

熱帶東風噴射氣流 *P. Koteswaram* 著 鄒新助譯

緒 論

多數氣象學家會研究過對流層上部的噴射氣流，認為係一般環流之重要部份。在過去十年中全球各處之噴射氣流已經定位及說明。這對中緯度及高緯度的研究進展已感滿意。然而對熱帶高空之噴射氣流之位置，因資料的缺乏，阻礙了研究。有些人曾試圖定出熱帶中西風噴射氣流之位置並作研究。Chaudhvir 氏 (1951) 根據 1946 年冬季資料製作沿 75°E 剖面圖，Yeh 氏 (1950) 曾分析過中國上空噴射氣流。作者 (1953) 曾研究印度及緬甸冬季噴射氣流的位置及其性質；並計算其平均垂直運動 (1954)，Riehl 氏 (1954) 曾經指出夏季中在熱帶太平洋中部有斷續的西風噴射氣流存在。

對流上層 (High troposphere) 的東風顯示許多困惑的形態，由 Venkiteshwaran 氏 (1950) 所製印度及附近的平均高空風圖，顯示夏季時在印度對流上層及平流層有一廣濶東風帶。當夏季微弱季風時期，在印度南部施放測風氣球常能追蹤至甚大之高度，在該處曾發現有強烈的東風。Krishna Rao 氏 (1952) 利用這些東風推論有東風噴射氣流的存在並製成垂直剖面圖。Krishna Rao 及 Ganesan 兩氏 (1953) 曾指出此類東風于七八月間在對流層頂可達到每時 110 英里的風速。Frost 氏 (1952) 曾說明在夏季亞登 (Aden) 上空 150mb 與 100mb 之間平均最大東風達到 70 海里。Davis 和 Samson 兩氏 (1952) 曾指出在奈洛俾 (Nairobi) 上空有類似強風，這類強風屬於赤道附近之東風噴射氣流。兩氏並發現該處在十二月和七月至九月兩乾燥季節期這種東風達到最大風速。Austin 氏 (1953) 以亞登雷文測風紀錄及 Hay 氏 (1953) 以新加坡及香港雷文測風紀錄作進一步之分析，後者發現在新加坡高空經年盛行東風，而在香港則盛行于夏季，在新加坡風速達到每時 90 海里，香港每時 80 海里。但最強風的厚度僅限于幾千呎。Clarkson 氏 (1956) 曾將新加坡的高空風作成一種統計分析，彼發現風向顯然穩定不變，而在八九月的風速偶爾可達到 100 海里，彼並曾察出在夏季季風最強盛時高空自北來之經流最強，在冬季季風時則情形適相反。

雖然所有此類觀測均證實在若干熱帶對流上層有強烈的東風存在，此類強風未必就可證明東風噴射氣流之存在。因為它需要有強大的側面與縱向的風切存在才行。Alaka 氏 (1955) 首先在加勒比海 (Caribbean) 研究東風噴射氣流作了一篇合理的論文，這種氣流在該地乃少見者。但該地沒有良好之雷達探空網。Alaka 氏發現東風氣流中心風速為 75 海里。此種氣流限于巴哈馬群島 (Bahamas) 南部與佛羅里達州 (Florida) 之間的區域；其最強風位于 200mb-150mb 層附近。Alaka 氏臆斷這種氣流導源于中緯度而出現于亞熱帶高壓之南部邊緣乃在其環繞此高壓中心轉向之後，Newton 及 Carson 兩氏 (1953) 討論美國上空關於夏季風切之形成時，亦有類似之事實。

因為有強烈的東風常見於亞洲南部及非洲東部，而在太平洋與大西洋區域上空則罕見，所以最好要將亞洲與非洲熱帶對流上層氣流作適當的研究，以資分析噴射氣流並明瞭這些區域之高空環流與對流下層 (Lower troposphere) 大規模環流 (夏季季風) 間之相互作用。本文之主要分析情況即在於此。較詳細之資料可參考芝加哥大學氣象系的研究報告 (1956)。

應用資料及分析方法

探討上述各點需要有完善之雷文測風佈置，所感遺憾的，是在熱帶地區單獨採用探空資料作逐日分析不全可靠。因為儀器之誤差常有如天氣變化同樣大小之差異，不過 1955 年整個夏季之平均探空資料尚可代表對流上層之氣流型態。雖然吾人希望測風網更較稠密。但在馬達拉斯 (Madras)、印度、以及泰國所建立之雷文測風站已甚有用。要從許多地區蒐集資料常感困難，在此方面可從美國氣象局自 1955 年 7 月出版之逐日北半球資料獲得重要之幫助，對印度方面之資料係從印度逐日天氣報告中獲得。

研究範圍包括自赤道起至 40°N 及自 20°W 至 150°E，圖一表示在此區域之雷文及探空測站分佈圖，以下為所作分析之種類。

垂直時間剖面圖	水平時空剖面圖
等壓面止之氣流線圖	等壓面上之等風速線圖

垂直剖面圖



圖 1：用于分析之探空及雷文測站分佈圖

此類分析的技術已十分普通，毋須再予說明，作時間剖面的測站儘可能的多用，其剖面之持續時期採用1955年整個夏季資料，此種剖面圖對於最大噴射氣流之分析是和氣槽及封閉環流等之過境具有同等的價值。水平時空圖之製作係印度區域 40,000 呎高度將每個雷文測風站填于相當的緯度上。此剖面圖之目的在觀察西南季風與對流上層氣流型式兩者間之關係。

爲了上述理由，氣流線分析以採用等壓面爲佳，因有足夠數量的測風站氣流線能指出可靠的廣潤氣流型式。因測風站不夠稠密，故不企圖用等風向線方法製作氣流線圖；在300, 200, 及 100mb 等壓面曾作等風速線分析。

夏季中熱帶對流層之結構

高空氣候學：當北半球夏季之時，在亞非大陸，對流下層有最顯著的赤道槽伴隨亞洲南部之強盛夏季季風北移遠達 20-25°N，有一廣泛的西風氣流覆蓋于阿拉伯海、孟加拉灣及暹羅灣上空，偶而到達橫過南中國海以至西太平洋。此氣流在印度稱爲西南季風，在更東則稱印度西風，高度伸展至10,000-20,000呎，偶爾到達 30,000呎，此乃在亞洲南部自六月至十月之一般環流的持久形態。

Palmer 氏 (1951-53) 在研究馬紹爾群島區域低層赤道西風之後論斷此類西風僅僅能代表一種向西移動之氣旋有關之個別西風氣流的統計平均，並未形成一般環流之一支系。相反的，Riehl 氏 (1954) 則指出印度季風之西分風非常穩定。此處須說明的，是低緯度西風僅限于亞洲南部及赤道非洲的一部份；在別處無此種持久性氣流出現，因此在一般環流型態中，對於這個特別地區，必須考慮到。

在對流上層，至少在西太平洋 (Riehl, 1948) 及大西洋上空有一連串的氣旋型及反氣旋型渦旋趨向西移。在亞洲季風區域，此種渦旋極罕發生，在喜馬拉雅山以南之高空風通常爲東風，在其以北則爲西風，在非洲與阿拉伯沙漠地帶亦有類似之小環流存在。

夏季平均氣流：圖 2 爲1955年 8 月份熱帶亞洲及非洲700及 200mb 之平均等高線及等溫線圖例示夏季平均氣流類型，此兩層通常分別代表對流下層及對流上層之氣流類型。最值得注意者，是印度及其更遠之東方700mb面上有一低壓存在。而在西方則無此種低壓發現，其地面之熱低壓通常從非洲北部伸展至印度西北部，且僅限于700mb之下層。在此區域之上空則爲高壓延伸至對流層頂，在亞洲季風區域之上空之亞非熱帶反氣旋僅限于500mb之上才出現。這種反氣旋覆蓋于西藏高原可能延至中國西南部。

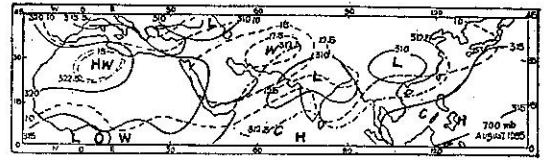


圖 2a

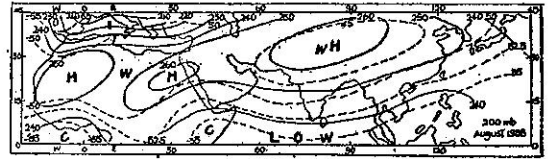


圖 2b

圖 2a及2b：1955年8月700mb及200mb平均等溫線 (°C, 斷線) 及等高線 (10³sm, 在 200mb等一位數字略去) 圖。

最顯著的是200mb層之等高線坡度集中于非洲小高壓之北，係表示地中海上空爲西風噴射氣流，我們可見亞洲亞熱帶高壓的南部有一類似而較弱之坡度在150及 100mb之間達到其最高值，此處當爲最強東風所在之位置。

平均溫度場與「赤道面」(Intertropical front)：在對流下層的等溫線集中于阿拉伯海岸之外，這是因爲沙漠氣團(Tc)與季風氣團或赤道西風(Em)相毗鄰之故。此等氣團間之不連續面會有各種名稱，如赤道面，赤道輻合區等。Ramanathan同Banerji 兩氏 (1931) 及 Sawyer 氏 (1947) 對此類不連續之氣團曾作過研究。前者假定面之構成類似鼻形，因爲在沙漠中之空氣溫度有峻急之垂直遞減率，其上空氣溫度較季風空氣的高空溫度爲低。Sawyer 氏利用這種結構以解釋印度西北部的雷雨。但是因爲伴同阿拉伯與伊朗上空的反氣旋發生的是對流低層空氣之輻散與下降，使沙漠空氣由地面以上甚大之高度中常測得微小的溫度遞減率。致結果沙漠中之上空溫度仍比季風中者高。在圖 2 中300mb以上之等溫線，係東西向伸展，較低之溫度近于赤道一方，因此以「赤道面」

(ITF) 為鼻形構造是很可疑的。在對流下層往往有穩定的逆溫存在，該處下 Tc 氣團重疊于 Em 氣團之上，故其沿面之天氣為季風層上方之層積雲，此在卡拉崙常見之。

在印度之赤道槽當地稱為季風槽；係自巴基斯坦西部延伸至孟加拉灣之頂端，季風環繞此槽自孟加拉灣進入印度北部及喜馬拉雅山麓，形成有名的季風環流，在此季風槽中無溫度之差異，惟自北至南溫度微有低減。

因為季風槽在印度產生最多的夏季雨量，許多印度氣象學者咸認定係暖面型之不連續面斜依於季風槽以北在略高溫度之東風上方，此東風帶名為「轉向季風氣流」(Turned monsoon air) (EmT) (Roy 1946)、或來自遠東之熱帶海洋氣流 (Malurkar 1950, Desai 1951a.)，許多氣象學家係由此種假定所成之「面」來解釋印度之天氣。Bjerknes 氏 (1933) 曾作赤道面係至喜馬拉雅山為止，後由 Desai 氏 (1951b) 將其延伸通過此季風槽。在熱帶區無界面之存在，已是公認的事不必重述。僅用幅合區一語足以說明。

對流上層的噴射氣流

上述平均氣流圖中已經指明沿亞洲南部邊境之高空有強烈的東風帶，為求確定這種強風是否集中于噴射氣流中心，曾經將1955年7月和8月資料自地面以至100mb作逐日分析，前已提及，在低緯度資料甚為稀少，且高層資料亦有許多天是無紀錄的。雖然如此，仍足有證明顯示東風的核心存在于 15°N 附近。這股氣流形成于中國東海岸伸展至印度及阿拉伯至少到達蘇丹 (Suden)，第二股氣流起始出現于沿非洲西海岸 10°N 附近；必然消失于大西洋東部，因為在加勒比海或沿南美洲之圭亞那 (Guiana) 海岸並未測到過。

時間剖面圖：下面各雷文測風站曾用作時間剖面圖之研究：新德里 (28°35'N, 77°12'E) 加爾各答 (22°39'N, 88°27'E)，孟買 (19°05'N, 72°53'E)，馬達拉斯 (13°N, 80°11'E)，在印度低緯度則缺乏此類資料，經以新加坡 (1°22'N, 103°59'E) 作為比較。圖3係 1955年8月馬達拉斯 (Madras) 之時間剖面圖，零風速用斷線表示，東風風速用負號，西風風速用正號，大多採用 0300Z 之觀測資料，當 0300Z 資料缺乏時以 1,500Z 資料補充之。經發現下列顯著現象：

① 在新德里自地面以至 50,000 呎大多為東風，但風速罕有超過 30 海里者。即令在對流層頂亦復如是。

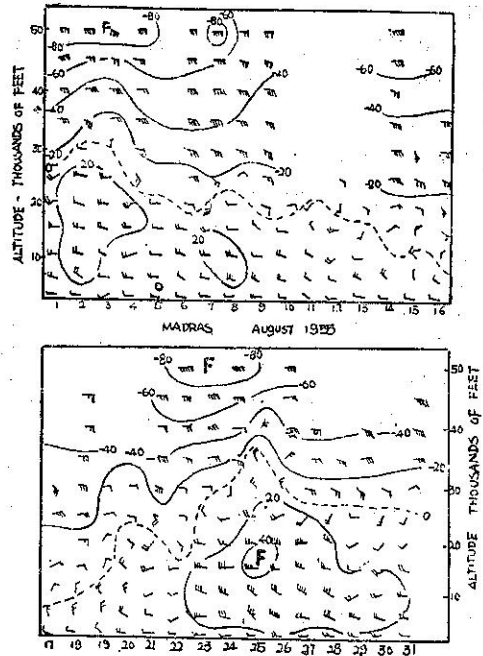


圖3：1955年8月馬達斯高空風時間剖面圖，東風風速用負號表示，一短線代表5海里，一長線10海里，旗線代表50海里。

② 在八月份的大半時期中，加爾各答較低層之季風以西風佔優勢，這種西風往往高達 20,000 呎，偶而到 30,000 呎，對流上層的氣流則為東風且十分穩定，僅有波動。在 30,000 呎及 50,000 呎之間的東風風速常達每時 30-50 海里。

③ 低空西風與高空東風在孟買較其北方更為穩定，雖略有波動，其分界面通常位于 20,000 呎附近。至于在加爾各答則東風位于 30,000 呎至 50,000 呎之間，其風速達到每時 60-70 海里。

④ 馬達拉斯在各站順序中係最南之一站，此地亦係季風西風帶，通常有 20,000 呎之厚度，且偶爾伸展至 30,000 呎，西風風速較其北方為大。可達每時 40 海里。在其上層 50,000 呎之高空東風為 60-80 海里。在對流上層之氣流較之地面附近者更為穩定。但在八月七日至九日這種急速東風氣流有中斷現象。

由時間剖面圖所示在對流上層之東風風速隨緯度之減低而加強，新加坡雖遠在所論經度以外，但其時間剖面圖可供與印度各測站作一有趣之比較。在新加坡亦有低空西風，此類西風通常限于 15,000 呎以下；

但在此期間有一部份並無西風出現。在對流高層亦有如印度同樣穩定的東風，風速可達每時 80-90 海里，然而風速不穩定，在 50,000 呎之風速範圍自每時 20 至 80 海里。

1955 年 7 月 25 日的高空情況：在這天的觀測紀錄至為完整合理，高空風的結構十分明確，東風風速約每時 100 海里左右。自地面以至 100mb 各標準等壓面上之氣流圖曾經予以研究。圖 4 表示地面等壓線以及 700mb 及 200mb 面上之氣流線，200mb 層上並繪有等風速線。



圖4a：1955年7月25日海平面等壓線 (mb，第一二兩位數字略去) 圖。陰影表示雲區，數字表示印度及其鄰近24小時內雨量 (英寸)。

(a) 風的結構：在地面 (圖4a) 我們可觀察到一連串的「熱低壓」約位于沿北緯 20°，最東的低壓位于巴基斯坦之西附近。季風槽在印度則不出現。此一情況前已述及，季風槽之所在位置係位于接近喜馬拉雅山，在印度及其東部氣流主要為西風，西風氣流延伸至亞洲海岸以外而至日本，然後與溫帶西風合併。在阿拉伯海則為一強烈之赤道西風帶。在 700mb 層 (圖4b) 所示非洲及阿拉伯之情況看來完全不同，地面之熱低壓位置已讓與亞熱帶反氣旋，相反的是由西風

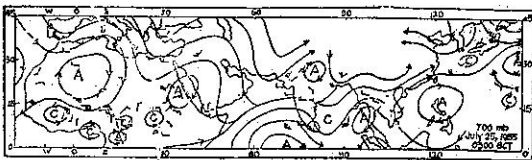


圖4b：1955年7月25日在 700mb 面上之氣流線圖。

氣流佔有了亞洲，而在西風帶中並有顯著的槽線和脊線可見。

低緯度之西風在 500mb 層處處皆為東風所替代。非洲和阿拉伯的小高壓則仍持續存在，並有新的高壓出現于伊朗、印度及菲律賓群島，東風帶的形態呈波動形。在北印度洋及西太平洋其波度約為 25 經度。在亞非大陸 300mb 層之亞熱帶反氣旋群在低緯度之東風風速增強波動較小之時約沿 25°N 排列。在反氣旋之

北方有非常明顯具有噴射氣流特性的西風氣流位于地中海和伊刺克上空。這種氣流在日本北部亦可觀測到。

200mb 圖 (圖4c) 顯示出在非洲和喜馬拉雅山高原有兩個十分顯著的反氣旋其東風和西風氣流均加強，西風帶的風速超過 100 海里，東風帶的風速超過 80

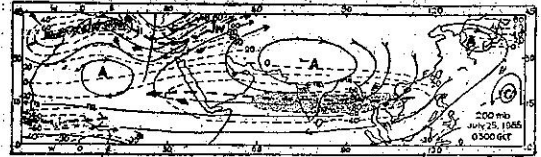


圖4c：1955年7月25日 200mb 氣流線及等風速線圖，粗斷線示噴射氣流軸，陰影示最大風區。

海里。自 300mb 以上可清晰看出東風集中成爲一狹帶氣流，風速在曼谷 (Bangkok, 13°N) 爲 69 海里，在景邁 (Chiangmai, 18.5°N) 爲 47 海里，在淞克納 (Songkla, 7°N) 爲 32 海里。並可見向靠赤道一方氣流之進入區 (香港 360°，15 海里)。及向極一方氣流之出口區 [巴林群島 (Bahrein) 140°，27 海里]。

100mb 層之氣流圖與 200mb 者相似，惟 200 與 100mb 之間西風氣流減弱，而東風氣流加強，至少在 150mb 高度是如此。在曼谷上空報告爲 102 海里，在亞登之最大風速發生在 4,800 呎高度 (81 海里)；然後向上迅速減弱至 53,000 呎高度爲 38 海里，東風氣流中心約沿 15°N 左右。此氣流開始于南中國海，在印度南部達其最大強度。但在非洲則漸趨衰弱，東風帶核心位置在東部 (曼谷 55,000 呎) 較之在西部 (亞登 48,000 呎) 有些部份爲高。

(b) 溫度結構：溫度圖型與風圖相同，類似前面所敘述過之平均圖，在 700mb 層之最溫暖空氣是位于阿拉伯、伊朗，及巴基斯坦西部，最強之溫度梯度發現于阿拉伯海。在 500mb 之最暖空氣適位于 25°N 附近之亞熱帶脊內。300mb 之圖型除溫度梯度在亞熱帶脊之兩旁較強外與 500mb 者相似。在 200mb 層亞洲南部之溫度梯度仍屬顯著。在北非洲及日本之溫度梯度已成相反位置，此表示 200mb 面位于最強西風帶之上。

在 100mb 層之溫度型式頗爲顯著，在東風帶中的溫度場已完全相反與風之觀測相一致，有一帶甚冷的空氣自帕勞 (Palau) 群島越過泰國及印度中部至阿拉伯及埃及北部。另一冷氣池 (Cold pool) 起始于赤道非洲之海岸附近而進入大西洋及太平洋以及中美

洲100mb溫度場分析指明這種最冷的空氣池在地球上其餘的部位僅限于赤道區才有。只有在亞非大陸較高緯度地區伴同強烈之東風氣流始有出現。

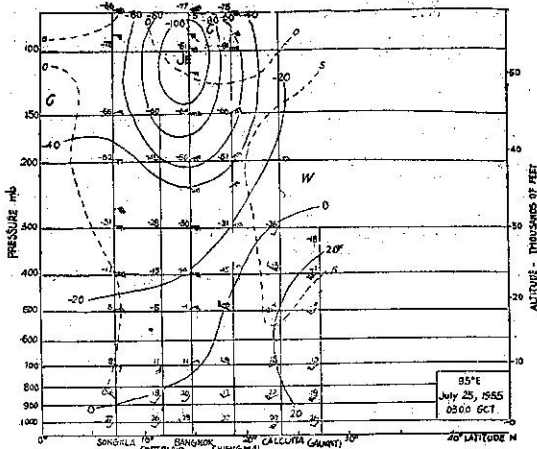


圖5a：1955年7月25日沿95°E風及熱帶大氣平均溫度(°C)距平垂直剖面圖。實線示等風速線，東風以負號示之，斷線示等溫距平。

(c) 垂直剖面圖：曾製成亞洲及非洲沿六個經度之垂直剖面圖。等風速線及與熱帶平均溫度比較的等距平圖亦曾由 Schacht 氏 (1946) 繪製。圖5表示沿95°E及45°E之垂直剖面圖，茲將其形態說明如下：

在145°E處僅有一噴射氣流存在於45°N以北之西風帶中，在30°N100mb附近顯示有一最強東風帶可能為平流層東風環流之一部份，其風速至少達到50海里，在平流層下部往往更大。

在125°E，30°N附近亦發現有平流層東風帶，此

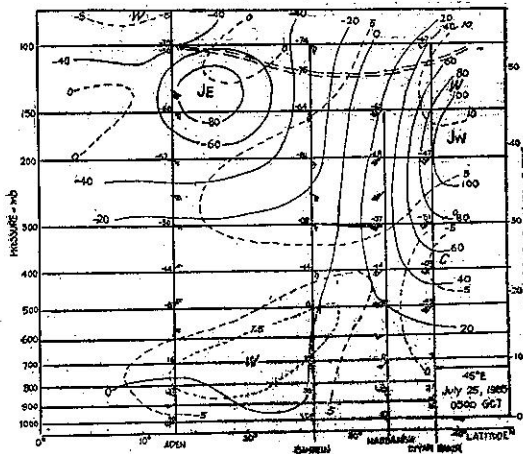


圖5b：1955年7月25日沿45°E風及溫度(°C)距平垂直剖面圖。雙斷線示對流層頂。

外另有最大東風出現于菲律賓，可能為自此起始延伸橫過整個亞洲南部之氣流。東風動能僅集中250mb以上，約有10,000呎一層之厚度。

在95°E (圖5a) 我們發現到東風核心風速在100海里以上前已述及。又此種氣流在200mb以下頗難證實。面對下風橫過此氣流之溫度自右至左減低，在核心之下方伯來爾港 (Port Blair) 之報告顯示不適合可予略去不論，在核心以上之溫度場則相反。

在75°E之剖面圖關於風及溫度結構兩者與65°E者相類似，在馬達拉斯因為紀錄上升至200mb即中止，雖缺乎直接證明。然可推知其中心在100海里。于前一天已獲得報告在100mb之最大風速曾達89海里。

我們在沿45°E (圖5b) 附近見有東風氣流之衰弱部份，但其中心風速仍然超過80海里。其核心所在之緯度與其更遠之東部相同，但其所處高度則較低2,000呎。我們觀察45°N附近西風氣流之向赤道部份發見有甚大之溫度坡度。在25°N以北對流上層及中層之溫度向極方減低，在轉變層之上300mb附近溫度場無甚差異。我們發現在北方之溫度為最暖，其梯度向南漸減。其型式導致西風氣流隨高度而減弱，東風氣流隨高度而增強。在100mb以上我們更看到另一東風氣流區域之相反現象，因此由這一剖面剖圖可特別的指明溫度場係配合東風及西風噴射氣流的。

在30°E之東風氣流強度更為衰減。其核心風速僅略大于60海里。其最大風速發生于500及100mb之間，其溫度場與在45°E者相似，雙噴射氣流區仍屬顯明。

在格林威治子午線上15°N有一40海里之持久最大風速帶，此可能係亞洲東風氣流之餘跡。于10°N附近有一新的核心出現於200mb高度。這種氣流之厚度有限(約15,000呎)，配合的溫度複雜，在本文不能作更進一步之分析。

(d) 動量及旋率之分佈：圖6a表示在200及100mb東風風速沿南北向的側面圖，係採用印度及泰國的連合資料製成。圖中斷線表示在反氣旋型方面之絕對角動量常數，係假定在25°N之相對緯流速度為零。此係赤道槽及對流層上空脊線所在之緯度。在氣旋型方面，斷線表示絕對旋率常數，係用15°N之地球旋率作為常數。此緯度係氣流核心所在處。在反氣旋型方面最強風之高度係在100mb，其數值之配合十分良好。為求明瞭絕對角動量之大小曾作長時期之觀測，使用印度1955年8月所有雷文測風觀測繪製成

100mb層南北向風之側面圖(圖6b)，小點代表個別紀錄，實線為平均風速，斷線所代表與圖6a同。平均

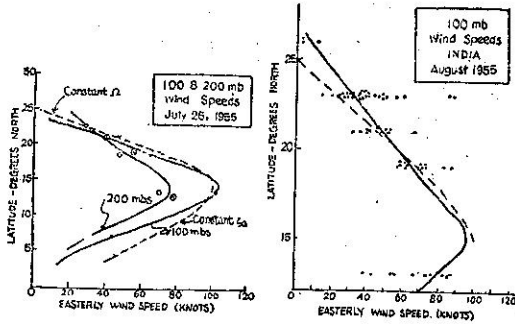


圖6a：採用1955年7月25日印度及泰國聯合資料在100及200mb東風風速沿南北向側面圖。

圖6b：採用印度1955年8月全部紀錄在100mb東風風速沿南北向側面圖。

反氣旋型風切量近乎 $4 \times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$ ，而地球偏轉率在此區視為 $5 \times 10^{-16} \text{sec}^{-1}$ 。因此平均風之分佈表示近乎等絕對角動量，或零旋率。在東風核心之反氣旋型方面頗與中緯度西風噴射氣流之反氣旋型方面所發現者相似。

在氣旋型方面因缺乏充分資料，無法探討風之分佈。

(e) 垂直風切；在分析垂直剖面圖時，我們已經明瞭東風動能之集中，僅發生于對流高層之一薄層氣流中，圖7表示若干於東經120°E至0°接近東風核

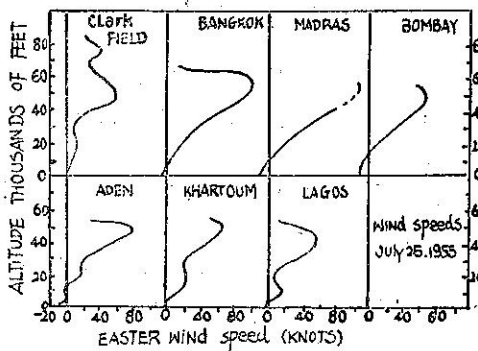


圖7：1955年7月25日七處測風站東風風速垂直側面圖。

心之側面風圖。在所有這些側面圖中自地面向上東風增強，或西風減弱。各側面圖線上之彎曲，表示最強風切發生在最大風速之下，最強風切值為 $4-5 \times 10^{-3} \text{sec}^{-1}$ 。在最強風高度以上由于資料之缺乏不能繪出最準確之側面風況，在曼谷及亞登各測風站甚為特殊

。曼谷上層之風切超過其下層者甚巨，其值高至 $20 \times 10^{-3} \text{sec}^{-1}$ 。相反的在克拉克基地 (Clark Field) 之高空風切甚為微弱。

(f) 雨量及雲量：圖4a表示1955年6月25日1200Z在亞非二洲南部雲量之分佈情況及6月26日0300Z 24小時內印度、巴基斯坦、緬甸、錫蘭之雨量(英寸)，圖中粗斷線表示東風核心之位置，雲量集中于75°E以東之核心以北，及核心南部更遠之西方。此表示垂直氣流與核心相偕者，即在核心之北75°E以東為上升氣流，在核心之南則恰相反。在上面說過在75°E以東之氣流係加速，而在其西方之氣流減速，在入口區之氣流含有一種「直接」之穿越環流，而在出口區為一種「間接」環流，此等垂直環流的分佈以前曾由作者及 Parthasarthy 氏 (1954) 在分析印度季風前後各季之平均西風噴射氣流時指出過。因為此類結果皆與溫帶噴射氣流所發現者實際相同，所以垂直環流所見之型式與噴射氣流之緯度或方向無關。而是在上層東風氣流波動與低層季風波動之間具有密切之關係。在討論本題目之前我們將試圖使用氣候資料，將1955年7月25日之情況能以綜合夏季季風時期。

夏季中東風氣流對亞洲與非洲雨量之關係

將1955年夏季逐日天氣圖作一分析，經指出夏季季風時期在亞非南部經常有東風噴射氣流存在于150°N附近。因此假定在夏季中東風噴射氣流為這區域之一種平均情況，在入口區之北方及出口區之南方有大規模之上升氣流，我們參考亞洲及非洲噴射氣流

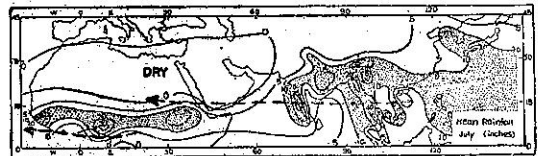


圖8：7月份平均雨量(英寸)及在1955年8月東風噴射氣流位置圖。

即可察出雨量之分佈。圖8示7月份之平均雨量，及平均噴射氣流之位置。雨量資料得自 Haurwitz 及 Austin 氏之氣象學 (1944)；印度地區之雨量則採用印度氣象局出版 (1949) 之天氣圖。在亞洲地區除印度多山的西海岸及緬甸的 Tennaserim 海岸外，雨量大多位于氣流軸以北。但沿那些海岸的雨量通常都是向南減少亦屬顯而易見。在解釋天氣圖的時候，應當記得孟加拉灣東風氣流並非在加速階段，當這

些區域為減速之時，在其南部地區可有豐富之降水，氣候分佈僅能期其指出重要的形態。因為在大多數時日中印度半島以東之氣流係加速運動，在印度的東北，緬甸及其更遠之東方由于噴射氣流的緣故，望有大規模的上升氣流產生廣大的雨區。在印度半島西部之氣流型態則恰相反。此處之氣流就平均來看係減速運動產生大規模之下降氣流。在著名的沙漠地區，事實上沙漠本身可能就是因為此種高空氣流下沉作用所形成。且其地面上之強熱，可置勿論。在非洲氣流軸之南雨量僅限 10°N 以南地區，此點在前節已予說明。在非洲甚低緯度地區，其主要高空氣流形態可能為一新生之氣流。

由此可見東風噴射氣流為非洲及亞洲夏季雨量分佈中之重要因素。至形成一般季風系統之部份及對流下層之季風，必均與對流上層之東風氣流有關。

氣流在季風時期之波動

季風之爆發：Yin 氏 (1949) 曾指出季風之爆發在冬季西風噴射氣流環繞喜馬拉雅山南方邊緣而向北轉移之時，此氣流中之大部份氣流被彎曲至高山嶺以北，他指出季風首先推進至緬甸，然後進抵印度，此種情形係由于冬季時位于孟加拉灣西風帶中之槽線向南移之故。這種轉移係隨同高空西風帶向北轉移所產生。作者同 Parthasarathy 氏 (1954) 亦已見及在季風前期平均最大西風向北移動。

圖9示1955年5月至10月整個季風期間在200mb面

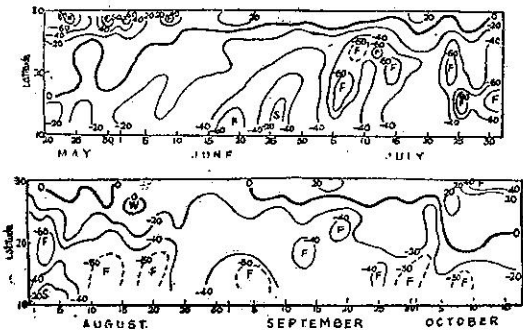


圖9：1955年夏半年印度200mb風速時空剖面圖 (東風風速用負號表示)。

之風速時空剖面圖，在印度半島西海岸季風爆發時期西風向北移動頗為顯著。但在季風進入之後，30°N 以北各測站仍有斷續之強烈西風報告，例如在1954年6月6日白沙瓦(Peshwar 34°N)報告西風64海里，在臘河(Lahore 31.5°N)為45海里，當時季風已進入印度半島的一半。另一次在6月12日臘河30,000呎

之報告為280°，67海里，白沙瓦為270°，55海里，那時季風已經延伸至20°N。由此可見即使季風開始以後西風仍能侵入西巴基斯坦，除非等到亞熱帶反氣旋建立在喜馬拉雅山之後，山脈南部地區之西風不會完全消失。

在季風開始時期研究東風噴射氣流之位置頗為有趣。圖10表示1955年5月23-30日期間在馬達拉斯之高空風，不幸多數探空氣球在200mb或以下即行停止，然而吾人可以看出5月25日東風仍屬微弱，而在5月27日則超過60海里，在26日有一槽線形成于馬拉巴

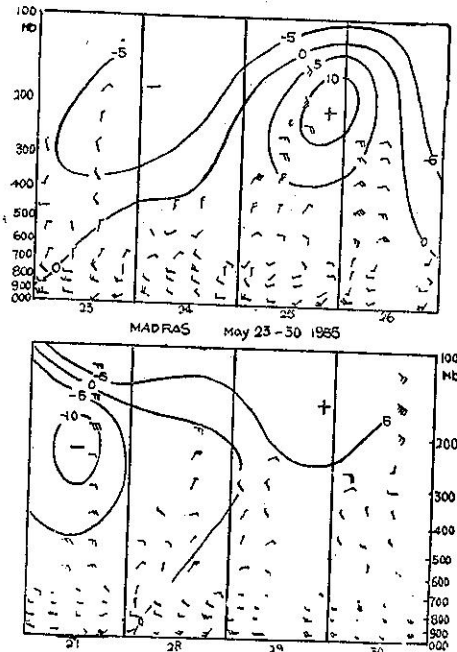


圖10：1955年5月23-30日馬達拉斯高空風時間剖面圖。

(Malabar) 海岸之外，在28日季風已進入馬拉巴，在特里凡德倫 (Trivandrum) 降雨四英寸，在5月29日印度逐日天氣報告指出季風在馬拉巴再行振作。那時在亞登的高空風仍屬微弱。5月27日在100mb層觀測到風向為100°風速為27海里，至6月6日以後在亞登的東風超過50海里。因此5月27日進至印度南部之東風氣流可能為減速階段，在其核心位置向下流看，軸線之左有上升運動之氣流。

季風與高空東風同時到達可能非偶然，而是表示一種普通氣流型式。十分顯明的，在5月中季風首先在較東方的經度再繼續進至孟加拉灣及阿拉伯海，而高空風氣流首先顯示形成於印度東方，然後自行向下流伸展橫越印度而至阿拉伯。

季風之突出及斷裂：沿印度西海岸之季風雨帶向北之轉移與季風強度之週期性的脈動和高空東風相似之轉移與脈動實互相關聯。

當季風斷裂之際，季風槽移至喜馬拉雅山，亞洲整個南部 500mb 以下全受西風所控制。然在對流高層則繼續東風之盛行。高層東風噴射氣流是十分顯著的。且其所佔位置較平均為更北。當氣流回至低緯度時，在阿拉伯開始減速，沿印度之季風又復甦。如1955年7月25日所發生之情形。

圖10解釋1955年東風核心位置的轉移，亦即指出在緯線上波動之一般形式，初時漸向北移進，隨後突然向低緯度退却，是其在七月時之主要形態，在八月初此氣流復向北移動約至 18°N ，然後逐漸向南衰退，直至與西南季風同時引退成爲不重要之氣流。

結 論

本文已指明在夏季季風時期亞洲及非洲的熱帶上空有一帶東風噴射氣流，此氣流在那些地區成爲一般環流之重要部份，而在大西洋及太平洋上並無此種噴射氣流之存在。代之而起的是在對流上層環流中有一連串的渦旋 (Riehl 1945)。由此種顯然之不同我們必可斷定海陸分佈對於亞洲南部邊緣氣流型式之形成

有主要之作用。赤道區完全爲海洋所佔有， 20°N 以北區域則爲陸地，這種分佈規定在北半球夏季中最強的地面加熱遠在赤道以北。此外廣大的西藏高原有大部分面積伸至700mb，高脊則伸至500mb以上，將地面吸收日照及輻射大量提高，以如許之面積和高度，足使直接加熱至對流中層。使對流上層產生強烈的力管場推動順時鐘方向之環流。

由此可知在印度北部及西藏呈現之高空反氣旋係熱源所驅使。至于在阿拉伯及非洲之高壓則係動力的。高壓伴同發生下降氣流並產生沙漠。沿印度北部邊境之高空環流並無鎮壓作用，而是助長赤道槽中大規模之上升氣流。高原的地面加熱和凝結熱作用，共同形成力管場，使槽中流出量得以持續，至少在向赤道一方之流出量在北緯25度處之運動是接近等絕對角動量。該常數即地球之角動量。此氣流接近于高空源熱區及強烈凝結熱已如前述 (圖6a, 6b)。在此種情況下乃產生了高空噴射氣流，我們觀察到此種氣流的平均情況到達最大強度係接近於高原西邊之南方亦是很有趣味的事。(完)

原文題目：The easterly jet stream in the tropics

原文刊載：Tellus vol. 10, No.1 February, 1958,

氣象學報訂購辦法

- 一、本學報係以贈送各有關氣象單位團體，促進氣象學術之研究爲目的。
- 二、個人如欲訂購，可報請服務之單位，備文證明，連同價款，逕寄本社，當按址寄送所需之學報。
- 三、本學報本期暫收成本費新臺幣壹拾元，郵票十足通用。

氣象學報徵稿啓事

本學報長期徵收稿件，歡迎各方踴躍惠稿，惟爲配合出版時期起見，惠稿最好於二、五、八、十一等月月中以前寄達，以便及時刊載，而免積壓，敬請惠稿諸先生注意。