來處理。由於蘇聯學者證

* 要注意像 Haurwitz, Lettau, Charney 等英美學者的文章裏對蘇聯這先進理論的介紹批判都有不少誤解、歪曲之處。因此不能作爲學習這蘇聯先進理論之用。

明了鋒帶對天氣發展的重要性，鋒生問題更具有新的意義。所以這篇論文也是很重要的。他們另外還有一篇論文從平流動力理論的基礎上討論鋒面分析問題，可惜因為我們沒法找到那篇論文，所以沒有能夠將它收入本集。

第五篇是把平流動力方法用來作數值預報的一個例子。第七篇是帕高西揚對平流動力分析的一個簡單討論。他以批評和自我批評的精神回答了衰頹了的挪威派理論的擁護者們——如赫洛莫夫 (С. П. Хромов)、布加也夫 (В. А. Бугаев) 等人的反對意見，指出了平流動力分析的優缺點和今後努力方向。這對我們學習平流動力分析以及進一步在這方面鑽研都是十分有幫助的。

關於平流動力分析的初等的簡單介紹，讀者可參閱叔碧恩 (Г. Д. Зубян) 的“氣旋和反氣旋的生成及發展”(顧鈞禧譯，氣象局出版)。關於用平流動力分析來說明和預報高空形勢的變化，可參閱梵特洛夫 (Ч. П. Ветлов) 的“鋒生與高空變形場的改變”(陶詩言譯，中國科學圖書儀器公司出版)。

另外還有塔巴洛夫斯基“斜壓大氣的流體力學和天氣學基本問題”是平流動力分析方面的主要論文，也將列入本譯叢中出版。

論短期天氣預報方面的幾個原則問題

К. И. 卡興 X. И. 帕高西揚

在任何一門科學範圍內，研究的成就都是決定於作為研究基礎的方法論的。在氣象學，如其他科學一樣，方法論也是起着決定性作用的。氣象學日益發展，在研究上就出現了方法論上的差異。最近幾十年內，不論在觀測材料的累積上及在一些發現上，還沒有建立起一套克服形而上學的完整的系統，這種狀況在短期天氣預報方面最為顯著。

大家知道，在編製天氣預報以前，要進行大氣過程的分析，在其中加以歸納而作出預報。故在討論天氣預報時，首先要敘述分析的方法。1938—1944 年之前，廣泛採用的是所謂“挪威”派鋒面分析方法。這個方法在 1930—1931 年間，為我們所採用，而其基礎幾乎一直沒有任何變更。在鋒面法中所應用的觀點就是：在大氣中冷暖兩種氣團間存在着一個界面，在界面上有着最大的溫度梯度，天氣變化也最為急劇。這種地帶稱之為鋒，按該方法創立者的意見在鋒上是要產生波動而形成氣旋的。

波動學說只能用以說明氣旋的產生這件事實，但不能預知這些波的發展，因而不能預知氣旋的產生以及它們發展的性質。這點氣旋波動學說的作者也承認了的，特別是貝爾根 (Bergen)

*原文載“氣象與水文”，1949 年第 2 期，原作者俄文姓名為 И. К. Кашин, П. Х. Погосян.

學派創始人之一白亦隆 (Bergeron) 關於這方面曾寫道：“……不論在穩定與不穩定情況下，大概都有外界擾動，足以引起明顯的波動，而這個波以後的發展，顯然是隨着動力穩定性而變的。”^[1]

從這裏人們可以看出，這學說的作者本人對鋒上波動發展過程也不是明確的。不僅那時代，甚至在以後的年代內，由於決定氣旋產生與發展的直接原因尚未發見，學說一直是模糊不清的。

這個學說在原則上的缺點已在可欽 (Н. Е. Кочин) 及塔巴洛夫斯基 (Н. Л. Таборовский) 傑出的著作裏詳盡而令人佩服地指出過了。我們同意他們的結論，但不需要在此處完整地再敘述這個問題，因此只敘述問題中有關鋒面方法具體應用的幾點。波動學說的結論，不能直接在實際工作中應用，在實用時不能不加以補助。從質的方面思考，其中有一部分與學說的原理並無關連。在實際中應用學說的原理是會產生許多問題的，其中有一些就是如下所述：

1. 在產生氣旋可能性最大的溫度對比的確定。白亦隆將這地帶定為，在 1000 公里距離內地面水平溫度梯度大於 10° 的地帶。

2. 使這種溫度對比形成條件的存在，假定它是當氣流與溫度場的構造足以保證勢力不同的兩個區域的氣團互相接近的條件下形成的。同時假設，大氣中存在着按溫度梯度值看來性質相當均勻的氣團（1000 公里距離小於 10°C ）。

3. 地球上主要產生氣團的所謂“源地”基本區域的決定。

這種原地有四，並按它們作為氣團的名稱：北極(雪原)氣團、極地氣團、熱帶氣團、赤道氣團。氣團之間的過渡帶則為主要鋒，北極(雪原)鋒，極地鋒，熱帶鋒。氣旋波的發展是與主要鋒有關的。

長期利用這種方法，可得出天氣學中研究基礎。在氣象學中鋒面分析方法創造之初，還沒有大氣溫度探測記錄。因此方法的基本原理，是從近地面層觀測記錄與“間接高空學”而得出的。在它們的基礎上得到氣團的一些平均性質。

實際上，如果我們統計歐洲氣溫的平均值，則從北方來的空氣與從南方或大西洋來的空氣間一般地存在着差異。

最初的每天探空記錄用來計算平均位溫或平均相當位溫，以定氣團性質與名稱。故採用氣團名稱時也表示了它的的高空性質。這些原則直到現在仍為多數預報員在實際工作中用為分析天氣過程的基礎。預報員有時違背了觀測事實，不按其物理性質，而形式地按氣團分類來決定鋒面。

從 1930 年到 1938—1939 年間，在蘇聯所進行的研究工作基本上可分做三類：

1. 研究地方性自然地理條件對天氣的影響；
2. 大氣過程的型式劃分；
3. 氣團的詳細分類。

第一類的工作是絕對有用的。詳細研究地方性自然地理因素對天氣特性的影響，其中應當注意到研究氣團的變性。地方性條件影響的研究是應該做的，而今後也要(大規模地)做，因為在一些小的區域內，自然地理因素改變了大的天氣過程所決

定的天氣性質。

第二類工作，即大氣過程的分型，這除了許多別的條件之外，在三十年代的時期是有用的，甚至是必須的。大概天氣過程分型在將來應滿足一些專門的目的，首先就是大區域中環流的氣候研究。但它應在過程中廣泛的研究與運用近代天氣方法與工具的基礎上來完成。到目前為止，這工作只在氣候學一方面的內容充實起來，而對於實際天氣預報工作是沒有多大作用的。

第三類工作，即氣團分類工作，在天氣學理論與實踐方面都沒有用處。氣團分類的研究，就是觀測在一定的氣團命名下所出現的天氣的性質上的變化。除此而外，還觀測在兩個名稱不同氣團之間的主鋒及該鋒在一定的自然地理區域與季節中所出現的各種不同的天氣情況。在氣團與鋒面分類與實際的應用裏，可知主要鋒，即北極鋒與極地鋒，似乎常常出現在對流層中溫度密集較小的地帶，而副鋒則相反的出現在溫度密集較大的區域。在決定氣團名稱有困難時，則所觀測到的鋒多數認為是屬於錮囚鋒，而不屬於副鋒。其結果，就喪失了錮囚鋒真正的意義，模糊了實際錮囚鋒與那些構造簡單不大活躍的鋒面間的區別。有些研究者認為這個矛盾的出路是將氣團分類詳細化。這類工作有德日爾德育 (B. A. Джорджин) 及布加也夫 (B. A. Бугаев) 所提出的蘇聯氣團分類，這類氣團名稱，冬夏共有 30 種之多。^[2]

大致在研究中(在個別的實例中)，可以應用將一些連續性的系統分為有條件的幾類的辦法。但不可能得出各類羣間互相

區別的絕對性質，因為在這些類羣之間，由於連續性，區別是相對的與有條件的。在天氣學中，也分析相隣兩類羣間的矛盾性的差異，以作為大氣過程發展的基本因素。

恩格斯在“反杜林論”^[3] 第二版序言中，談到自然科學的分類性質時，寫道：“自從根據進化論來從事研究生物學以來，有機界領域內固定的分類界限，也逐漸消滅了；幾乎不能分類的中間環節，日增其數；更精密的研究，使一種有機體，可以編入另一種有機體中；幾乎已成信仰象徵的區別標誌，喪失自己的絕對的意義”，他繼續寫道：“正是那種強制規定的不動的界限與分類標記，正是它們，使近代理論的自然科學帶着狹隘的形而上學的性質”。*

氣團與鋒分類的擁護者的觀點是只用一種記號就可能決定在大氣不同區域裏位能的儲藏。** 因此，從這個觀點出發，真正位能儲量的客觀測定，已為主觀起着決定作用的不完整的方法代替了。氣團及鋒的分類的唯心本質是無需證明的。大家知道，辯證唯物論認為真理永遠是客觀的。它是在具體時間與空間條件所決定的特殊性反映出的現象。從這裏就完全明確，預報員在分析大氣過程的發展並作預報時，不應從形式上的條件出發，而要從當時真實的，具體的條件出發。它應當在分析當時當地空氣的實際性質的基礎上來做。

詳細分類的結果，不僅不能減少分析的困難，相反地，因

* 恩格斯，反杜林論，三聯書店 1951 年第三版，52 頁。

** 氣團的名稱由作為位能最大儲藏帶主要鋒來決定，而這種位能最大儲能帶由密度的對比，而在具體工作裏是按溫度的對比來決定的（按高空觀測記錄）。

難更增加了，因為類羣之間差異程度的縮小，就會引向氣團名稱的混亂。完全自然的，這種細分，不能解決上述的困難，因為在本質上，空氣狀況的一些連續的性質的分劃是任意進行的。

假設，將某些性質的數值，在 A 到 B 的間隔內，按增大的順序處理，如 A 點有着最小值，在 B 點有着最大值。

如果將這些用某種方法分為數類，兩類之間平均差為 a ，而我們在這相鄰的兩類中，找出這個性質的數值差，其差值可以為由 $2a$ 到 0 之間任一值。從這裏可知，兩類之間的差值不可能按其指數來判斷。將這種分類，進一步細分後，不會有更好的結果。因為在二相鄰類間的界限永遠是由 0 到 $2a$ 。在真正的大氣中不存在平坦的形成源地，不同的氣流分類是不可能的，因為空氣的變化是連續的，永遠在運動着的，而在地球上任一地點，所找到的空氣，其性質變化的範圍都是夠廣的。

如果在三十年代之初，具體天氣工作中應用與氣團分類有關的平均值還有某些價值，則自然在高空網的工作出現之後與關於大氣過程觀念方面被新的研究豐富了之後，則這些平均值在具體工作中已喪失了它的意義。但有些研究者與實際天氣工作者到現在還把在天氣圖上決定氣團的名稱以辨認氣團，當做天氣過程分析中不可少的一步。例如在布加也夫 1947 年出版的“天氣分析技術”一書內，正如從前一樣，利用氣團與鋒分類的基礎，並將這當作天氣圖分析中的主要步驟。

他將天氣圖分析為 7 個步驟，劃等壓線按順序是第六步，分析的第一、第二步就是說明氣團。赫洛莫夫 (С. П. Хромов)

在 1948 年出版的“天氣學基礎”一書中也有類似的介紹。我們不知道，在近十幾年內是誰應用了這樣荒唐的分析程序。在任何情況下，大多數預報員，雖然決定了氣團與鋒的名稱，但實際上並不用這個程序。

從這些介紹當中顯然可知，到目前為止，用氣團的地理名稱來定氣團在天氣過程分析中，佔着最重要的地位。

氣團與鋒的分類，與“氣團產生源地”的存在之間，是有着不可分解的關係的。我們曾提到的那本書中，赫洛莫夫曾寫道：“空氣取得其單一氣團性質的區域，即為氣團形成區，這氣團就用其源地的名稱”……“在氣團的源地應當是晴朗的天氣，這就大致保證了在該區內輻射條件的均勻，故其地面溫度也是一致的”；更進一步：“……環流，必須長期的保存空氣，使其可能在該區有着較大的厚度。”

高空圖指出，所有條件的配合是極少出現，而且是短時的。如果在自然界發生了這樣的條件，那也是極少見的。在自然界內並沒有什麼氣團的形成，有的只是其性質的連續變化。在空氣處於連續運動時，則必須在這種運動的過程中分析空氣性質變化，在這種分析時，必不可免的會得出結論，在源地形成氣團的觀念是不正確的。在某區域某瞬時空氣的性質，是很多因子（首先是空氣所經過的地面）長期與連續作用的結果。如果流來的空氣與該地輻射及其他條件相差很遠時，則其性質變化，比空氣長期停留在一定區域內要顯著得多。可以假設流來的空氣最初的性質與在該區空氣應有的性質毫無關係，但它在該區內停留極長的時間。僅在這種情況下，才能談到氣團的形成。

但在實際情況下，空氣在有限的區域內不會停留這樣久，而地球上也沒有這樣廣大的地面對大氣影響條件均勻的區域，故不可能談到氣團的形成。自然，在近地面層的空氣是隨着地面的條件，迅速改變其性質的。但分析整個的對流層或其下半部，甚至空氣流過北歐與北亞的時間却不足以使其取得與該緯帶輻射條件相當的性質。例如冬天對流層內的暖平流可以從歐洲西北海岸達到亞洲東北海岸，雖然在這樣情況下，空氣從北大西洋到雅庫次亞通過北極區，在該區是有利於空氣失去熱量的。

因此，經常運動的空氣是連續變性的。地面對氣團的影響，主要決定於地面與空氣之間的溫度差。由此自地球某一部分可在某些時間內對於流過其上的空氣的變性有着極強的影響。一定區域的地面，在一定的季節內，在某短時間，可以使其上的空氣受熱或冷卻（這要看地面與空氣間的溫度差而定）。這與大氣緯度間交換與海陸的存在有關的。

爲了預報的目的，重要的是先要測定溫度與濕度在各高度上分佈及氣團在地面流過過程中的時間變化。在任何時候的空氣性質是它所流過的地面一切影響總和的結果。因此必須在觀測的基礎上，按地面的具體狀況（濕度、輻射平衡、熱量平衡）以測定在最近短時間內空氣性質的變化。

因此，在研究上和實際天氣工作裏，必需以溫度與濕度空間分佈預報的物理觀點以代替氣團的命名。

在天氣的討論中，爲要說明在短期內空氣性質的變化，空氣所流過的自然地理區域當然是應該指出的。然而並不是說明要由此去創造某種新的氣團分類。關於大氣鋒的問題，應當按