

厄爾尼諾：太平洋之子

• 劉雅章

一 反常的1997

1997年香港全年雨量達3,343毫米，打破了百餘年來的紀錄。這同時也是香港三十年來颱風活動最平靜的一年，全年只發出過兩次警報。但太平洋中部的天氣則恰恰相反：熱帶氣旋大大增加，其中至少有六個被列為「超級颱風」（圖1）。1997年底橫過關島的颱風帕加（Paka），烈風達每小時378公里，打破了地面風力測量的世界紀錄。至於本來多雨的蘇門答臘和婆羅洲熱帶雨林由於乾



Courtesy of U.S. NOAA

圖1 1997年9月10日同步衛星拍攝的紅外線影像。圓心相當於 $0^{\circ}140^{\circ}\text{E}$ （正是新幾內亞以北）。上半圓分別是北半球和南半球，赤道當中橫過。中國位於圖的左上方，澳洲在圖中央西南以南。高空雲層呈淺白色，中等高度雲層呈灰色，深色區域表示沒有雲層覆蓋。超級颱風奧利瓦（Oliwa）在圖中央東北方清晰可見，其風眼位置約為 $19^{\circ}\text{N}148^{\circ}\text{E}$ ，注意沿着赤道太平洋至奧利瓦的東南出現大量雲層。一條無雲地帶從澳洲北部伸延至南太平洋，而南北半球的中緯度地區則有波紋狀雲層。

旱而發生無法控制的山林大火，從而產生籠罩印尼大部分地區和馬來西亞的不散煙霧(前頁彩圖A)，那就更是人所共知的嚴重災難了。

與此同時，太平洋東部及北美洲的氣候也同樣反常。北美西岸水域出現空前升溫：加州捕得大量源自赤道水域的魚類，金門橋附近的水溫也打破歷來紀錄。除此以外，洛磯山脈中部在10月出現暴雪；平常乾燥的洛杉磯盆地，在12月至2月間發生連場暴雨，部分地區出現嚴重水災和山泥傾瀉；佛羅列達州在1998年2月受到龍捲風侵襲，有數十人傷亡。南美洲也一樣：智利部分地區單日降雨量竟相當於全年平均總雨量。

這些地區性天氣轉變和太平洋另一個反常現象有密切關連：在一條以赤道為中心、由國際換日線向東伸延至秘魯及厄瓜多爾沿岸的狹長帶狀區域中，海表溫度從1997年3月起持續上升。在1998年年初，這長度相當於地球圓周1/4的帶狀區域溫度高出正常4-5°C(前頁彩圖B)。這就是所謂「厄爾尼諾」(El Niño)現象。

很多人不但把上述地區性惡劣天氣歸咎於厄爾尼諾，而且認為它對捕漁業、珊瑚礁以及其他生態系統，乃至某些疾病的傳播和各種經濟活動都有影響。厄爾尼諾到底是甚麼？有人推斷這個現象和溫室氣體導致大氣升溫有關，更有人認為是由火山爆發，或深海海底火山口放熱形成，真可謂眾議紛紛，人人言殊。

二 海洋與大氣的耦合：恩索現象

「厄爾尼諾」一詞起源於秘魯和厄瓜多爾海岸發生的一個特殊現象。當地居民早已覺察到每年年初在太平洋東端出現一股溫暖的南向洋流，為該區帶來大量雨水。在其影響下，熱帶水果(如香蕉、椰子)豐收，野生生物大量繁衍，正所謂「荒漠變為花園」。由於暖流通常在聖誕節過後出現，所以被視為耶穌的禮物，得到“El Niño”，即「聖嬰」的稱號。

厄爾尼諾引致的海水升溫有相當大的2-7年周期性擺動，例如，在1982/83及1997/98的升溫就特別厲害(圖2A)。其實，如彩圖B所示，海表升溫並不限於秘魯和厄瓜多爾沿岸，而一直往西伸延到數千公里外的赤道太平洋中部。每年的固定升溫帶來怡人氣候，但每隔若干年的持續大幅升溫卻反為南太平洋東部帶來災難。這是世界上漁產最豐富的地區之一，當極溫暖的厄爾尼諾出現時，蘊藏在冰冷深海、含豐富養分的海水即不能上升至海面(見下文)，海洋上層魚類的糧食供應因而大大減少。這樣一來，不但捕魚業受嚴重打擊，捕食魚類的大群海鳥也連帶受影響。因此，只要研究南美洲岸邊所累積鳥糞層的遺留時間和厚度，就可以相當準確地估計海洋生物的數量，從而推斷過去幾個世紀各次厄爾尼諾的出現^①。當地的農業社會一直以鳥糞作為肥料，每當強烈的厄爾尼諾出現，海鳥數目通常大減，鳥糞亦隨之崩潰。因此，南美人民密切留意太平洋水溫，是很自然的。

另一方面，在本世紀30年代沃克爵士(Sir Gilbert T. Walker)發現^②，太平洋和印度洋的海面氣壓呈現東西互為起伏的狀態：即當達爾文(Darwin，這代表

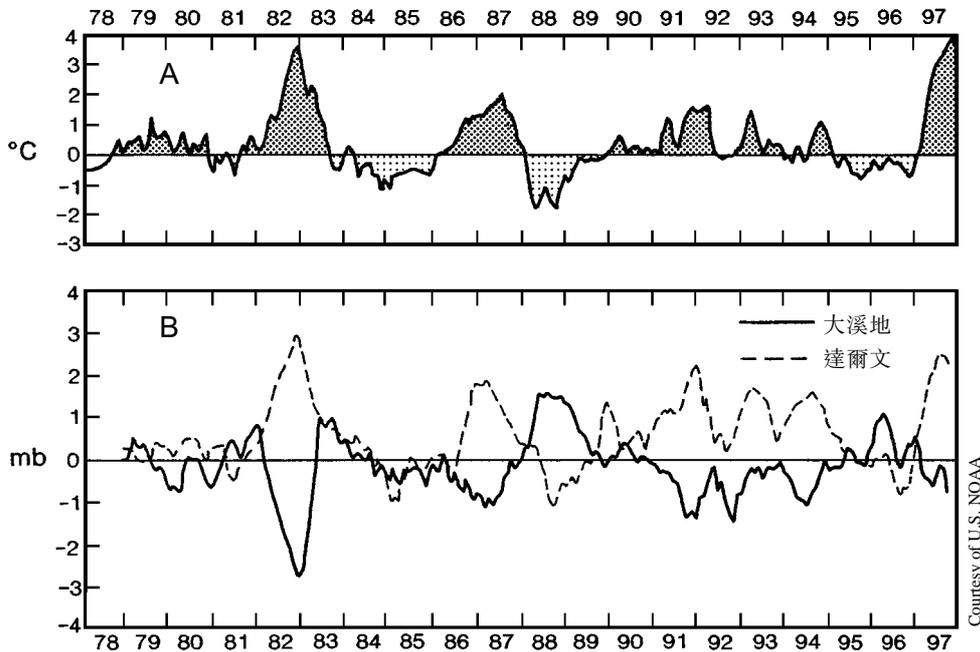


圖2 A：赤道太平洋中部和東部異常海表溫度在過去二十年的變化。B：大溪地(實線)和達爾文(虛線)異常海表氣壓在同一時期的變化。

印尼、澳洲和印度洋一帶) 氣象站錄得的氣壓高於正常，則大溪地 (Tahiti，代表南太平洋中部和東部) 的氣壓會低於正常，反之亦然 (圖2B)。他把這種現象稱為「南方濤動」(Southern Oscillation)，以強調它在南方海洋最為顯著。

其後數十年間，厄爾尼諾一直被視為海洋現象，而南方濤動則被視為單純的大氣現象。直至60年代，比耶克尼斯 (Jacob Bjerknes) ③才指出，這兩種變化是緊密關連的。細看圖2即可發現，太平洋水溫上升和達爾文氣壓上升、大溪地氣壓下降一致；反之亦然。這種海洋和大氣變化的連繫，很自然地被稱為「厄爾尼諾—南方濤動」(El Niño—Southern Oscillation)，或簡稱「恩索現象」(ENSO)。後來的分析顯示，恩索現象對氣候的影響超越赤道太平洋和印度洋地區，而遠及於北美、非洲、大西洋乃至全球。

三 熱帶太平洋的「正常」氣象

要認識恩索現象，必須先了解熱帶太平洋的大氣和海洋環流系統。

甲 哈得來環流和信風

地球大氣環流的模式主要是受地面日照決定。平均來說，地表日照最強，因而溫度也最高的地區是赤道。赤道大氣團受太陽加熱膨脹，密度降低，隨而

上升，因此引致高緯度地區空氣湧入大氣層下方，補充空氣上升後的空間。赤道地區空氣上升至一定高度後，就會形成分別流向兩極的兩股氣流，它們於南北緯30度左右沉降，補充下層湧向赤道的空氣，由是在緯度—高度剖面形成閉合的循環圈，這就是「哈得來環流」(Hadley Circulation) ④。在熱帶太平洋盆地，哈得來環流的表徵主要呈現在兩個地區，一是在狹長的近赤道低壓區，該處氣流大量上升，因而引致強烈對流雨和高降水量；一是位於南北緯30度兩處的高壓中心，在該區的氣流大幅沉降，通常帶來晴朗天氣。亞熱帶的高氣壓區把空氣推向印尼／西太平洋地區的赤道低壓帶，這兩股來自兩個半球、向赤道移動的氣流，構成此區哈得來環流的下層支流。它們在近赤道的熱帶輻合區(Intertropical Convergence Zone, ITCZ) 匯合，此區的上升氣流活躍、熱帶氣旋活動頻繁(圖1和圖3)。

從亞熱帶高壓中心往熱帶低壓區移動的過程中，大氣團因地球自轉而受科里奧利力(Coriolis force) 影響，因此北半球的哈得來氣流軌道恆偏右，南半球則恆偏左。亦即在北半球形成東北風，在南半球形成東南風(圖3)。這就是多個世紀以來航海商人所賴以航行的穩定「信風」(trade winds)。

乙 受海風驅使的洋流

洋流的方向主要決定於近海面的風向。因此，南太平洋東部受東南信風吹動的海表洋流(即秘魯寒流)和當地大氣環流呈類似流向，即自東南流向西北(圖3)。秘魯寒流因而幾乎和南美海岸平行，而作用於洋流的科里奧利力則使海表水流偏左，即差不多垂直於海岸線。由近岸往外海漂移的海水被從深海上升的低溫海水增補，以維持水流的連續性，這種運動形成所謂近岸湧升流(coastal upwelling)，它令赤道東太平洋水溫低至只有20°C；深海浮游生物隨着湧升流被

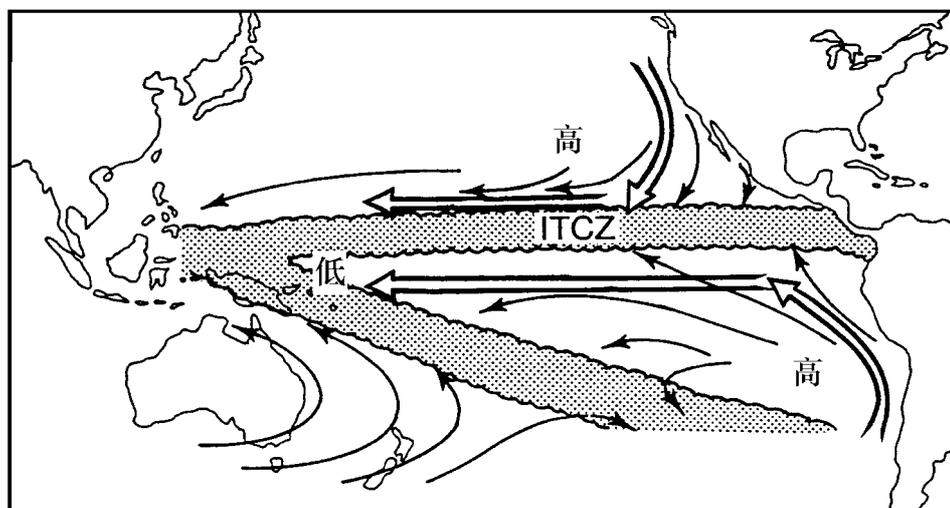


圖3 熱帶太平洋盆地的主要海表氣壓中心(圖中「高」代表高壓中心，「低」代表低壓中心)、信風系統(實線箭號)、表面洋流(空心箭號)和輻合區(陰影區)。

帶至水面，那就是這水域盛產海洋生物的原因。在每年年初，南緯30度高壓區的作用最弱，因此東南信風、秘魯寒流和近岸湧升流也最弱。這正是每年聖誕節過後，秘魯和厄瓜多爾恆常出現和暖天氣的因由。

冰冷的湧升海水離開南美海岸後，由信風吹送一路往西形成橫渡赤道太平洋的洋流（圖3的空心箭號），令因受日照而升溫的表層海水（其溫度超過 30°C ）聚積在太平洋盆地的西端。結果，赤道太平洋東西兩端海表溫度相差約達 10°C ，相當於熱帶和中緯度水域的溫差。

丙 沃克環流

一如哈得來環流受制於赤道與中緯度地區的緯向溫差，太平洋盆地東西方的顯著溫差也影響着大氣環流，差別只在它出現於經度—高度剖面（圖4A）。位於印度尼西亞群島以東的「暖池」正適合產生上升氣流，而從東邊吹來的信風則於下層補充這地區氣流上升後的空間。大氣上層的氣流則由西往東反向流動，至赤道太平洋東部較冷水域上空沉降，從而形成東西向的環流圈，這就是所謂「沃克環流」（Walker Circulation）。沃克環流的上升支和熱帶太平洋西部暴雨頻

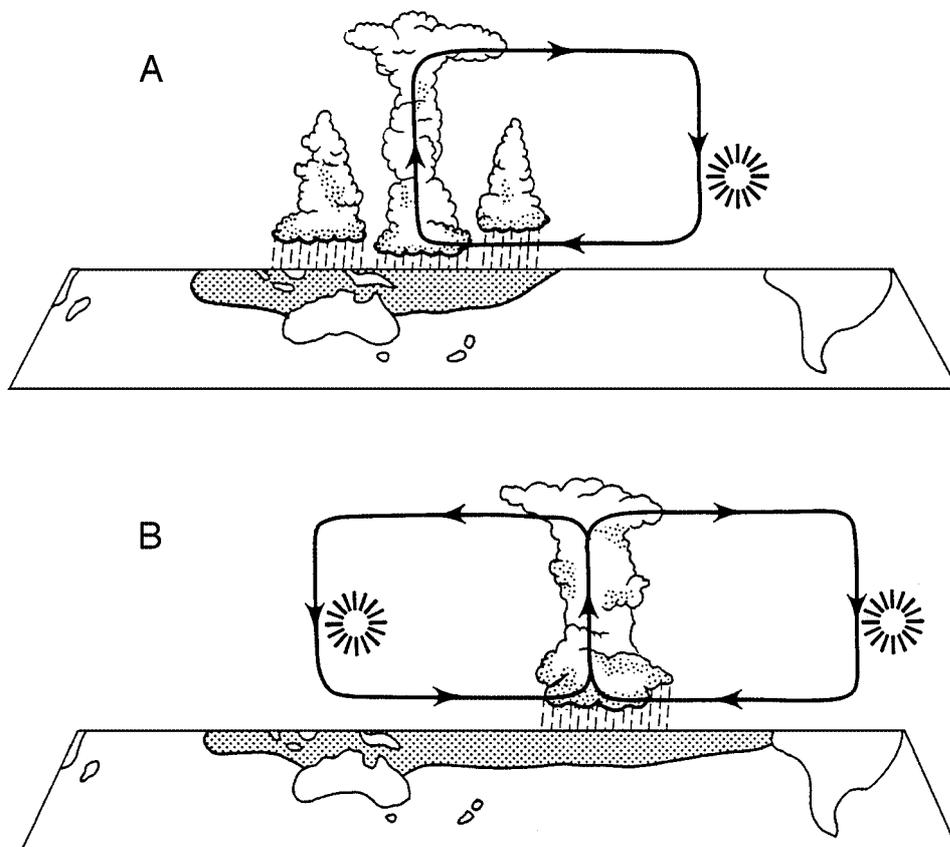


圖4 熱帶太平洋盆地上方沃克環流的平均情況(A)，以及在厄爾尼諾時期的情況(B)，陰影區是水溫高於 27°C 的水域。

繁、颱風活躍和雲層厚密有關；至於東邊遠處的沉降支則為該區帶來乾燥晴朗的天氣。所以赤道太平洋東部常被稱為「海上荒漠」。

以上的簡單描述，表明大氣和海洋兩者如何互相緊密影響：太平洋盆地東西兩端的溫差產生沃克環流，這溫差是西向信風造成，這股信風卻又正是沃克環流的一部分。換而言之，太平洋的主要環流系統是由海洋和大氣兩者相互增強的互動，亦即「正反饋」作用所構成的。

四 從正常到異常氣象

正反饋系統的特點是：倘若它其中一個環節的效應偏離常態，那麼整體效應就會更加強這一異常的偏離。我們現稱為「厄爾尼諾」的非周期性異常現象，可以說是每年聖誕節後那種季節性厄爾尼諾的放大。這個現象基本上是由南太平洋東西兩端氣壓和海表溫度的差異比正常減弱所產生的；倘若這些差異比正常為大，那麼就會產生稱為「拉尼娜」(La Niña，女嬰之意)的一系列相反氣象狀況。厄爾尼諾和拉尼娜之所以能持續相當時間，都是由於大氣—海洋的正反饋耦合會加強系統偏離於正常狀態的趨勢。

具體地說，倘若大溪地氣壓異常低，達爾文則異常高，亦即南太平洋東西氣壓差下降(這是「南方濤動」的一個極端)，那麼西向信風和西向洋流自然減弱，從而造成兩個後果：秘魯寒流減弱，近岸湧升冷海水減少，太平洋東部海表溫度升高；其次，西太平洋「暖池」的沃克環流上升支流中心的位置從印尼以東(圖4A)移至太平洋中部乃至東部(圖4B)，從而造成太平洋東部多雨及熱帶氣旋增加(圖5A)，至於西部及印尼一帶則乾旱。這些正就是1982/83、1986/87及1997/98年出現的典型厄爾尼諾現象，也是本文開頭提及的「反常」現象。同時，氣流上升會減低海表氣壓，因此上升支流中心的東移又進一步減低太平洋東西氣壓差，這就是「正反饋」加強偏離狀態的表現。

反過來說，倘若大溪地氣壓異常高，而達爾文則異常低，那麼由於同樣的正反饋作用(雖然每一樣效應的極性都與厄爾尼諾效應相反)，東太平洋就會出現海水特別寒冷，而西太平洋則會有熱帶氣旋特別活躍的狀況。1988/89年就有過這樣的「拉尼娜」現象(圖5B)。

五 有如延緩振子的恩索系統

最新的研究結果顯示，海洋—大氣耦合系統的運行頗像從一個極端(厄爾尼諾)擺盪至另一個極端(拉尼娜)的不規則振子(oscillator)。太平洋水域的冷暖交替、沃克環流的起伏和位移，可以視為每隔數年更替一次的「恩索周期」

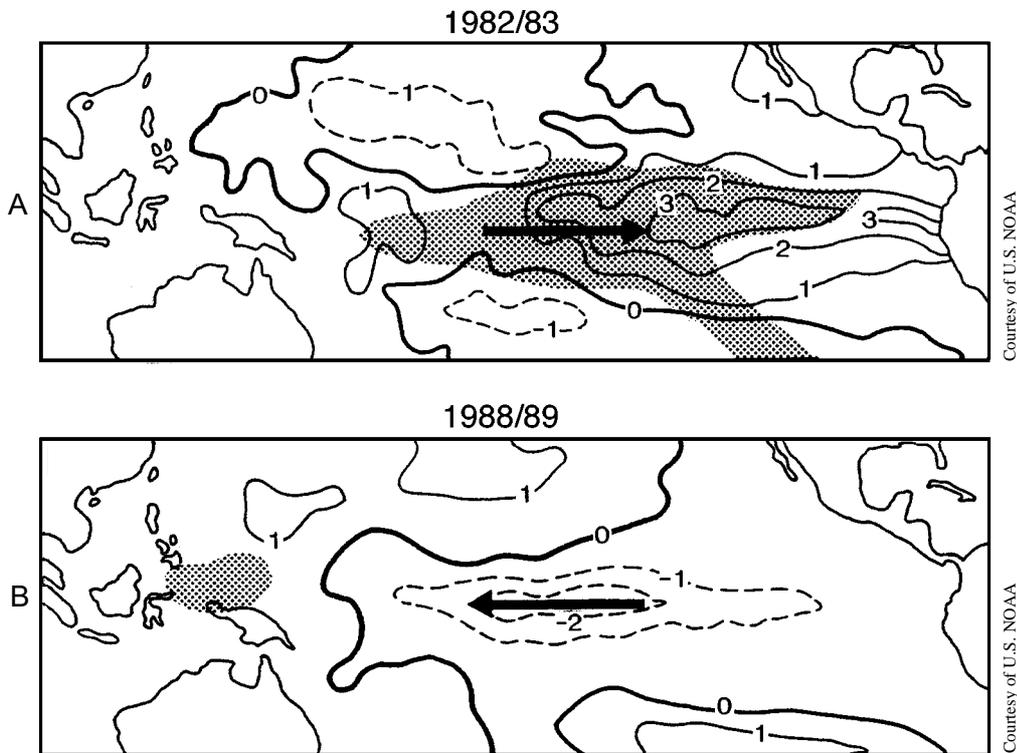


圖5 海表溫度(見等值線，單位為攝氏度)偏離正常的情况，1982/83年厄爾尼諾現象時(A)；1988/89年拉尼娜現象時(B)。粗箭號表示近海面風速有明顯改變的區域。圖中箭號方向表示風力改變的方向，即西向信風在圖A減弱，在圖B中加強。陰影部分表示對流加強和密雲籠罩地區。

(ENSO cycles) 的特徵。1982/83和1986/87年溫暖現象過後，分別出現1984/85和1988/89年的寒冷現象(見圖2)，就是這周期的例子。

產生這種擺盪的機制，可能是沿着太平洋盆地赤道「波導管」(wave guide) 進行的海洋運動的本徵模式。它類似於許多簡單物理系統(如鐘擺、彈簧末端的諧振子等)的「簡正模式」(normal modes)。這些模式包括向東移、振幅於赤道為最高的開爾文波(Kelvin waves)⑤，以及向西移、振幅於赤道兩側為最大的羅斯貝波(Rossby waves)⑥。典型恩索周期的溫暖期(厄爾尼諾)的特徵是：溫暖的開爾文波沿赤道向東傳播。在這種波動模式的兩側(約南北緯10度)隨而出現羅斯貝波。後者一路西移直至到達太平洋盆地西陲(即印度尼西亞群島)，至此它們被反彈回去，成為寒冷的開爾文波；這一寒冷信號沿着赤道往東回移，成為周期中寒冷期(拉尼娜)的開始。換言之，當溫暖現象於赤道出現時，即已在赤道兩側的海域為未來寒冷現象播下「種子」，這「種子」首先被羅斯貝波帶往西面，再由開爾文波帶回東面。因此，觸發這一連串過程的溫暖現象，經過一段時間後終會被寒冷現象取代。

同樣，赤道的冷波促使暖波在赤道南北兩邊形成，這暖波先向西移，然後經過反彈往東回移，最後，流向原本被冷波佔據的地方。因此，恩索周期的長短，主要取決於赤道兩側的信號從開始西移至返回發源地所需的時間。不過，

歷史上太平洋天氣系統也曾出現多段長時間不符合上述冷暖期交替的範式：1990年代就是一顯著例子。這十年間溫暖的厄爾尼諾現象一再出現，而寒冷期則幾乎不見蹤影。因此，很可能還有其他機制產生類似恩索現象，但周期超過十年的擺盪。這些機制可能涉及深海的緩慢運動過程，或長期的自然或人為影響引致的大氣變異。

六 恩索現象對全球的影響

太平洋面積遼闊，相等於大西洋和印度洋的總和。在太平洋海面發生的異常現象，對全球的天氣系統都有重大影響。

甲 熱帶和亞熱帶

在熱帶，厄爾尼諾使沃克環流上升支流東移至赤道太平洋中部，導致南美洲東北部和鄰近大西洋水域，以及印尼、印度洋東部和澳洲大部分地區（見圖4B）出現異常的沉降運動。這些地區在沉降氣流影響下，天氣乾燥，對流和熱帶風暴難以形成。

在亞洲，在溫暖的厄爾尼諾現象發生的同時，印度大部分地區夏季季風減弱，導致印度乾旱，東南亞大部分地區普遍炎熱，以及日本冬季溫度升高（因此曾使人擔心1998年長野冬季奧運會降雪量不足）。中國氣象學家也發現，在過去四十年間，江淮盆地最嚴重的一些水災，都發生於厄爾尼諾出現之時。

乙 溫帶

中緯度地區的氣象與環繞整個地球的東向、呈波狀的上層氣流有密切關係（圖1）。大尺度的大氣擾動主要是基於大山脈（如北半球的青藏高原和洛磯山脈，南半球的安第斯山脈）對氣流產生的阻擋和提升作用，以及大氣層對地球上熱源和熱匯分布的反應。熱帶熱源對中緯度環流模式的影響，可以用古典幾何光學的一些概念來比喻說明。大氣熱源有如光源：光源以電磁波方式傳遞能量，熱源則以羅斯貝波（一般波長超過幾千公里）方式，從熱帶地區向高緯度地區傳播大氣能量。光線會因媒介的折射特性而彎曲；同樣，大氣中羅斯貝波的傳播受大氣媒介的影響，而大氣的「折射特性」則取決於局部環流的精密結構。

在恩索周期交替中，沃克環流出現空間轉移，因此，熱帶大氣的主要熱源隨之改變。熱源地點的改變引致羅斯貝波向兩極傳播的路線改變，因而影響中緯度地區環地極（circumpolar）氣流的形態。為了強調它們對大範圍環流的作用，以及它們跟遠方觸發源頭的關係，這些波動現象稱為「遙相關」（teleconnection）

模式。由熱源、地形和其他觸發機制引致的羅斯貝波傳播，在某些溫帶地區形成高速的急流 (jetstreams)，後者又導致大氣攪動，即每天氣象圖所見的中緯度氣旋、冷暖鋒等。這些天氣系統的路徑主要決定於大氣上層大範圍環流的形態。在主要恩索現象期，大範圍環流改變了，與天氣有密切關係的氣旋路徑亦隨之而改變。

我們所知最詳確的、由恩索現象引致的中緯度信號，出現於北太平洋—北美地區。在厄爾尼諾時期，赤道太平洋中部上空增強了的凝結加熱作用，引發下列遙相關現象：阿拉斯加灣北向氣流與美國東部南向氣流都高於正常，因此溫暖海洋性氣團頻密到達加拿大西部和阿拉斯加半島，使當地冬季和暖；而美國東南部受北極氣團侵襲，天氣嚴寒。這個異常的大範圍環流對當地的天氣系統產生導向作用，使正常時處於北緯45度由西往東的氣旋路徑轉南，引致美國東南部和墨西哥灣沿岸降水大增。

圖6扼要顯示本世紀各厄爾尼諾時期出現的各種主要天氣異常。熱帶太平洋盆地和四周地區(如印尼、澳洲和熱帶南美洲)的溫度和雨量改變相當肯定會發

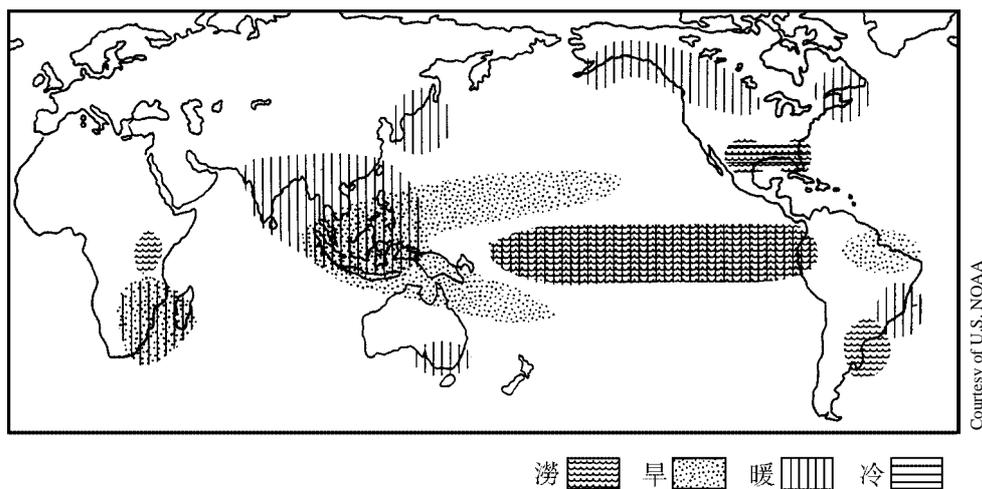


圖6 在12-2月這季中，和厄爾尼諾現象相關的各地區天氣異常情況。

生，這與沃克環流的強度和位移有密切關係。熱帶熱源轉變和大範圍環流對溫帶氣旋軌迹的導向作用，則令中緯度大氣產生遙相關，因而改變了南北美洲的天氣。但引致東亞、南亞和非洲部分地區上空天氣異常的機制，目前所知還不多，恩索信號對這些地區的影響有待進一步研究釐清。

七 結 語

大氣是極複雜的流體系統，它會隨着短至一秒、長至數千年的時間尺度變化。幾天以內的短期大氣變化通常是流體動力不穩定性的表現，而且對起始狀

況非常敏感。這些短期變化，例如只有數日生命期的風暴，可視為整體氣候系統的「天氣干擾」(weather noise)，其細節充其量只能在發生前一兩個星期預測。然而，當把大量這類天氣個例作適當統計後，得出一月或一季的平均情況，其剩餘的「信號」則可與氣候系統裏緩慢改變的組成部分連繫起來。

由於海洋有極大的熱容量，與大氣層相比，它的變化更緩慢，所需時間更長。基於這種長期的「記憶」性能，海洋的變化極有助於進行一月或一季的大氣預測。和恩索現象相關的大氣和海洋波動有極大耦合性，而且由此引致的天氣異常影響遍及全球，這說明了為甚麼這現象是今天用以預測世界天氣逐年變化最有效的工具。另一方面，儘管長期性的大氣和海洋變化有密切關係，短期大氣變動則仍然受制於較難預測的天氣干擾。因此嘗試把特定天氣事件(如個別颱風、暴雪或豪雨)和厄爾尼諾連繫起來並非易事。可以說，厄爾尼諾跟某一季吹襲西太平洋的颱風總數目有很大關係，但某一颱風於某一日吹襲某一沿海城市的機會有多大，就跟厄爾尼諾不大相干了。

一位著名的氣象學家說，即使南美叢林中一隻蝴蝶拍動翅膀，亦會影響北美洲的天氣，這生動地說明了大氣系統對最微小的擾動是如何敏感^①。因此，要了解大氣，就要不斷地從高度干擾中篩選出有用的信號。目前一個相當有效的方法，是以稍稍不同的初始條件對同一恩索現象進行多次模式預測，然後計算全部預測結果的平均值和標準偏差。這種統計評估方法的廣泛採用，表示未來對恩索現象或其他大氣現象的預報將逐漸以機率方式表示，例如，氣溫預測將以某一溫度範圍的出現機率來表示。

由於恩索現象對經濟、生態、社會等各方面有着全球性的重大影響，它的研究和預報近年已經在基本理論、高速數值模擬、大規模實地監測、衛星觀測等許多方面展開，並且取得令人鼓舞的成績。圖7顯示美國氣象局對1997-98年的厄爾尼諾在六個月前作出的預測有頗高的準確性。然而，也必須注意，恩索現象只不過是今天氣系統變化的一個機制。其他因素，諸如熱帶太平洋以外的

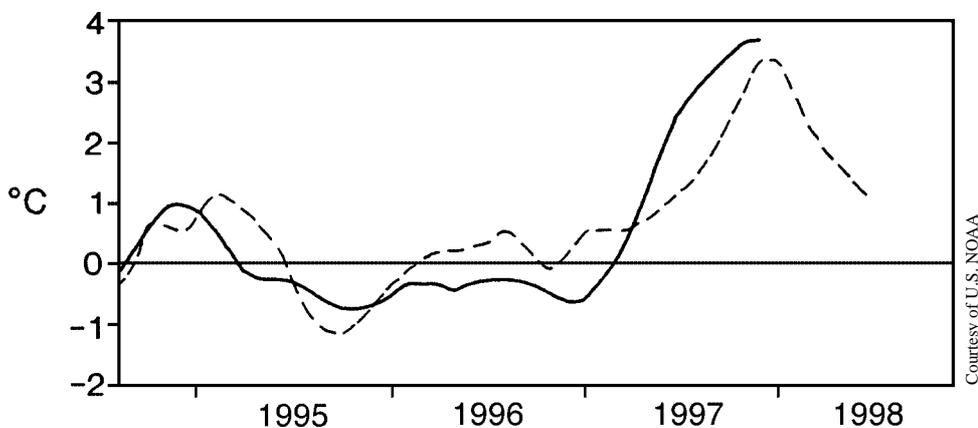


圖7 赤道太平洋中部和東部海表溫度異常在近數年的實際情況(實線)和六個月前作出的預測(虛線)。這一系列預報是美國國家環境預測中心以海洋一大氣耦合數值模型得出的。

海洋狀況、地面土壤的含水量、大陸積雪等，也會以不同方式支配這系統的長期記憶以及影響大氣。因此，恩索現象的重要性不能過於誇大，我們也不能把所有異常的大氣事件都歸咎於厄爾尼諾。

* 在撰寫本文的過程中，作者得到陳方正博士及《二十一世紀》編輯室同寅的多方鼓勵和協助，謹此致謝。

註釋

- ① 這種方法有點像古氣候學家以分析原始森林樹輪寬度來重建古代氣候紀錄。
- ② 沃克爵士(1868-1958)在1904年被委任為印度天文台總監。他和他的前任致力改進預測印度季風隨年轉變的技巧，這是因為1877和1899年印度遭受旱災和飢荒蹂躪，災情慘重，而這兩年正好是強烈的厄爾尼諾在太平洋出現的時間，這點沃克當時並不知道。
- ③ 比耶克尼斯(1897-1975)生於一個對現代氣象學貢獻良多的挪威家庭，他的父親老比耶克尼斯(Vilhelm Bjerknes, 1862-1951)是氣象學卑爾根學派(Bergen School)的主要創立人，此學派於第一次世界大戰時形成，對認識中緯度冷暖鋒結構貢獻良多。
- ④ 此環流以哈得來(George Hadley, 1685-1768)命名，他是研究這現象的英國氣象學家。這個學說在他去世後才受到注意。
- ⑤ 開爾文波是因流體流動遇到阻礙而產生的，它以開爾文勳爵(Lord William T. Kelvin, 1824-1907)來命名。開爾文勳爵是卓越的蘇格蘭數學家和物理學家，對熱動力學、電學和流體動力學建樹匪淺。
- ⑥ 這些波是由於科里奧利力隨緯度改變所產生的，名為羅斯貝波以記念著名瑞典裔美籍氣象學家羅斯貝(Carl-Gustav Rossby, 1898-1957)，他在麻省理工學院創立美國第一個氣象學系，他的許多學說已成為現代動力氣象學的基礎。
- ⑦ 這句話出自洛倫茨(Edward N. Lorenz)。他生於1917年，是位出色的美國理論氣象學家。他於1963年出版了關於決定性非周期流動的文章，那是認識許多科學領域中的渾沌現象的先驅之作。

劉雅章 香港中文大學理學士(1974)，主修物理，隨赴華盛頓大學深造。於1978年獲大氣科學博士學位。其後受聘於普林斯頓大學地球物理流體動力實驗室，現為該室高級研究員及觀察研究組組長，並兼任普大大氣與海洋學教授。劉教授對大氣科學有廣泛研究，尤其在大氣環流分析問題上有重要貢獻。曾於各重要學術刊物發表論文六十多篇，且先後獲多個美國學術團體獎項。劉教授曾於1993年以「楊振寧訪問學人」身分訪問中文大學。他現時兼任美國《大氣科學學報》編輯。