

利用經驗正交函數分析台灣地區 梅雨異常型式之合成研究

梁 瑞 禎 馬 汝 安

空軍氣象聯隊

摘 要

本文係針對台灣地區梅雨系統，進行經驗正交函數分析。

若對形成梅雨之大氣環流及天氣系統能夠確實把握，則將有助於預報工作。在此目的下，利用台灣地區降雨量選取乾、濕梅及正常梅雨個案，作經驗正交函數合成分析以探討異常梅雨大氣環流與主要綜觀天氣型態的相關性，並以百分比方式及天氣圖型式表示之。

在北緯20~50度、東經80~130度範圍內選取75個測站，時間自民國六十四年到七十三年，五~六月梅雨期每天1200Z 850MB及500MB高度場（資料矩陣）的資料，進行經驗正交函數合成分析。

分析結果顯示：(1)經驗正交函數分析可達到有效濃縮資料的目的。(2)梅雨期850MB及500MB高度場之空間分布能由有關的主要分量來表示。(3)經驗正交函數能夠表示台灣地區梅雨異常型式（濕梅、乾梅、常梅）主要綜觀系統及平均圖分布。

一、前言

每年五月中旬，台灣地區適值冬季風轉弱，漸為夏季風取代的季節。東北季風與西南季風相會於梅雨鋒面，約由日本南方海面經台灣至華南。鋒面附近因輻合產生上升運動及西南氣流豐沛水汽，遂凝結成雲，形成一條幾乎連續不斷的雲雨帶，導致連續性降水。南半部的雲帶因西南氣流空氣不穩定，易生積雲對流，導致局部地區豪雨現象。然而亦有所謂乾而不雨的乾梅（空梅）。也就是說台灣梅雨直接形成台灣地區五、六月份之旱澇，而且間接影響七、八月份水庫調節水

量之功能。故梅雨為台灣地區嚴重災變天氣之一。

又氣候資料顯示台灣地區於五月中旬至六月中旬存在有一相當明顯之降水量最大值，此最大值由北部地區之次高峯往南變為中南部地區之主高峯，此期降水現象是為台灣之梅雨。此期間之降水性質一般皆屬連續性，間或夾帶雷陣雨或豪雨，導致暴洪（陳，1986）。過去國內有關梅雨之研究者甚多，早期以氣候研究為主，如王（1970）、徐與紀（1974），近期則從事梅雨動力過程（陳，1977）、平均環流（紀，1978）、降水（

（註）本研究為國科會 NSC 76-0202-M072-01 專題研究資助下之部份研究成果

陳、蔡，1979；劉，1980），中尺度特徵（陳與紀，1980；陳、蔡，1980），水汽收支（廖與賴，1984）及綜觀尺度系統及梅雨槽之綜觀（天氣）與動力結構增加許多了解，亦對梅雨期中尺度系統導致豪雨之重要性增加很多認識（陳，1986）。1986年陳泰然亦對梅雨期不同尺度環流系統作了診斷分析研究，增加了許多了解及認識。

利用經驗正交函數來表示氣象場變數的空間分布，這是近十多年來發展出來的數學方法之一，現已廣泛地應用在氣象學及地球物理科學中。如 Grimen(1963)、Kutzbach(1967)、Stidd(1967)、Sellers(1968)、Walsh(1980)、Diaz(1981)、Lyons(1982)等均利用地面溫度、降水量、海平面氣壓及 500MB 高度場分析氣象異常型式之空間分布。Paegle and Haslam(1982) 研究結果顯示經驗正交函數可作綜觀氣候和長時間的天氣預報，且前面幾個經驗正交函數可解釋綜觀氣象型態。邱(1981) 利用經驗正交函數分析台灣地區氣象異常型式，結果顯示各氣象變數異常型式之空間分布情形；能由最主要的各有關經驗正交函數來表示，以及有效濃縮資料的目的。王與曾、劉(1985) 研究經驗正交函數結果得到固有向量空間分布與綜觀氣候有一致性。馬與曾(1985, 1986) 研究經驗正交函數分析東亞地區 500MB 高度場空間結構，結果得到東亞地區冬季主要及次要的綜觀天氣系統。梁與馬(1986) 利用經驗正交函數分析台灣梅雨個案結果得到台灣地區梅雨異常型式（濕梅、常梅、乾梅）個案之主要綜觀天氣型態。

經驗正交函數分析有顯示氣象要素空間分布特徵之能力，除了平均情形外，還能夠了解更細微的氣象要素空間分布結構。是研究大氣環流與

氣候型態之關係最有用的一種正交空間函數，亦為求大區域氣候變動指數的理想方式，故在氣候研究上甚具價值。

若對形成梅雨之大氣環流及天氣系統能夠確實把握，則將有助於梅雨預報準確率的提高。在此目的下，本文擬選用經驗正交函數分析來探討台灣地區梅雨異常型式之合成及異常梅雨型式之大氣環流與主要的綜觀氣候型態的相關性，並以百分比方式及天氣圖型式來表示合成梅雨期（濕梅、常梅、乾梅）850MB 及 500MB 高度場氣象異常型態 (Pattern) 之空間分布情形。

二、資料來源、處理與研究方法

(一) 資料來源及處理

本文研究資料係使用日本氣象廳印刷歷史天氣圖，從 1975 年到 1984 年（民國六十四年至七十三年）梅雨期（5 月 15 日～6 月 19 日）共十年資料十個梅雨個案。採用吉野正敏 1980 年對異常梅雨個案分類法，按降雨量之等級分為三類：梅雨期總雨量 <150mm 為乾梅，300mm 以上者為濕梅，150~300mm 之間為常梅，分別作此三類梅雨的合成經驗正交函數分析。在北緯 20 度至 50 度，東經 80 度至 130 度範圍內選取 75 個測站（其中包括台灣地區桃園、馬公、東港三個探空站資料），測站位置分布如圖一所示。讀取 1975、1977、1979、1982、1983、1984 年（濕梅），1976、1981 年（常梅）及 1978、1980 年（乾梅）（見表一）每日 1200Z 850MB 及 500MB 天氣圖之高度場資料，以做為經驗正交函數分析初始資料之用（稱其為梅雨期（濕梅、常梅、乾梅）高度場資料矩陣）。

其中 1978 年之個案其降雨總量為 192.0mm，在本文十個個案中加以比較其僅大於 1980 年

之個案，遠較其他個案雨量小的甚多，故吾人將其視為乾梅來研究。

(一) 研究方法

經驗正交函數分析：

本文採用經驗正交函數分析法，在亞洲區域（ $20\sim 50^{\circ}\text{N}$ ， $80\sim 130^{\circ}\text{E}$ ）內選取75個測站上的850MB及500MB高度場當做變數，而要以較少變量的主要分量（Principal component）來說明這些變數。

將十個梅雨個案按降水量之等級（吉野正敏，1980）分為濕梅、常梅、乾梅等三類，分別做此三類梅雨的合成經驗正交函數分析。

其分析步驟及研究方法如下：

(1) 首先須將75個測站上的850及500MB高度場初始資料按濕梅、常梅及乾梅分別彙集統計。

(2) 資料打卡，建立濕梅、常梅及乾梅之原始資料檔。做成 75×216 階（濕梅）， 75×72 階（常梅）， 75×72 階（乾梅）的高度場資料矩陣。

(3) 由資料矩陣可求出濕梅、常梅、乾梅850及500MB平均高度場的分布。

(4) 原始資料矩陣減去平均值得到 \underline{f} 矩陣，再由 \underline{f} 矩陣算出 75×75 階之協方差矩陣

$$C_r = \overline{\underline{f} \underline{f}^*}$$

(5) 利用賈可比法（Jacobi's method）求850MB及500MB協方差矩陣的固有值（Eigen Value） λ_n ，並求出所對應的固有向量（Eigen Vector） \underline{U}_n ， $n=1, 2, \dots, 75$ 。

(6) 由(5)所求得之固有值，可由第 n 個主要分量 C_n 能解釋的變異數佔總變異數之比率（分量得分）來求得各分量之百分率及累

積百分率。

(7) 討論梅雨（濕梅、常梅、乾梅）經驗正交函數分析在空間分布的情形，並以百分率方式及天氣圖型態分別表示，濕梅、常梅及乾梅的主要綜觀氣候型態，藉以提供日後梅雨天氣預報參考應用。

三、分析結果與討論

使用經驗正交展開的好處有二：一個就是能夠看出高度場的季節性變化。另外一個是當對前面數個固有向量作型態解釋時，第一個固有向量能夠代表出最重要的季節變化（Brinkmann, 1981）。

第一個經驗正交向量就是使它所解釋的觀測場變異數為極大。而第二個經驗正交函數是使解釋的剩餘的觀測場變異數為極大，但此向量與第一個經驗正交向量必須是正交的，也就是說第二個經驗正交向量與第一個經驗正交向量彼此之間是無關的且獨立的。而第三個經驗正交向量是第一個及第二個經驗正交向量所解釋的剩餘的觀測場變異數為極大，但此向量與第一個及第二個經驗正交向量必須均是正交的，也就是說第三個經驗正交向量與第一個及第二個經驗正交向量彼此之間均是無關的且獨立的。根據這個原理，只要利用前面幾個固有向量就足夠解釋了觀測場長時間的季節變化。

對——時間——空間序列做經驗正交展開，所得到的固有向量（Eigen Vector 或稱特徵向量）空間分布可以看出距平分布的型態。圖二～圖四為梅雨期個案合成分析作經驗正交展開所得到的第零個及第一個固有向量型態分布圖（850MB及500MB兩類），並以百分比表示之。其代表了梅雨期（濕梅、常梅、乾梅）主要高度場及

平均值高度場之空間分布結構。圖中固有向量的正區代表高度正距平 (Height positive Departure)，負區代表高度負距平 (Height Negative Departure)。

以下僅按濕梅、常梅、乾梅等三類之合成分析結果加以說明討論之。

(一) 濕梅之經驗正交函數特徵

(1) 第一個到第三個固有向量累積百分率佔總變動的 55.1%(850MB)、49.5%(500MB)；其中 EOF1:34.0%、EOF2:11.9%、EOF3:9.2%(850MB)；EOF1:27.5%、EOF2:12.4%、EOF3:9.6%(500MB) (表一)。

(2) 濕梅高度平均 (第零個固有向量)

圖二(A)所示，EOF0 就是濕梅 850MB 高度場平均值，華中、華南區及台灣地區均為太平洋高壓所控制，新疆省一帶的高壓勢力與太平洋高壓相當；低壓區位於大小興安嶺、察哈爾一帶，冷鋒由此向西南延伸至甘肅省中部一帶地區，另一低壓區在印度及青康藏高原西南部一帶地區。

圖二(B)所示，EOF0 就是濕梅 500MB 高度場平均值，海南島、兩廣、巴士海峽及琉球群島均為太平洋高壓所控制；低壓區在大小興安嶺、察哈爾一帶，另一低壓在西藏南方及印度一帶地區。

(3) 濕梅主要綜觀型態 (第一個固有向量)

第一個固有向量 (EOF1) 解釋了濕梅 850MB 及 500MB 高度場總變異數的 34.0% 及 27.5%。其中 850MB 高度正距平相對最大值區出現在青康藏高原北部地區 (圖二 (C) 所示)。

500MB 高度正距平相對最大值區在大小興安嶺、察哈爾、熱河一帶地區，次大值區在青康藏高原西南部，台灣地區為微弱正距平區 (圖二(D) 所示)。

(二) 常梅之經驗正交函數特徵

(1) 第一個到第三個固有向量累積百分率佔總變動的 54.6%(850MB)、55.1%(500MB)；其中 EOF1:30.7%、EOF2:14.1%、EOF3:9.8%(850MB)；EOF1:28.1%、EOF2:18.2%、EOF3:8.8%(500MB) (表一)。

(2) 常梅高度平均 (第零個固有向量)

圖三(A)所示，EOF0 就是常梅 850MB 高度場平均值，華中、華南區及台灣地區均為太平洋高壓所控制，新疆省一帶的高壓勢力與太平洋高壓相當；低壓區位於大小興安嶺、察哈爾一帶，冷鋒由此向西南延伸至甘肅省中部一帶地區 (濕梅除此型態分布外，在印度及青康藏高原西南部一帶地區均為低壓帶)。

圖三(B)所示，EOF0 就是常梅 500MB 高度場平均值，海南島、兩廣、福建、台灣南部、巴士海峽及琉球群島均為太平洋高壓所控制；低壓區在大小興安嶺、察哈爾一帶，另一低壓在青康藏高原南部，短槽在安徽、江西省一帶地區。

(3) 常梅主要綜觀型態 (第一個固有向量)

第一個固有向量 (EOF1) 解釋了常梅 850MB 及 500MB 高度場總變異數的 30.7% 及 28.1%。其中 850MB 高度正距平相對最大值區出現在蒙古南部及寧夏省北部一帶，次大值區分別出現在新疆省南部及台灣南部、台灣南方海面

一帶地區(圖三(C)所示)。

500MB 高度正距平相對最大值區出現在山西、綏遠及黑龍江、合江一帶；高度負距平出現在青康藏高原西部及台灣地區、兩廣地區、海南島、越寮、巴基斯坦一帶地區(圖三(D)所示)。

(二) 乾梅之經驗正交函數特徵

(1) 第一個到第三個固有向量累積百分率佔總變動的 57.5%(850MB)、55.6%(500MB)；其中 EOF1: 30.0%、EOF2: 17.5%、EOF3: 10.0%(850MB)、EOF1: 28.7%、EOF2: 18.0%、EOF3: 8.9%(500MB)(表一)。

(2) 乾梅高度平均(第零個固有向量)

圖四(A)所示，EOF0 就是乾梅 850MB 高度場平均值，台灣地區及華南、華中區一帶均為太平洋高壓所控制，新疆省一帶的高壓勢力較太平洋高壓弱些；低壓區位於大小興安嶺、察哈爾一帶，冷鋒由此向西南延伸經綏遠、寧夏至甘肅省西北部，另一低壓區在西藏地方、印度、尼泊爾一帶地區(乾梅印度低壓之強度較濕梅印度低壓強，濕常梅之鋒面系統由大興安嶺向西南延伸至甘肅中部地區，但乾梅延伸至甘肅省西北部地區且太平洋高壓勢力強過新疆高壓勢力)。

圖四(B)所示，EOF0 就是乾梅 500MB 高度場平均值，海南島、華南地區、巴士海峽、東海及琉球群島均為太平洋高壓所控制；低壓區在黑龍江、槽線由此向西南延伸經遼北、渤海、河北、山西至陝西省境內(即槽線在華中以北地區)，另一低壓在西藏南方

及印度一帶地區。

(3) 乾梅主要綜觀型態(第一個固有向量)

第一個固有向量(EOF1)解釋了乾梅 850MB 及 500MB 高度場總變異數的 30.0% 及 28.7%。其中 850MB 高度正距平相對最大值區出現在蒙古地方、綏遠、寧夏及甘肅省一帶，台灣區為微弱正距平區；韓國、越南、印度一帶均為微弱負距平區(圖四(C)所示)。

500MB 高度正距平相對最大值區位於松江、吉林、安東、遼北及黑龍江省一帶；微弱負距平區位於蒙古西北部、新疆、寧夏、甘肅及青海省一帶(圖四(D)所示)。

四、結論

本文利用經驗正交函數分析台灣地區梅雨異常型式之合成，係針對台灣梅雨期(濕梅、正常梅雨、乾梅) 850MB 及 500MB 高度場空間分佈結構進行經驗正交函數分析。

在高度場方面，使用日本氣象廳歷史印刷天氣圖資料。在雨量方面使用中央氣象局北、中、南區六個代表性測站(台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄)之雨量及空軍各測站之雨量資料，分析台灣地區梅雨季雨量之年際變化(陳，1986)，以選擇濕梅、正常梅及乾梅(吉野正敏，1980)之個案，利用經驗正交函數分析梅雨期個案合成(表一)的高度場之空間結構，結果可歸納為以下數點：

(一) 濕梅主要綜觀型態：850MB 距平分布如圖二

(C)所示；500MB 則如圖二(D)所示。

(二) 濕梅 850MB 平均圖如圖二(A)所示；500MB 平均

圖如圖二(B)所示。

(白)常梅主要綜觀型態：850MB 距平分布如圖三(C)

所示；500MB 則如圖三(D)所示。

(四)常梅 850MB 平均圖如圖三(A)所示；500MB 平均圖如圖三(B)所示。

(五)乾梅主要綜觀型態：850MB 距平分布如圖四(C)所示；500MB 則如圖四(D)所示。

(六)乾梅 850MB 平均圖如圖四(A)所示；500MB 平均圖如圖四(B)所示。

(七)有顯示氣象要素空間分布特徵之能力。

(八)經驗正交函數分析是研究大氣環流與氣候型態之關係最有用的一種正交空間函數，亦為求大區域氣候變動指數的理想方式。

(九)經驗正交函數分析可將多變量的資料濃縮至三分之一左右，有精簡彙總之能力。

(十)經驗正交展開的固有向量分析的確能夠用來解釋原來觀測場之變異情形。

本研究針對梅雨期(濕梅、常梅、乾梅)850MB 及 500MB 高度場綜觀系統加以分析研判，在決定台灣梅雨期降雨量之多寡(濕梅、常梅、乾梅)扮演的綜觀氣候型態的角色上提供了一些了解。

參考文獻

1. 王時鼎，1970：論台灣之梅雨。氣象預報與分析第44期，P12~20。
2. 徐明同、紀水上，1974：台灣梅雨之分析。氣象學報 204, P25~44。
3. 陳泰然，1977：台灣梅雨平均結構之個案研究。大氣科學，第4期，38~47。
4. 紀水上，1978：台灣梅雨平均環流初步研究。大氣科學，5卷2期，17-3。
5. 陳正改、蔡清彥，1979：台灣地區梅雨系統

之降水特性及降水型式。台大大氣科學系研究報告 Mei-Yu003。

6. 陳泰然、紀水上，1980：台灣梅雨季中中幅度降水與中幅度低壓研究。大氣科學，第7期，39~48。
7. 蔡清彥、陳正改，1980：影響台灣北部地區之梅雨系統。大氣科學，第7期，49~58。
8. 劉廣英，1980：梅雨季中極端天氣預報之研究。研究報告 019 號，空軍氣象中心。
9. 廖學鎰、賴敏鳳，1984：中國地區異常梅雨之水汽收支分析。天氣分析與預報研討論文集編，279~288。
10. 馬汝安，1985：利用經驗正交函數分析亞洲區域冬季 500MB 高度場空間分布之研究。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文，99 頁。
11. 吉野正敏，1980：最近の中國にわける氣候變化の研究。天氣，Vol 27 No 8, 523~543。
12. 梁瑞禎、馬汝安，1986：經驗正交函數分析台灣地區梅雨異常型之個案與合成研究(一)。空軍氣象中心，研究報告 036 號。
13. 陳泰然，1986：台灣梅雨期不同尺度系統之診斷分析。台大大氣科學研究報告 NTUATM-1986-01，187 頁。
14. 梁瑞禎、馬汝安，1987：經驗正交函數分析台灣地區梅雨異常型之個案合成研究(二)。國科會 NSC76-0202-M072-01 研究報告。
15. Chiou, Er Woon, 1981: Eigenvector analysis of meteorological anomaly patterns in Taiwan. Bulletin of Geophysics, 22, 55~67.
16. Lyons, S. W. 1982: Empirical orthogon-

a1 function analysis of Hawaiian
rainfall. J. Appl. Meteor., 21,
1713~1729.

17. Paegle, J. N., and R. B. Haslam, 1982:

Statistical prediction of 500mb
height field using eigenvectors.
J. Appl. Meteor., 21, 127~138.

Composite Study of Mei-Yu Abnormal Pattern in Taiwan by using Empirical Orthogonal Function Analysis

Jui-Cheng Liang

Ruu-Ann Ma

Weather Wing C.A.F.

ABSTRACT

Composite study of Mei-Yu abnormal patterns in Taiwan area by using Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis was carried out.

In order to improve the Mei-Yu forecasting and correctly understand the atmospheric circulation and weather system is important. Rainfall data in Taiwan area were used to define and to choose the dry-Mei, wet-Mei and normal-Mei-Yu months.

We used the EOF analysis to find the relation between the circulation of abnormal Mei-Yu and synoptic weather patterns, then, present it in the form of percentage and weather charts.

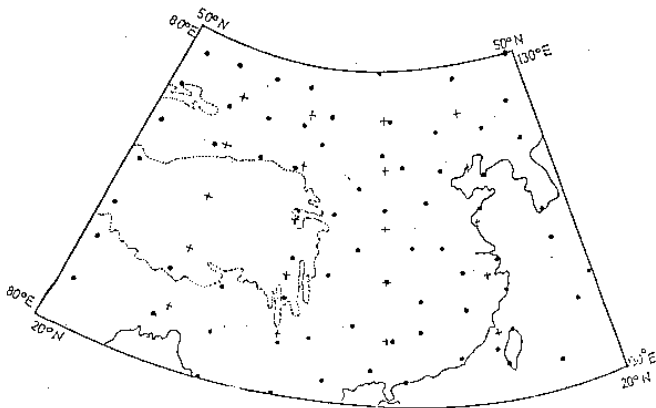
The data were chosen from the 1200Z 850MB and 500MB height field in the region of 20~50°N, 80~130°E during Mei-Yu period (May-June) from 1975 to 1984.

The result shows that:

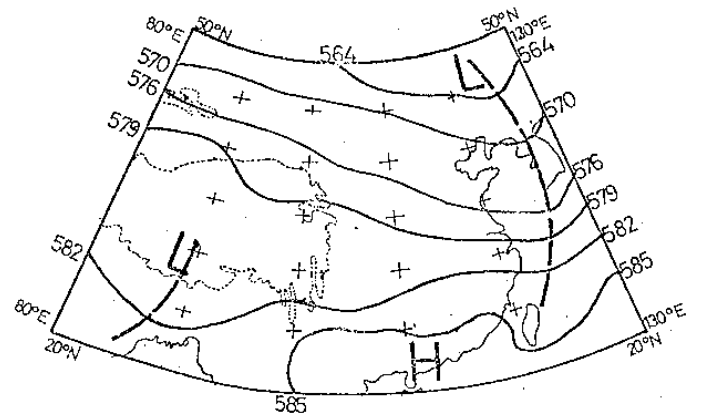
- (1) use the EOF analysis could condense the data effectively.
- (2) the 850MB and 500MB spatial distribution of synoptic climate patterns during Mei-Yu period could be described by the corresponding dominate principal components.
- (3) Mei-Yu abnormal patterns (wet-Mei, dry-Mei and normal-Mei-Yu synoptic weather patterns) in Taiwan area could be described by the EOF.

表一、梅雨（濕梅、常梅、乾梅）與經驗正交函數百分率表。
（1975~1984年）

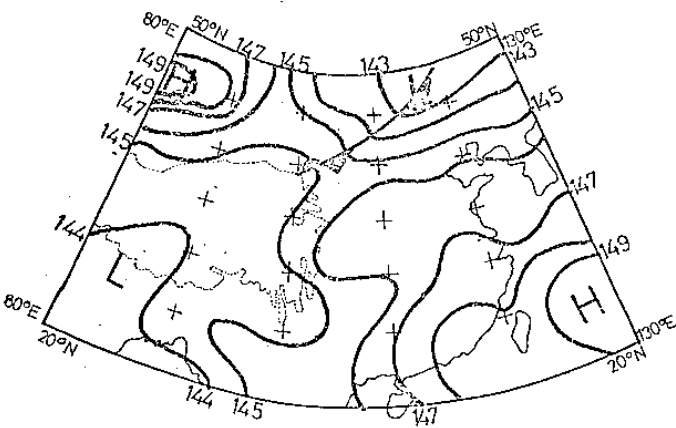
梅雨分類		濕 梅			常 梅		乾 梅	
		1975	1977	1979	1976	1981	1978	1980
EOF 年	百分率	1982	1983	1984				
850 MB	E1	34.0%			30.7%		30.0%	
	E2	11.9%			14.1%		17.5%	
	E3	9.2%			9.8%		10.0%	
累 積 率		55.1%			54.6%		57.5%	
500 MB	E1	27.5%			28.1%		28.7%	
	E2	12.4%			18.2%		18.0%	
	E3	9.6%			8.8%		8.9%	
累 積 率		49.5%			55.1%		55.6%	



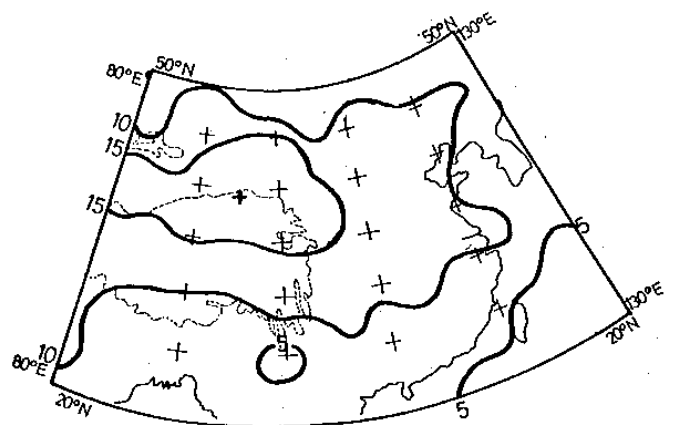
圖一、測站位置分布圖。



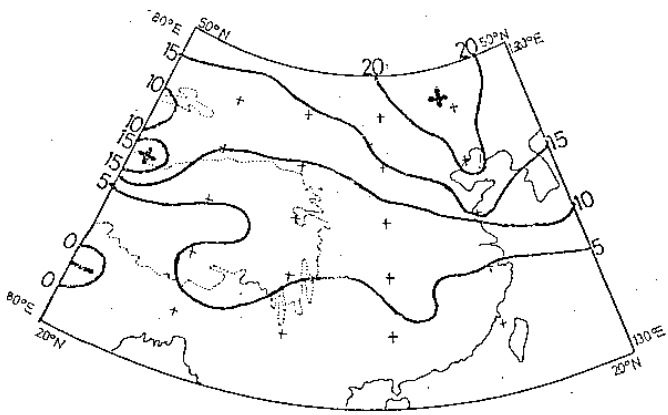
圖二(B)、濕梅 500MB 平均圖。



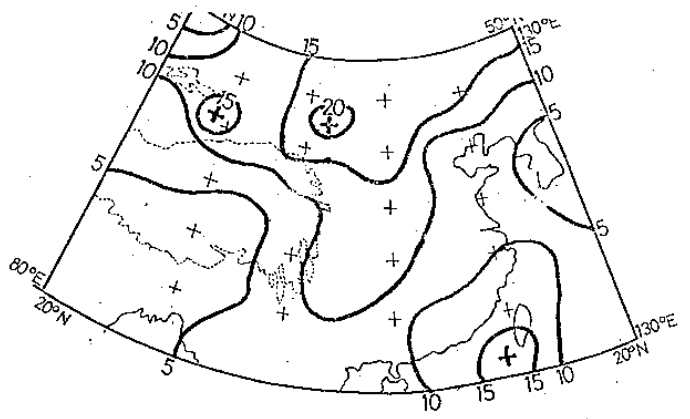
圖二(A)、濕梅 850MB 平均圖。



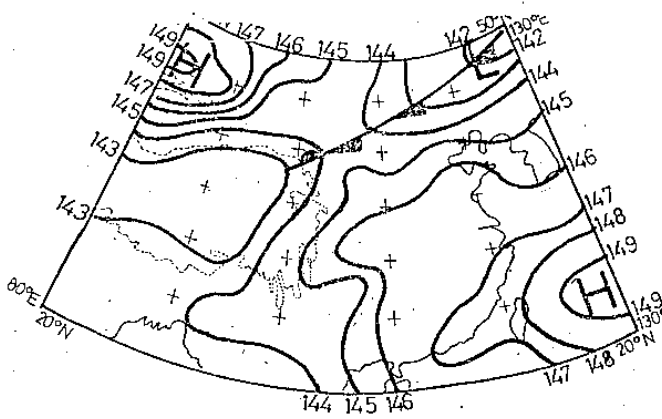
圖二(C)、濕梅 850MB 之第一個 EOF 分布圖。



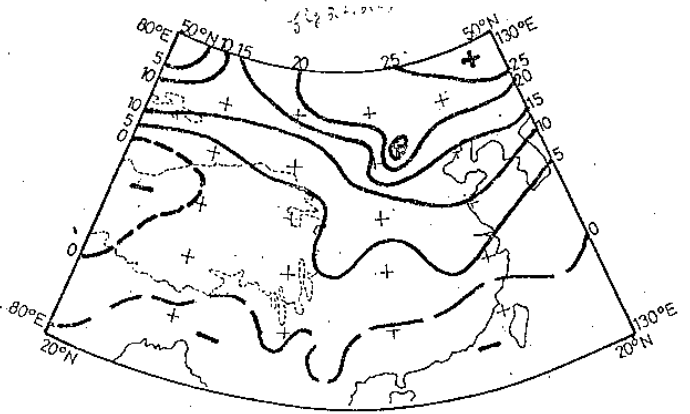
圖二(D)、濕梅 500MB 之第一個 EOF 分布圖。



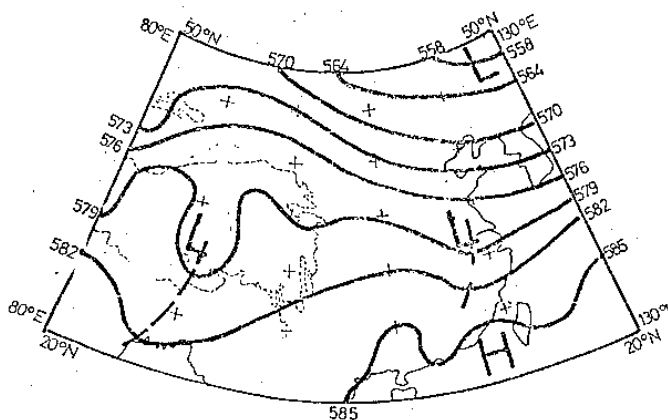
圖三(C)、常梅 850MB 之第一個 EOF 分布圖。



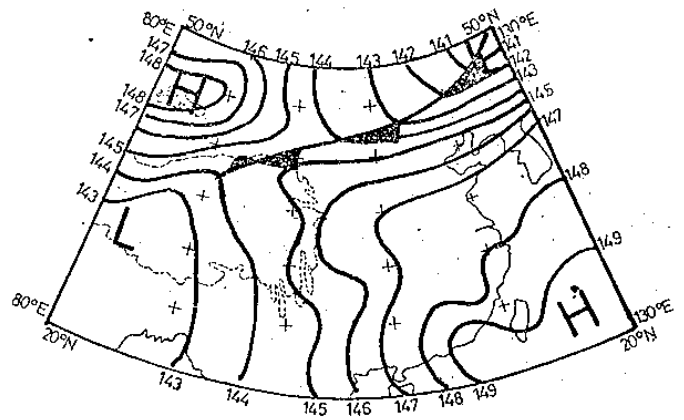
圖三(A)、常梅 850MB 平均圖。



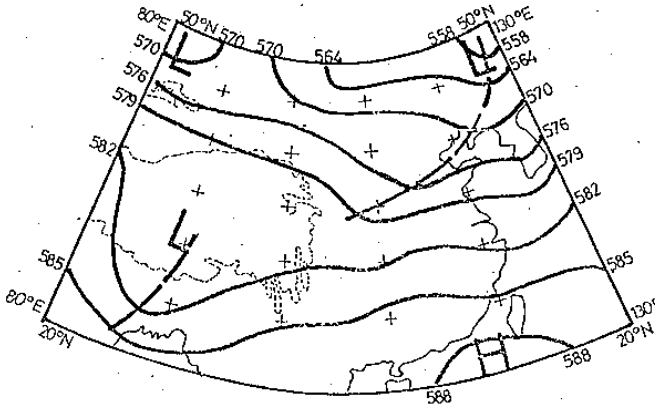
圖三(D)、常梅 500MB 之第一個 EOF 分布圖。



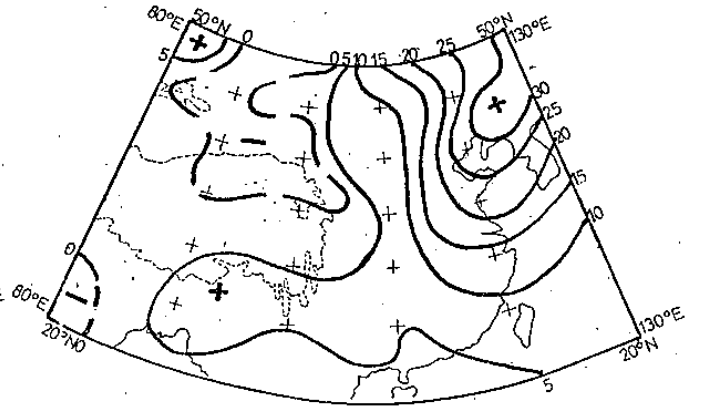
圖三(B)、常梅 500MB 平均圖。



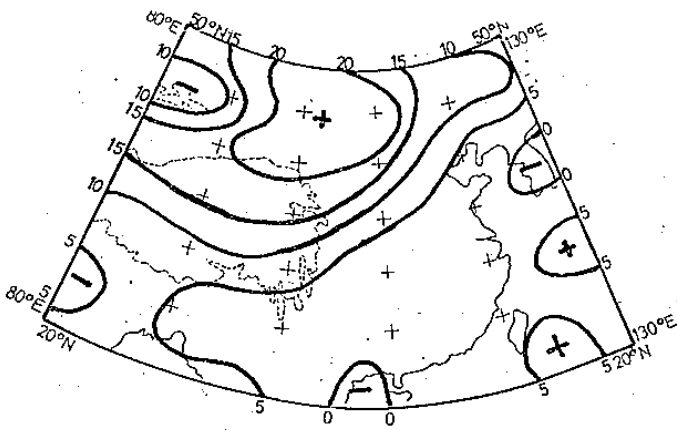
圖四(A)、乾梅 850MB 平均圖。



圖四(B)、乾梅 500MB 平均圖。



圖四(D)、乾梅 500MB 之第一個 EOF 分布圖。



圖四(C)、乾梅 850MB 之第一個 EOF 分布圖。