# 西藏高原对於东亞大氣環流及中國天氣的影响*

葉篤正　顧震潮

（中國科学院地球物理研究所）

如果我們具体了解一下西藏高原的大小，我們就能体会到它应該对东亞大氣環流及中國天氣有巨大的影响。大致來說它像個橢圓体，东西長軸在3,000公里以上，南北的寬度也達到了1,500公里，而西風帶的整個寬度也不过爲它的三倍多。在垂直方向上它的平均高度到4,000米以上，佔據了对流層1/3以上的空間，無疑地它是西風帶中一個最大障礙物，它一定足以使西風帶產生極大的擾動。

## 一　西藏高原的幾種動力作用和熱力作用

当西風帶的位置处於西藏高原的緯度帶時，西藏高原就直接阻擋了西風，而成了西風帶中的一個阻礙物。这時空氣就不能自由地自上游流向下游，高原高度以下大部分空氣將向高原的兩边分開，繞着它过去。高原高度以上的西風帶也受到擾動。於是，無論在东亞槽脊的位置和它們的强度上、氣流的速度上以及对於下游的天氣上，西藏高原就起了很大的影响。下面是西藏高原在东亞環流和中國的天氣上幾种具体的動力作用：

1. 分支与会合作用

西藏高原的形狀是橢圓的，長軸幾近於东西向，这就使对流層下部的西風基本上繞着高原流过分成南北兩支，如圖1所示。但是这种作用不僅限於低空，它可以到達对流層頂以上（所以到達这樣高的原因，可能与西藏高原上的積雪有關，因積雪大量散熱，溫度降低，於是与它的南方造成强大的溫度梯度），因此在每支西風帶的对流層頂附近都有一急流。圖1是一張冬季典型300毫巴等高線圖，它大致表示了10公里上空的氣流情況，在这張圖上西風帶在高原上空分支現象顯示得極爲清楚。在这張圖上我們还可以看出在西藏高原分成兩支的急流在日本上空又復会合起來，形成了北半球最强大的西風急流，它的强度要比北美东岸的急流强得多。圖2爲沿东經120°1945年12月和1946年1

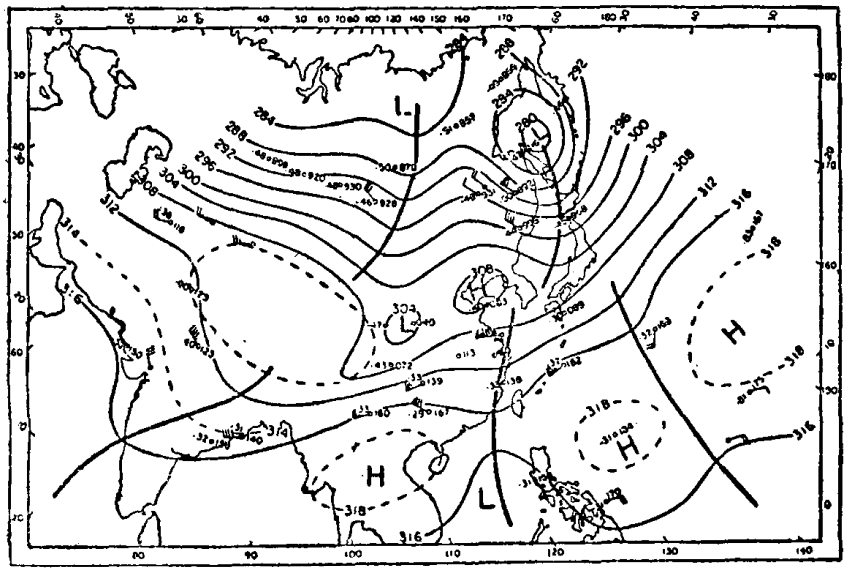



圖1　300毫巴圖，1945年11月4日北京時間12點。

* 本文係係作者於1955年6月在中國科学院学部成立大会分組会上宣讀的論文，發表時曾經作者略加删補。——編者

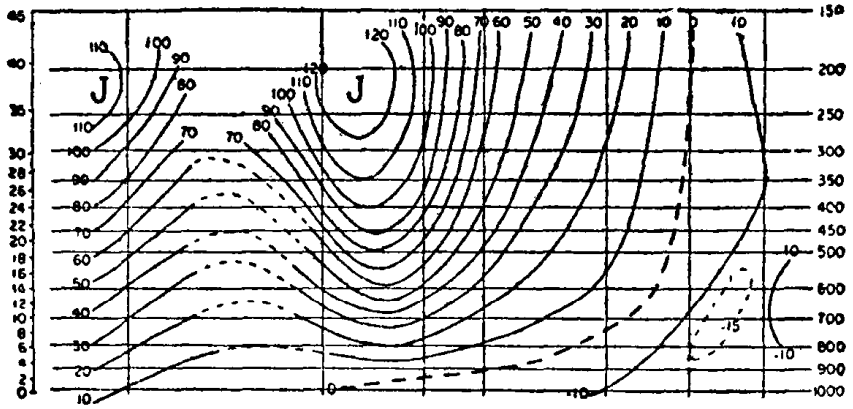


圖 2　1945 年 12 月和 1946 年 1 月平均西風沿东經 120° 的剖面圖
（風速單位爲哩/小時，左边的高度垂直尺度以1000呎做單位，
右边的氣压尺度以毫巴數爲單位，J 表示西風最强的地帶）。

月平均西風風速剖面圖，圖中明顯地指出了兩支急流的存在，它們的高度都在 220 毫巴(12公里)附近，一個在北緯 28—29° 之間，另一個在北緯 40° 以北。在中亞細亞或沿东經 76° 我們也可以看出同樣的事实。我國冬半年对流層內溫度的分析，也說明兩個急流的事实。

根據觀測，南支西風急流非常强大而且穩定。例如在1945—46年冬季沿东經 120° 西風分佈隨時間的變化裡，这支急流的平均位置在北緯28°—30° 之間，位置的南北擺動不过兩三個緯度。这支急流的穩定性在我國南半部的降雨起着很大的作用，比較氣候圖集中的冬季各月的雨量分佈和南支急流在空間的分佈（圖 3），我們可以發現兩者間密切的關係，这是極易理解的，因爲

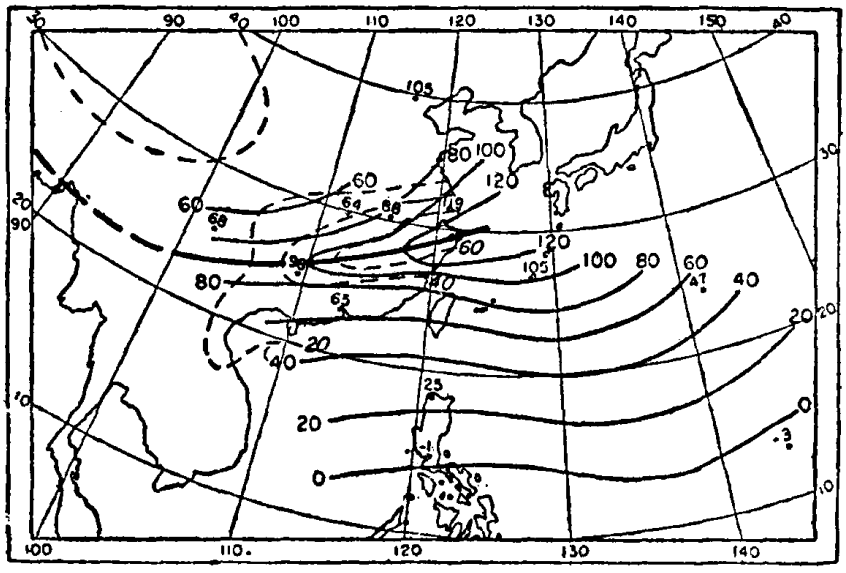


圖 3　1945 年12 月和 1946 年 1 月 13 公里上空的西風平均速度分佈
（單位爲哩/小時）。圖中數字表示平均速度，細線是等風速綫，
粗綫表示西風急流的位置。

擺帶雨水的氣压系統是受着西風操縱前進的。

至於北支西風則不但强度微弱，而且位置變化很大。南北兩支西風的不同是容易解釋的，南支位置爲西藏高原所規定，而北支則可自由移動。

南北兩支西風在高原东边的会合，在我國的天氣上起着巨大的作用，它使得氣旋在我國东部得不到充分發展的机会。只有在我國东北區（已不在平均的会合區，而是在輻散區中）氣旋才能有明顯發展。

2. 抑制作用及生成作用

我國天氣工作者都有一個共同的經驗，就是來自中亞的低压槽在經过西藏高原的前部時，其强度常常要減弱。在冬季，当一個南北向的大槽走近高原時，其南部常常被切斷，停於高原的西側，其北部可以向下游东去，同時强度減弱，只有走到下游的貝加爾湖區域後，低槽才再有發展的可能。朱抱眞認爲这种抑制作用是由蒙新高原而非西藏高原本身的作用，但至少都是大地形的影响。此种作用可称抑制作用。对於高压脊和高压來說，接近高原時常有明顯的加强的作用。

另一观測事实就是在我國东部，尤其在長江以南，600 毫巴（約4公里）以上的高空風非常穩定，其方向幾乎正西。長江流域歷年冬半年的高空風，可以看作一個例子。这個事实說明很少有大系統可以通过高原。然而必須指出，由西藏高原上空过不少的，甚至西風帶特別偏南的個別夏季裏，也有这种系統过來。

但是，另一方面，由於地形的擾動又可以在

下坡或下游引起低压槽的產生，和高压脊的減弱，我們知道在河西一帶西風北支裏面是容易產生低压槽（西北低槽）的。非恒定問題的簡單計算結果証明，在东亞实際地形的擾動下，平直西風、風速每秒10米時，河西和四川一帶500毫巴等压面就有每24小時50米的高度變化（約相当於地面氣压每24小時降6個毫巴，其他風速下可按比例推算，但風向相反時氣压變化符号也相反），就有形成西北低槽和西南低渦的可能（圖4）。而且在風向有偏北成分時，河西地區發生增压

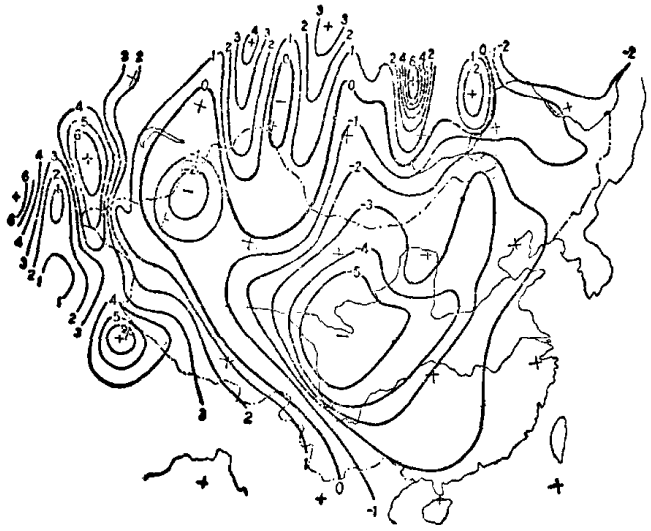


圖4 氣流越过高原時輻散輻合所造成的500毫巴等压面高度變化（單位：10米/24小時），西風每秒10米時的情形（根據实際的地形）。



圖5 氣流越过高原時輻散輻合所造成的500毫巴等压面高度變化（單位：10米/24小時），北風每秒5米時的情形（根據实際的地形）。

（圖5）比較大，所以在風向比較偏北時，西北不易由於地形对氣流的擾動而形成低槽，这也是与事实比較符合的。此外，在南支西風中，有時也有低压槽从印度、緬甸一帶傳來。

地形的擾動的經常的存在，使緯圈環流終於要相应地改變，因此在平均情况下（恒定情形），在高原中間的經度上北边会有高压脊，南部会有低槽，同時下游在日本附近还有一個大槽。在冬季，新疆、蒙古上空的这個高压脊是和地面蒙古高压有關联的，印度孟加拉灣的平均槽更对冬半年我國南部的降水有着很大的關係，並且造成高原东緣冬季的对流性天氣。日本的低槽强度很大，这裏面海陸分佈可能也是有很大作用的。

3. 屏障作用

由於高原的屏障在高原的东側有一"死水"區形成，在这區中擾動少，風力微弱。根據1944—1945年的观測，在新津3公里以下即使在冬季風速也不超过每秒4—5米。在冬半年常常有一層薄的冷空氣存留在这區域裏。这層經常存在的冷空氣与所謂的"昆明准靜止鋒"有密切關係。圖6是新津1945年1月份平均上升曲綫，这個上升曲綫有着明顯的逆溫層，它的厚度平均是70毫巴（700—630毫巴約相当700米厚）。强度達8°C。这可能就是准靜止鋒的逆溫層。这個靜止鋒爲造成貴州一帶壞天氣的直接原因。

在"死水"區內風力雖然微弱，但是不同大小的小渦旋則經常可以观測得到，然而它們是不發展的。由於高原背風側氣流輻合區的存在，除非北面有其他系統的影响，这些小渦旋離開这個區域东去時就在高原後方的輻合區裏消滅了。

4. 西藏高原的熱力作用

大高原的存在也直接改變了自由大氣的溫度場而影响運動場。

日間高原吸收日輻射大於四周自由大氣，夜間高原的散熱也大於四周的自由大氣，於是高原与四周自由大氣間的溫度梯度就有着明顯的巨大的日變化。这种溫度梯度的日夜變化將在高原四周產生一种与海陸風相似的風力日變化，在下午風吹向高原，夜

間風自高原吹出。这現象在新津等地一天二次的雷達測風紀錄上可以看得很清楚。而根據近年來的观測，这种風力日變化的存在不僅僅限於某一個季節，而是終年存在的。在垂直方向並且可達6公里以上。在印度半島上的情況也是如此。高原对於風力日變化的这种作用在印度半島北部上空可遠達二三百公里以外的測站。如以对高原的輻合或輻散强度來表示西藏高原对四周地面風力日變化的作用，則在下午風力对高原的輻合量級爲$10^{-6}$/秒，清晨輻散量級爲$10^{-7}$/秒。$10^{-6}$/秒的大規模輻合的量級是一個很可观的數值，这一點就可以說明西藏高原对於大氣環流影响之大。

西藏高原的存在也造成了高原上空大氣温度的巨大年變化。在夏季裏高原上的大氣是同緯度最熱的。在500毫巴經常有西藏高压的存在。这些暖空氣和暖高压的东移，直接影响了我國东部夏季的天氣过程。在冬季裏，高原中部輻射冷却又特別厲害，加强了高原南边的西風南支。

## 二 高原動力作用的季節變化

除去高原对於風力日變化的作用外，前章所

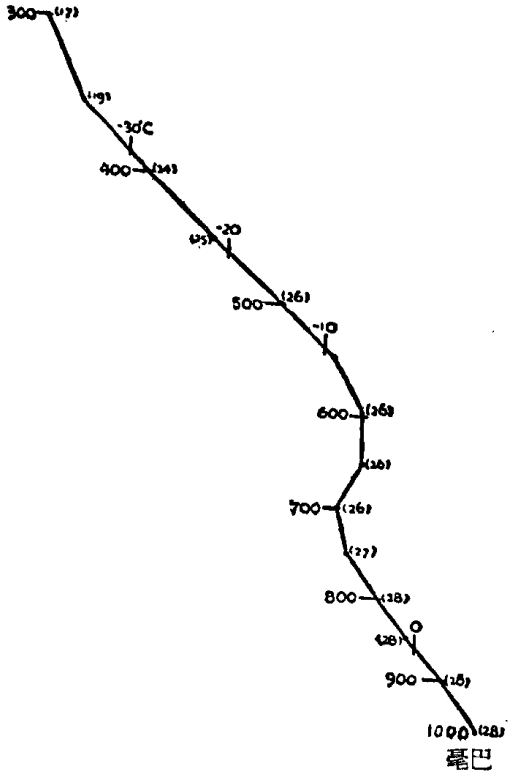



圖6 新津高空平均温度分佈（1945年1月份）
（括号內數字是探測記錄總數）

討論的現象主要發現於冬季半年，到了夏季西風帶北移，高原不復在西風帶的主要部份中，於是情況就和冬季不同了。有些歐洲的氣象学者，如Bolin和Sutcliffe，認爲地形对於大氣環流的影响是不變的，因爲山脈是固定在空間不變的。这是不对的，地形的動力作用是和流过山地的氣流緊密地联系着的，地形雖然固定不動，而流过山脈的氣流結構則有着極大的季節變化，这就使得地形的動力作用也有着季節變化。根據1945—1946年的記錄，南支急流在10月中很突然地生成了，10月中以前昆明和芷江600毫巴以上的風速沒有超过每秒20米的，而就在10月中的这幾天，600毫巴以上的風力很快地就增加到了每秒30米以上，这表示西風南支急流在这時間內生成了。生成後其强度逐漸增大，至嚴冬達最大。此後强度漸减，至5月底突然消滅。隨着南支急流的消失，夏季風在我國得以迅速地北上，这表現在温度上就有個急升。近地面5公里的中氣柱的平均温度在高原的东边自5月到6月也有同樣的一個迅速的增加，这個增加超过同時期內北半球任何其他地區的温度變化。值得注意的是南支急流的迅速消滅爲东亞大氣環流中的一個重要季節變化，它和我國的一個重要天氣現象——梅雨也是联系着的。

当西風帶北移後，西風的主要部分不復通过高原，於是在夏季西風分支的現象不再出現。这時我們所有的乃是西南季風自印度洋北上，流向西藏高原及其分支如阿拉干山。在此地區西南季風被迫旋轉，而在印度东部形成氣旋渦旋，这個氣旋可能和我們所观測到的"印度熱低"是有關係的。無疑地印度低压是個熱低，然而它不一定是純熱力的。就連印度西部温度更高一些的地方，低压的形成也有動力性的因素。現在我們知道在温度分佈上夏季最高温度在阿拉伯，而印度高空低压則在印度半島东部，这就是說"印度熱低压"的生成可能有動力的因素。在这方面Benerji也有類似的意見。

当西風帶在夏季北移後。在冬季所經常观測到的抑制和屏障作用也就消失了。

## 三 總結

过去在談到地表面对於大氣環流和天氣影响

特，人們只討論海陸分佈熱力作用（海陸温度差異的非緯向分佈）的影响。由上面的討論我們看出过去的看法是不够的。由大高原地形所引起的動力作用以及熱力作用的重要性也是巨大的。而且大氣環流是在熱力和動力共同作用下而生成的一個總体，这兩個作用是息息相關的。冷熱差異是大氣運動的基本矛盾。然而反过來当天氣过程中產生了動力作用以後，就会積極影响熱力作用。人們常常願意問什麼是動力生成的，什麼是熱力生成的。这是我們应該知道的。可是更重要的是我們应該精確了解这兩种作用是如何的相互關联、相互制約，以及在它們相互作用下，大氣環流和天氣过程会產生什麼結果。这是需要氣象学者們在動力氣象及天氣学上深入研究的一個重要問題。

## 附註：本文爲下列數文之總結


葉篤正：Circulation of the high troposphere over China in winter 1945-46, Tellus, 1950.

The seasonal variation of the influence of Tibetan Plateau on the general circulation, Science Record, 1952.

葉篤正，高由禧，刘匡南：A study of the onset and retreat of the jet stream over Southern Asia and southwest U. S. A. in 1945-46, Jour. Chinese Geophy. Soc. vol. 2, 1951.

顧震潮：西藏高原对东亞環流的動力影响和它的重要性，中國科学，第2卷，第3期，1951。

The structure of the upper wind over Western China in winter, Science Record, vol. 4, 1951.

論環流年變与環流基本性質，氣象学報，24卷，第2期，1953。

葉篤正，顧震潮：關於东亞大地形对我國天氣过程影响的幾個事实和計算（即將發表）。


---

〔上接 72 頁〕

况出發，訂出比較長期的和每一時期的自学計劃（学習中並由高級人員給予輔導）。这一种方式不但对能使每一幹部明確自己的努力目標和步驟，可以在一定程度上克服其学習的急躁情緒；另一方面，由於这是服从研究所的發展計劃的，也就能推動研究所工作的前進。

（2）必須注意結合工作來進行培养。但結合工作進行培养决不能流於空談，实際上不關懷年青幹部的培养，决不是对幹部的成長听其自生自滅。因此，領導人員在思想上必須明確"培养青年科学幹部，爲目前全部科学工作最中心的任務"的深刻意義。要十分關懷幹部的成長，在一切工作上針对每一幹部的不同特點，採取各种各樣的办法去積極培养幹部。並且要尽可能对每一幹部的成長事先作出一個估計，也就是說要大体上要有一個計劃。另一方面青年同志必須大力克服急躁情緒和單純依賴領導的思想，要虛心学習和刻苦鑽研。要依靠高級人員与青年幹部的創造性的合作，做到郭沫若院長所提出的"使团結科学家的工作和科学幹部的培养工作能够統一地，正確地予以实現。"

（3）过去各研究所一般在思想上对研究实習員的培养是比較明確的，但有的同志对培养助理研究員的观點往往較爲淡薄，这是必須改進的。目前我國副研究員以上的高級研究人員爲數不多，遠难適应國家建設的需要，这不独使國家建設中的許多科学問題得不到解决，而且由於導師缺乏，也影响到培养青年幹部的數量。所以加强对助理研究員的培养工作，对科学事業的發展關係很大。

（4）学科上的自由爭論是推進科学事業的重要武器。从培养幹部工作角度來看，開展学術討論，增强学術空氣，也是幹部成長过程中所必需的優良環境。讓青年幹部參加学術討論会，可以使之学会如何深入思考，鑽研問題，發現問題和提出問題；也可以使之在自己專業範圍內領会更深更廣的知識，推動其向有關領域進行学習。但1954年中上海各研究所学術討論的氣氛还是不够濃厚，需要進一步努力的。

（5）培养幹部的檢查制度也必須嚴格起來，研究所对於每一幹部的学習与工作应有定期的檢查与考核。適当的晉級与獎勵的制度对培养幹部也有積極的意義。目前有的研究所对研究人員的研究論文和工作報告还缺乏嚴格的考核与評論的制度，今後也是需要改進的。