

# 熱帶東風噴射氣流之天氣學研究

劉昭民

民航局飛航服務總台氣象中心

## 摘要

本文係根據本區及東南亞地區高空天氣圖資料及探空資料，分析東風噴射氣流之平均位置和特性，並就青藏高壓、副熱帶西風噴射氣流和東風噴射氣流之關係，討論東風噴射氣流之成因以及對北半球天氣和氣候之影響。東風噴射氣流之南北兩側存在著極強烈的溫切現象，這種溫切現象不但與東風噴射氣流有關，而且對高空民航機之飛航安全有極重大的影響。

## 一、前言

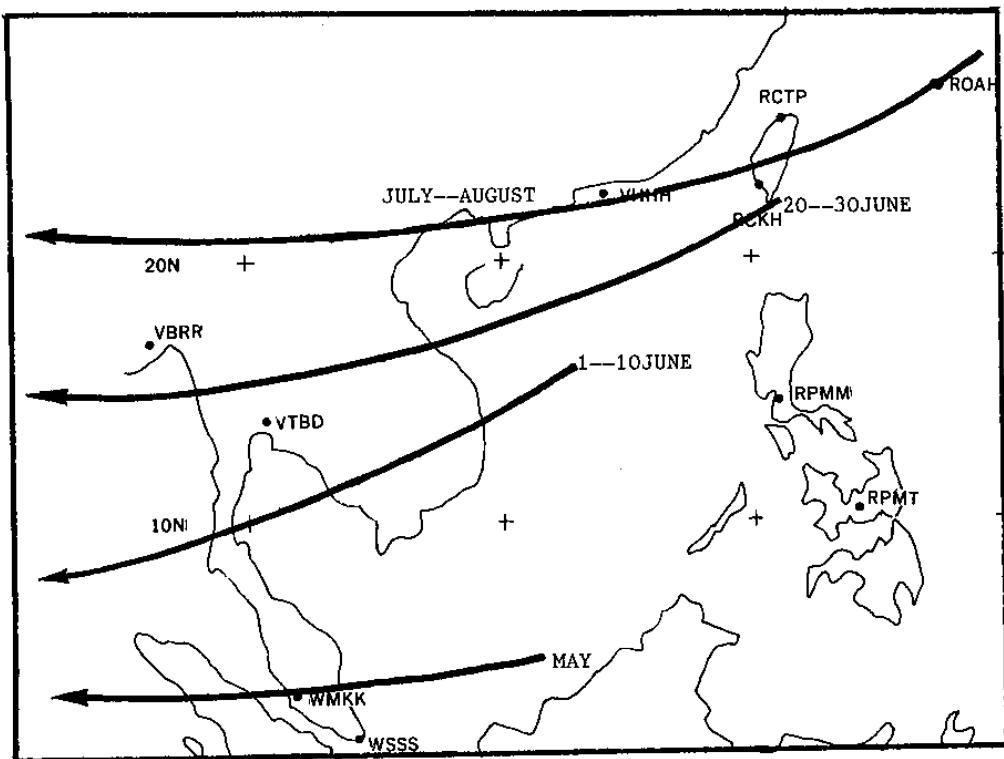
熱帶東風噴射氣流和南北半球的其他各種噴射氣流一樣，同是大氣環流之一支，惟迄前為止，一般氣象學和天氣學的專書對熱帶東風噴射氣流的敘述都十分簡略（盛承禹、陸渝蓉，1986；陳廷良，1992），此乃天氣學和氣象學上一大憾事。鑑於熱帶東風噴射氣流與亞洲地區高空飛航之關係極為密切，因此有詳加研究之必要，以下將就熱帶東風噴射氣流之天氣學問題詳加探討。

## 二、熱帶東風噴射氣流之平均位置和特性

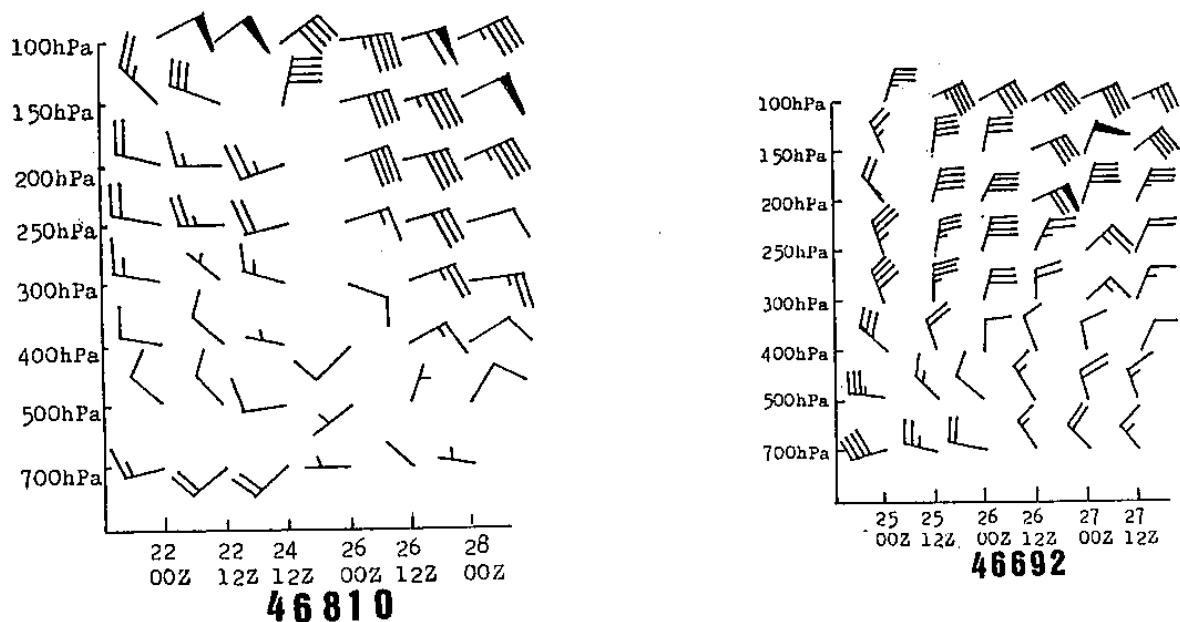
熱帶東風噴射氣流之發現僅僅是四十餘年前之事（Scherhag 1948；Ven kiteshwaran 1950；K Rao 1952；R Frost 1952, 1959；Koteswaram 1958），有關熱帶東風噴射氣流平均位置和特性方面之敘述，均非常稀少，過去的說法，有謂熱帶東風噴射氣流從中國大陸東南沿海向西南伸，經中南半島，西經印度半島南部和阿拉伯海，直到非洲東部蘇丹等地上空（Koteswaram, 1958, 1968）。亦有謂熱帶東風噴射氣流軸心起自菲律賓之民答那峨上空，直到非洲中部上空（H. Flohn 1959）。

分析最近二十年來南亞和東南亞高空天氣圖資料，可以看出夏季熱帶東風噴射氣流之平均位置有由南向北逐月變化之情形，即五月份時靠近赤道，六月份時移至西沙群島，七月時經海南省、越南中部、中南半島、緬甸之上空。八月份時，氣流已伸展到印度半島、中國東南部、阿拉伯海、孟加拉灣、印度洋、南中國海、香港、華南、東南亞等地之上空。圖一所示即五月至八月間東南亞地區東風噴射氣流之平均位置圖。

在垂直分布方面，分析最近二十年來之氣象資料，亦可以發現，熱帶東風噴射氣流伸展層次在200hPa與100hPa之間（見圖二）。所據緯度帶之範圍在北緯5度至20度之間，無論在位置、氣流之方向和強度等各方面，均有顯著之持久性，平均軸心在北緯10至15度之間，靠近150hPa之高空，其上有強度較弱之平流層東風層（見圖三）。熱

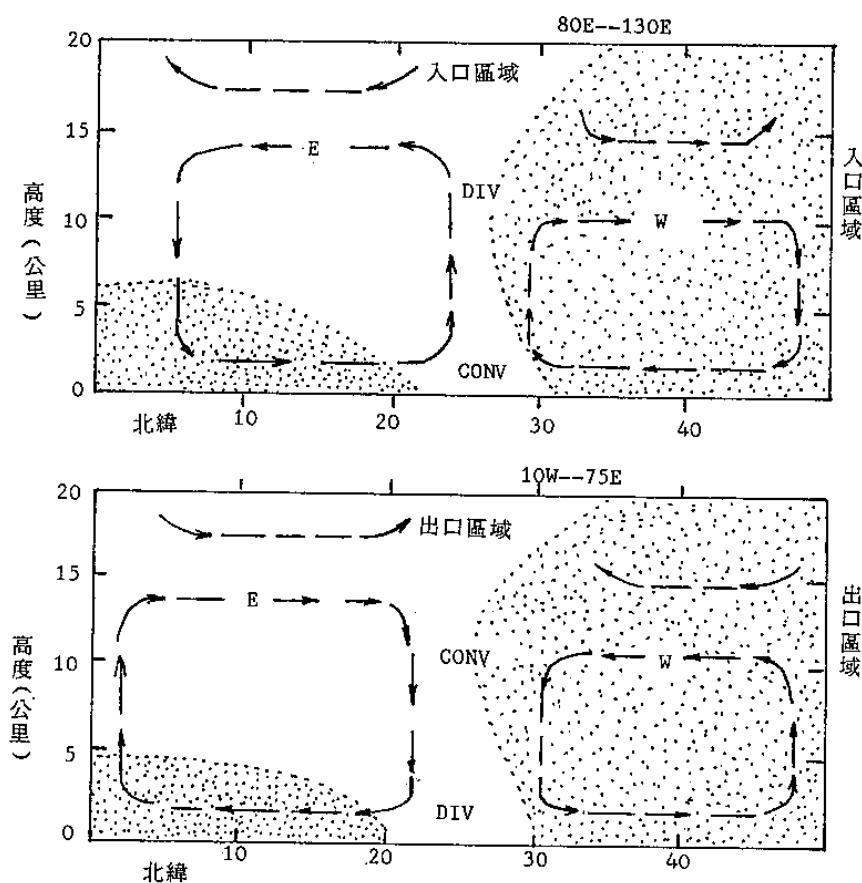


圖一：五月至八月間東南亞地區東風噴射氣流之平均位置圖



圖二：1987年6月下旬，東沙(46810)和台北(46692)探空站各高度上逐日風場變化圖

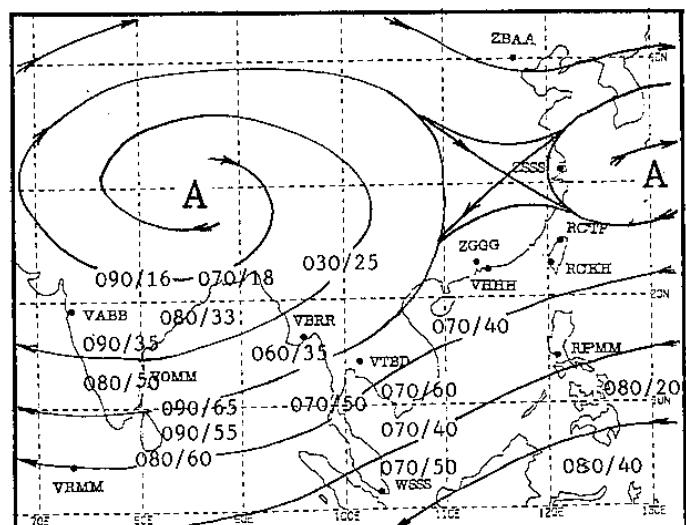




圖四：熱帶東風噴射氣流入口區和出口區域之平均經向環流  
理想模型圖。點區表示西風區，空白區表示東風區域，  
上圖代表南亞、東南亞及其北方中緯度地區情形，下  
圖代表中東、北非情形(參考自P.Koteswaram,1968)

在150hPa高空，200hPa和300hPa高壓則繼續存在於青藏高原上空，整支熱帶東風噴射氣流之勢力亦大為增強。八月份時高空之青藏高壓仍在原地不變，熱帶東風噴射氣流勢力達到全年中最強之地步(見圖五)。到了九月初，高空東風才開始減弱，副熱帶西風噴射氣流亦逐漸自北南移，東亞東北季風開始盛行。十月份起，青藏高壓消失，曼谷、清邁和印度半島中北部高空皆不再有東風，而改吹西風，熱帶東風噴射氣流已經消失。

由此可見，熱帶東風噴射氣流存在的期間是從五月起到九月初或中旬為止，前後期間約四個月或五個月不等，而且在南亞地區還有，高空西風轉變成強烈東風，比較突然而急劇，強烈東風轉變成西風比較緩慢之情形。



圖五：近二十年來八月份200hPa平均氣流線圖。圖中  
數字代表平均風向(度)風速(浬/時)。

#### 四、熱帶東風噴射氣流成因之探討

西風噴射氣流存在的季節是全年，而熱帶東風噴射氣流存在的季節卻只有夏季(5至9月)，其成因自然與西風噴射氣流不同。早在三十多年前，氣象學家已發現夏季七、八月份時，青藏高原500hPa至200hPa高空有一持久性高壓存在(見圖六)。統計近三十年來南亞及東南亞200hPa高空圖資料，製成高空平均氣流線圖時，亦可見每年夏季六、七、八月份時，有一持久性反氣旋環流中心存在於青藏高原上空(見圖五)。青藏高原面積有170萬平方公里，平均高度在14000呎以上，在西藏全境平均高度甚至達20000呎，可見青藏高原在夏季是一個巨大的熱源，將吸收之日照和輻射加熱到對流層中層，使對流層上部產生強烈之力管場推動順時針方向之環流(1958, P.Koteswaram)。此亦與層變印度半島和中南半島暖心低壓發展到高層變成青藏高壓之大氣層垂直結構原則相符合。

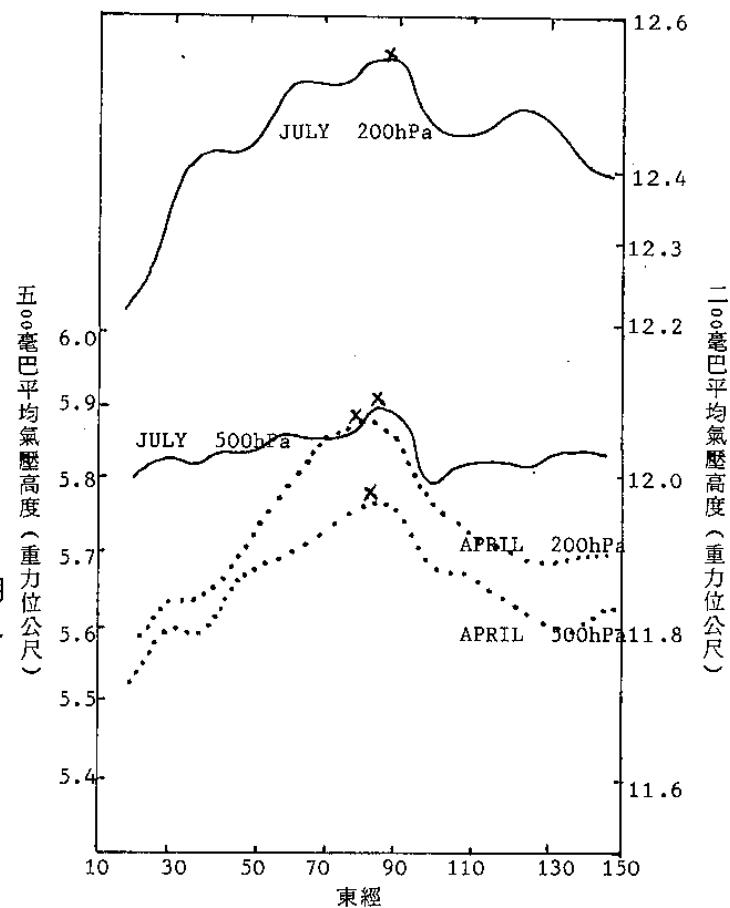
青藏高原高空之高壓形成於夏至之前一個月(五月中旬左右)形成後，由於高原上空大氣層之增暖作用，迫使原在高壓北緣之副熱帶西風噴射氣流強度逐漸減弱，並向北退到北緯40至45度地帶。代之而起的是熱帶東風噴射氣流自東下旬向西橫越北緯15度150hPa之高空。等到六月下旬，台灣南部200至100hPa高空出現東風噴射氣流時，台灣的梅雨季也宣告結束。七月份時，八月份時，台灣全境高空經常出現60KTS以上之偏東風，證明熱帶東風噴射氣流自琉球向西南延伸，越過台灣上空。

#### 夏季青藏高原地面之加熱作用不但

提供青藏高壓之熱源，而且也增加了夏季中低緯之間高空之南北向溫度梯度(見圖二)，使印度南方和中南半島之間對流層上部之強烈東風產生最大風速，使之具有噴射氣流之特性。此外吾人也有理由確信，夏季青藏高原也是一個有相當多潛熱釋放到大氣中的地區，夏季青藏高原上空經常有雷雨發生，此對青藏高原高空對流層上部之反氣旋的發展和維持，以及南亞高空熱帶東風噴射氣流的產生，也起相當大的作用。

#### 青藏高原是產生熱帶東

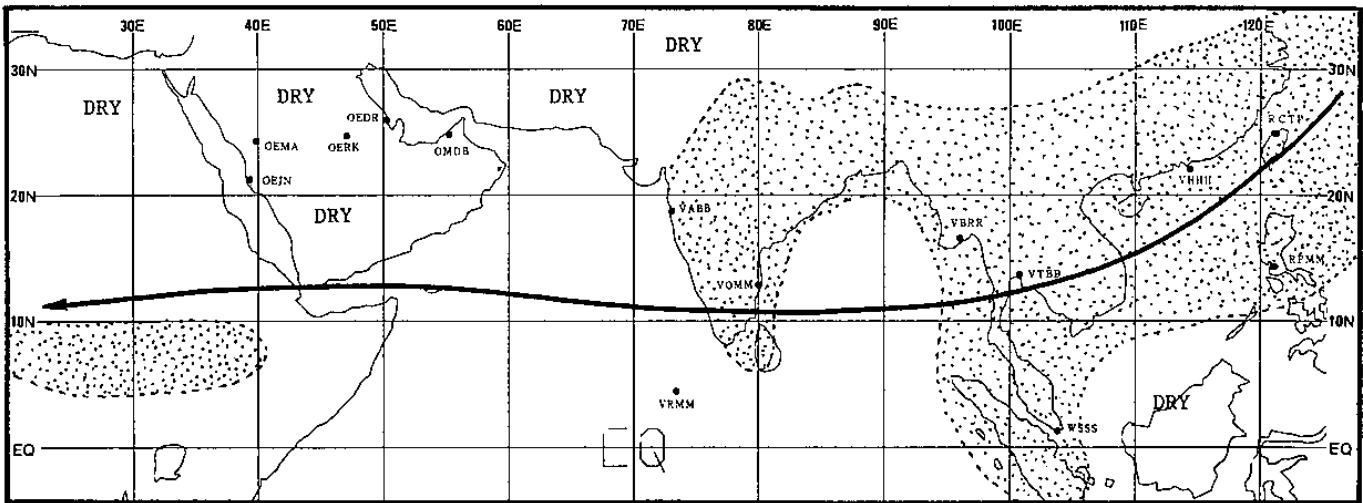
風噴射氣流之最主要樞紐。然而，太平洋副熱帶高壓之輻散氣流對熱帶東風噴射氣流之生成太陽副熱帶高壓之輻散氣流合流後，使東風大增強，在東南亞和孟加拉灣造成熱帶風噴射氣流。但是以青藏高原高壓之環流具有最重要之角色。



圖六：四月份和七月份 $35^{\circ} - 40^{\circ}$ N,  $10^{\circ} - 150^{\circ}$ E地區  
500hPa和200hPa平均氣壓高度隨經度變化情形  
(單位重力位公尺), X表示最高值所在，在青藏高原上空。

#### 五、熱帶東風噴射氣流對北半球天氣和氣候之影響

天氣現象乃上層下層大氣之間，大規模上升作用和沉降輻散作用所造成之結果。所以擾動(包括海面上之颱風)與青藏高原之高空高壓，以及熱帶東風噴射氣流之存在，四者之間有極密切之關係。常年五月下旬以後，副帶西風噴射氣流自喜馬拉雅山一帶向北退至中緯度地區，青藏高空高壓形成並逐漸增強，西南季風也同時出現在緬甸和印度東北部地區，南亞高空熱帶東風噴射氣流也開始存在，可見五月下旬以後，低層西南季風和高層強烈東風之同時來臨，決非偶然。低層西南季風的輻合上升，高層強東風之輻散作用是該等區域季風豪雨和熱帶擾動(包括颱風)之主因。



圖七：熱帶地區七月平均雨量超過10英寸之多雨區(圖中之點區域)及東風噴射氣流位置,DRY代表乾燥地區(P.Koteswaram,1958)。

前述夏季高層東風噴射氣流與低層西南季風之間的哈得利胞環流型式，正是熱帶東風噴射作用，並且維持北大輻合地圖之強烈作用和對沉降亞形非動冷、有風度。圖中半球沙烏風暖空氣上升於東部印度和北緯40度至50度之南半球東風帶，並在伯拉、阿拉、烏地間形成一個大環流圈，即在伯拉、烏地、阿拉之間有一支東風噴射氣流，形成熱帶雨林氣候。赤道非洲則有上升氣流，形成熱帶雨林氣候(見圖七)。

由上所論，可知夏季熱

帶東風噴射氣流存在期間，200hPa高空青藏高原之高壓輻散作用，乃造成此等區域之印度季風傾盆雨，阿薩密省六月上旬常有暴雨，但雨量更達12000公厘以上，災害集中高西國和孟加拉地帶，當時，印度、緬甸、泰國等地區之風跟著進入乾燥之涼季。

## 六、熱帶東風噴射氣流與高空溫切現象

如西風噴射氣流北方溫度梯度甚大之現象，一樣，熱帶東風噴射氣流相對溫度梯度也相當大，尤其是100hPa高空東風噴射風溫差軸心附近常有 $-80^{\circ}\text{C}$ (有時有低至 $-91^{\circ}\text{C}$ 之情形)之冷心存在，而青藏高原200hPa - 150hPa高空之暖心溫度大都為 $-32^{\circ}\text{C}$ 差距如此之大，於是就造成溫切現象。所謂溫切(Temperature shears)，就是指鄰接空域間溫度急劇改變之現象。全球只有東南亞之夏種航機在50000至60000呎之高度飛行，因爲民機在進入高超音速飛行之馬赫數為 $-40^{\circ}\text{C}$ 時會受到極端影響。此時空域內溫度梯度僅 $-30^{\circ}\text{C}$ ，但由於空氣運動之緣故，溫切現象會造成巨大的風切變，這是由於溫切現象所引起之風切變，會導致飛行員在飛行過程中遇到危險，因此飛行員必須嚴格遵守飛行規則，以免發生意外。

## 七、結論

由本文之討論，可知熱帶東風噴射氣流是大氣環流之一支，吾人應將之列入全球噴射氣流種類之中。熱帶東風噴射氣流是哈得利東風環流、太平洋副熱帶高壓輻散氣流以及青藏高原高空高壓之輻散氣流合流於東南亞與印度上空形成的。但以青藏高原高空高壓為最主要之動力樞紐，它的夏季增暖作用增加了南北向之溫度梯度，因而造成強烈東風之極強大風速，形成熱帶東風噴射氣流。

### 青藏高原高空高壓 與熱帶東風

噴射氣流之存在，以及低層之西南季風層等三者，對亞非天氣和氣候有極大的影響，因此彼此之間有密切之關係。由於熱帶東風噴射氣流軸心附近存在著極強烈的溫切現象，對高高度飛行之噴射式民航機的飛航安全有極重大之影響，因此值得航空氣象人員詳加研究。

## 八、致謝

本文承蒙氣象中心同仁柳森先生協助校正和編排，謹此致謝。

表一：南亞及東南亞大城市歷年平均降雨量(單位公厘，資料來源：中央氣象局《天文月歷手冊》)

城市	月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	全年
新德里	25	22	17	7	8	65	211	173	150	31	1	5	715	
仰光	8	5	6	17	260	524	492	574	398	208	34	3	2530	
西貢	6	13	12	65	196	285	242	277	292	259	122	37	1808	
高雄	14	17	34	53	150	414	421	376	156	45	19	14	1714	
台北	92	133	166	160	215	298	240	280	300	122	68	75	2087	

## 九、參考圖書及文獻

1. Edward N. Loreng , 1967: The Nature and Theory of the General Circulation of the Atmosphere, P.61。
2. P.Koteswaram, 1968: Forecasting of Upper Winds and Temperature in Tropical Latitudes with Special Reference to Jet Stream. WMO Technical Notes No 95 Aero nautical Meterology P.224 - 250.
3. Meterological Department Bangkok Thailand 1965:Upper Winds over Southeast Asia and Neighboring Areas. P.30。
4. 吳祖錫譯 , 1975:超音速客機開航有待,民航月報第二卷第十一期第1 - 8頁,原文在Aviation Digest Sept./Oct. 1975。
5. 林碧初, 1959:熱帶氣象學教程,第2 -17至2 -18頁。
6. 戚啓勳譯, 1973:季風氣象學(C.S. Ramage 原著, 1971),第133頁,第210 - 211頁,維新書局印行。
7. 盛承禹、陸渝蓉, 1986:中國氣候總論, 第89頁,中國科學出版社出版。
8. 陳廷良, 1992:現代運輸機航空氣象學, 第184頁,氣象出版社出版。
9. 鄒新助譯, 1959:熱帶東風噴射氣流, 氣象學報第五卷第2、3期, 第25 - 32頁。原文為 The Easterly Jet Stream in the Tropics(P.Koteswaram), 刊於 Tellus Vol.10 , No.1 , February 1958。
10. 簡以明譯, 1959:亞洲南部與東部大規模夏季季風情況, 氣象學報第五卷第2、3期, 第33 - 36頁。原文為 Large-scal Aspects of the "Summer Monsoon" in South and East Asia (H.Flohn) 刊於 75th Anniversary Volume of the Journal of the Meteorological Society of Japan。

### A Study on the Tropical Easterly Jet Stream Over Asia and Africa

Chao-Ming Liu

Taipei Meteorological center ANWS.CCAA

#### Abstract

This paper described the qualities and the causes of the tropical easterly jet stream over Asia and Africa, also discussed the relationships among the Tibetan High and the easterly jet stream in the upper troposphere and the climates in the region of the Asia and Africa.

Temperature shears occurs frequently in the vicinity of the tropical easterly jet stream over Asia, therefore the vicinity of the tropical tropopause 16-17 km has now become a region of interest to high-level aviation. We must pay more attentions to study the information regarding the tropical easterly jet stream at this altitude over nearly half of the tropics for about half of the year.