

中國地區豪雨期之水汽收支研究

廖 學 鎰 洪 世 家

國立中央大學大氣物理系

(中華民國七十五年二月廿八日收件)

摘 要

根據1980年至1983年中國主要水災調查，中國豪雨主要發生在華南及華中地區的春夏期間。豪雨產生的結構可以分為三類：即中尺度對流系統引起之豪雨，中尺度擾動產生之豪雨以及長期連續性之霪雨等三類，對於各類各選擇一個案，計算其水汽之收支，配合對流層中層天氣系統及平流層下層環流型態討論引起豪雨之物理結構。

一、前 言

研究大氣的水份平衡通常有氣文法 (Aerological Method) 和水文法 (Hydrological Method) 二種方法。晚近，大氣環流論的進步及高空資料的廣泛使用，許多學者採用氣文法研究大氣各種時間和空間幅度的水汽變動已成趨勢。

有關北半球廣範圍的水汽收支和水汽沈源分佈，主要研究計有 Starr and Peixoto (1958)，Starr, Peixoto and Crisi (1965)，Kubota (1971)，Asakura (1971) 等。而關於水汽輸送或水汽來源與大氣環流場的關係及其季節變化，計有 Benton and Estoque (1954)，Murakami (1959)，Asakura (1971)，Neyama (1971)，Akiyama (1975)，Ninomiya (1972)，Huany and Vincent (1982) 以及廖、賴 (1984 a. b) 等研究。

有關東亞地區大規模風系與水汽收支研究，主要著重於日本地區梅雨季之水汽輸送問題及梅雨期間豪雨區之水汽收支分析，計有 Murakami (1959)，Saito (1966)，Akiyama (1975)，Matsumoto, Ninomiya and Yoskizumi (1971)，

Asakura (1971)，Murakami and Huang (1984) 等研究。中國地區之水汽輸送與來源問題及水汽收支研究，廖、賴 (1984 a. b) 著重於標準值及季節變化之探討，以及和各種特異天候之關係。

近年來由於世界氣候變動的關係，異常天候有頻繁發生的趨勢。水汽分佈之異常變動，常會引起乾旱或水災之氣象災害。氣象災害之防範，是迫切需要解決之問題。

根據1980年至1983年中國主要水災列入表一。由表中可看出，中國之豪雨主要發生在華南及華中，其發生季節主要在春夏期。根據 Nakanishi (1972)，Neyama (1972) 及 Yeh and Kao (1979) 之研究，春夏期為平流層下層西藏高壓之發展期，因此豪雨等之異常天候產生與平流層下層環流有密切關係。

由天氣型態分析，中國地區豪雨產生之結構有三類：(一)中尺度對流系統引起之豪雨，(二)中尺度擾動產生之豪雨，(三)長期連續性之霪雨。對於各類各選擇一個案，計算其水汽之收支，配合對流層中層天氣系統及平流層下層環流型態討論引起豪雨之物理結構。

表一 1980 年至 1983 年中國主要水災災害表

日 期	發 生 區 域	水 災 情 況	豪 雨 型 態
一九八〇年 四月廿一日 至 四月廿五日	廣 東 省	全省降雨量平均達二、三百公厘，尤以紫金縣最多，五天之內雨量達五百六十多公厘，全省有四百二十多萬畝農田受淹，一萬四千多畝農田被沙石埋沒。	華南之中尺度低壓伴生之豪雨
一九八〇年六月二十一日至二十五日	河 南 省	六月廿三日至廿四日降雨量達三百公厘，全省河川水系均發生嚴重洪水災害，受害農作物超過八百萬畝，死亡廿三人受傷八百五十六人。	中尺度低壓引起之豪雨
	安 徽 省	江淮一帶降雨量達兩百至三百公厘，拆除大小溝壩二萬一千五百多條，受澇農田達六百三十多萬畝。	
	江 蘇 省	沂沐泗河流域，淮河流域，里下河地區和太湖諸水系暴漲，出現特大洪澇災害。	
	湖 南 省	出現特大洪水，沿河各地農田受澇，大批房屋倒塌，常德地區受淹農田達一百一十多萬畝。	
	湖 北 省	在荊州、孝感、咸寧、黃岡等地區大批農田受澇。	
一九八一年四月三日至七日	江 西 省	自三月下旬以後全省連降暴雨，贛中、贛南各縣雨量之大，洪峰之猛為三十年來所僅見，上千村莊和幾十萬畝農田受淹。	長期連續性之霪雨
	湖 南 省	湘江沿岸衡東普降暴雨，沿河十六個公社三百三十多個生產隊遭洪水侵襲。	
	浙 江 省	麗水縣發生暴雨山洪，兩萬五千多畝農田受損。	
	江 蘇 省	啓東縣遭暴雨侵襲，小麥、棉花均受到嚴重損害。	
	福 建 省	閩北連降暴雨，閩江出現三十年來最大洪峰，閩侯縣有六千多萬畝稻田受澇。	
	廣 東 省	西江、北江、東江和韓江水位暴漲，洪水泛濫堤防被水沖毀。	
一九八一年 六月下旬至 七月初	黑 龍 江 省	全省自西向東大面積降雨，大都縣市均遭暴雨襲擊受淹農田面積達四百多萬畝，不少地方公路，森林鐵路、橋涵、房屋和通訊設施均被沖毀，有的地方人員失蹤。	低氣壓性豪雨
一九八一年五月九日至十一日	廣 東 省	珠海市暴雨成災，一百多戶農民住屋被毀。陽江縣沖毀堤圍十處，死亡十八人，沉船四十二艘，淹沒稻田十二萬畝，民房大量倒塌。	中尺度對流性降雨
	廣 西 省	許多縣份在一兩天之內降雨兩百公厘到三百公厘，橫山降雨量達六百九十六公厘，水災造成嚴重損害。	

續表一

一九八一年七月九日至十五日	四川省	省內一百二十多縣普降暴雨，降雨量在二百公厘以上，有的高達四百七十多公厘，造成山洪暴發，長江河堤均崩潰，縣城進水達一公尺至五公尺，縣級以上被淹五十一個，一千多萬農戶人口受災，淹沒房屋兩百二十三萬多間，受災農作物一千萬多畝，七百五十人死亡，五百五十八人失蹤，二萬八千一百四十多人受傷，八十條公路被沖斷，損失共人民幣二十億。	對流性豪雨
一九八一年八月十四日	陝西省	全省三十三個縣市一百廿六萬人遭災。七百六十四人死亡，五千多人受傷，淹死牲畜八千多頭，倒塌房屋三十二萬二千多間，有兩百三十個村莊被洪水沖毀，一百五十萬農田被毀，三百多萬畝農田受災，一百二十六個工礦企業停工。	河套對流性豪雨
一九八一年九月廿七日至十月八日	廣東省	兩次暴雨，有十四個縣降雨量在五百公厘以上，暴雨使江河水位暴漲，堤圍決口，山洪爆發，災區廣達四萬三千多平方公里，受淹農田面積兩百五十多萬畝，淹沒村莊兩千三百八十二個，災民三十多萬人。	華南之對流性豪雨
一九八二年五月九日至十三日	廣西省	桂林地區和梧州地區連降暴雨，其中藤縣降雨量達六百公厘，農作物受淹三十八萬畝，死傷四百人。	華南之對流性豪雨
	廣東省	韶關地區和肇慶地區連續暴雨，死亡四百三十多人，廣漢鐵路廣州英德段三十餘公里路基被沖毀。	
	福建省	連降暴雨，大片農田受淹，道路沖毀，有人畜傷亡。	
	河南省	柳州地區連降暴雨，大片稻田受淹。	
一九八二年六月十一日至十八日	江西省	贛東、贛中和贛西地區連降暴雨有三十一個縣降雨量達一百公厘以上，全省有三百多萬畝稻田和經濟作物受淹，公路交通亦部份中斷。	華中地區之連續性霪雨
	湖南省	湘中與湘北山丘地區又降暴雨，沖毀了小型水利設施，決堤，倒壩，垮塘，農田受淹，房屋倒塌，部份地區的水稻和棉花亦遭到嚴重損害。	
	浙江省	錢塘江、新安江上游連降暴雨，許多區域發生嚴重水災，麗水地區之甌江上游降雨量超過兩百公厘至三百公厘，農作物受淹七萬多畝。	
	福建省	閩北、閩東連降暴雨，山洪暴發，全省多處遭水害，鷹夏鐵路嚴重塌方，交通中斷，另有交通公路遭洪水襲擊百分之九十交通中斷。	
一九八二年六月十九日至二十一日	湖北省	降雨量達兩百多公厘，約於全年之三分之一，黃岡、荊州、孝感、宜昌、咸寧出現嚴重水災，農作物受淹若干地區積水深達兩公尺，交通癱瘓。	華中地區之連續性霪雨
	安徽省	六月二十日遭洪水襲擊，徽州地區，屯溪市水災損失嚴重	

續表一

一九八二年五月下旬	貴 州 省	赤水縣狂風暴雨，七小時內降雨一百餘公厘，山洪暴發，沖毀農田，房屋倒塌，山塘被毀，道路坍方。	對流性豪雨
一九八一年九月上旬	甘 肅 省	黃河蘭州段出現一九六七年來最大洪峰，低窪地區積水，黃河流經的兩岸農田受淹，農作物受損，部分水利設施受損。	對流性豪雨
	寧 夏 省	黃河兩岸低窪農田受淹，村莊被水圍困，護岸工程被破壞，渡口交通中斷。	
一九八〇年六月至八月	青 海 省	入夏後，大部分地區遭到嚴重水災，大通縣發生洪水災害，受災農田面積三十餘萬畝。	長期連續性之霪雨
	新 疆 省	入夏後，吐魯番、烏蘇、婁羌縣發生歷史上罕見之暴雨與洪水。	
一九八三年七月九日至十三日	江 西 省	洞庭、鄱陽區連降暴雨，水位暴漲，長堤潰決。	華中、華南長期連續性豪雨
	湖 南 省	津市果園壩和澧縣七里湖的堤壩潰決，淹沒常德地區75萬多畝農田，平江、汨羅兩縣有萬多人被水圍困。	
	廣 西 省	柳州、梧州兩市被大水圍困，造成百年未見的大水患，受災人口約200萬，房屋倒塌4800多間，農田被淹沒150多萬畝，工礦企業設備及停產損失達1億人民幣。	
一九八三年十月十七日	湖 北 省	漢江流域普降大雨和暴雨，水位暴漲，出現洪峯達十天之久，損失情況不明。	湖北中尺度低壓引起之豪雨

二、水汽平衡之計算方法

假設地面垂直風速為零，且500mb以上水汽含量很小可忽略不計，若 q 、 \vec{V} 、 E 及 P 分別代表混合比，水平風速分量，蒸發量及降水量，且令

$$Q = \frac{1}{g} \int_{500}^{P_0} q \, dp \quad \text{及水汽輸送} \quad \vec{F} = \frac{1}{g} \int_{500}^{P_0} \vec{V} q \, dp$$

則水汽平衡方程式可寫為

$$\frac{\partial}{\partial t} Q + \nabla \cdot \vec{F} = E - P$$

(a) (b) (c) (d)

包含可降水量時間變化項(a)，水汽水平輻散項(b)，蒸發量(c)及降水量(d)四項達成平衡。

我們採用每日一次(12Z)中國主要探空測站之資料計算(a)，(b)；在可降水量時間變化量之計算上，我們計算前一天12Z至當天12Z的24小時 Q 值之變化量；水汽水平輻散量則以當日12Z之資料計算。根據 $\partial Q / \partial t$ 與 $\nabla \cdot \vec{F}$ 之和的結果，與當日之日降水量比較是否相符。

水汽輸送之整個水汽柱之積分數值的計算，在850mb以上各層間採用梯形近似算法計算，而測站地面至850mb間則以850mb層之值等值外插計算。

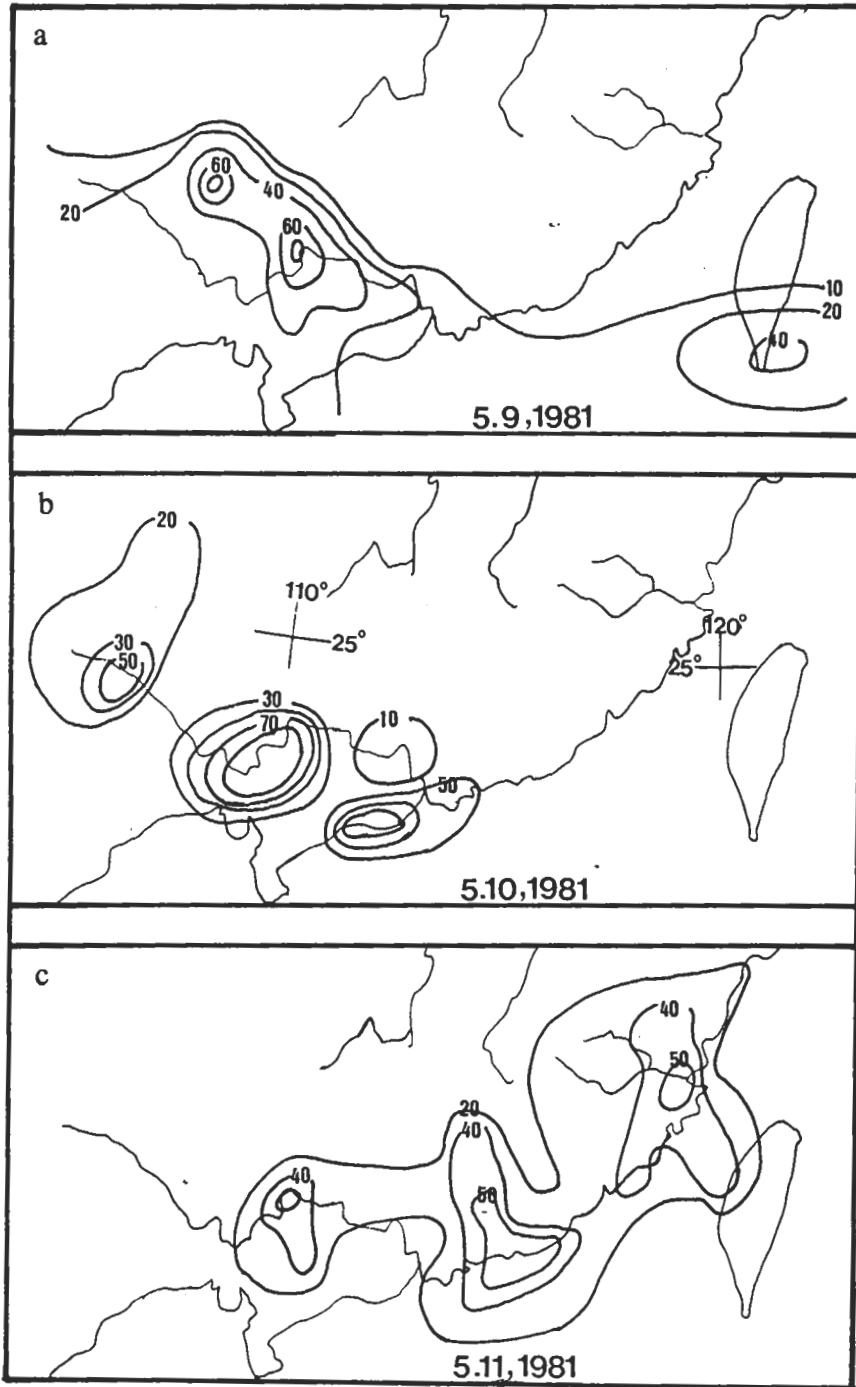
此外我們還可以日本氣象廳出版之東亞天氣圖，以及北半球地面、500mb、100mb五日平均及月平均天氣圖作為基本資料，作分析使用。

三、1981年5月9日至11日止華南對流

性豪雨之個案分析

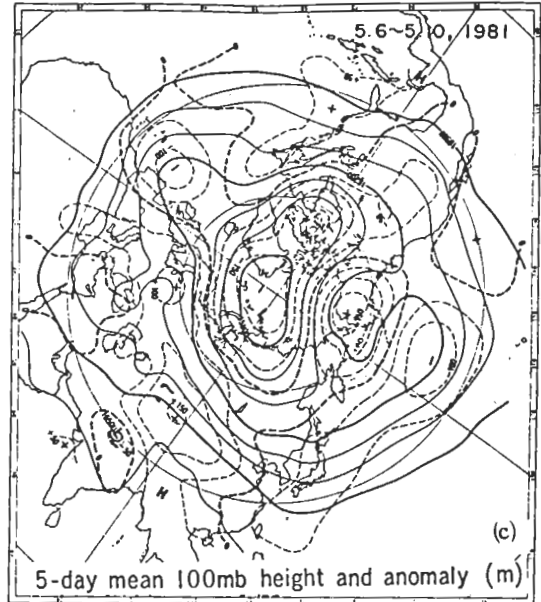
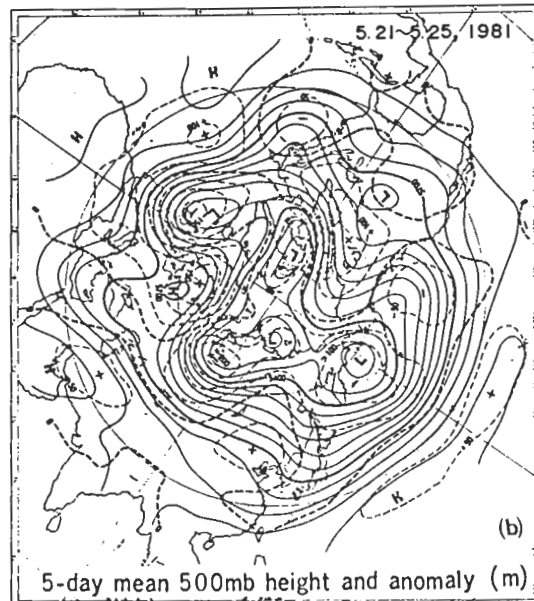
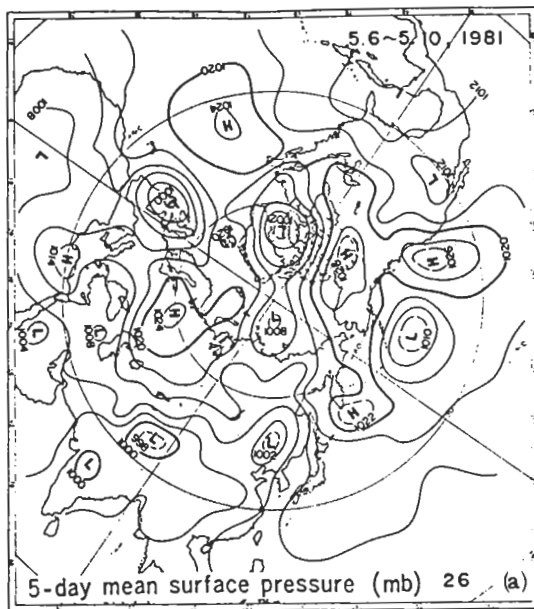
(一)天氣型態分析

圖一所示為1981年5月9日至13日之華南豪雨分佈圖，雨量最多發生在5月10日，最多日雨量出現在廣東陽江，達283mm。



圖一 1981年5月9日至11日華南豪雨逐日雨量分佈圖

為瞭解引起此次豪雨的結構，圖二列入地面，500 mb 及 100mb 之五日平均北半球天氣圖。從地面及 500mb 天氣圖中可看出，當時對流層環流狀態使東亞區域副熱帶高壓異常發展，並向西延伸，而在中國東北地區至華南有明顯的低壓槽生成，因而引起副熱帶高壓西方的南海高溫多濕的南風以及印度洋的西南風在廣西附近輻合，引起中尺度對流系統在該地區之發展。因此太平洋副熱帶高壓的發展與西進，可以說是引起豪雨的作用中心 (center of act-



圖二 1981年5月6日至10日五日平均天氣圖
(a)地面 (b) 500mb (c) 100mb

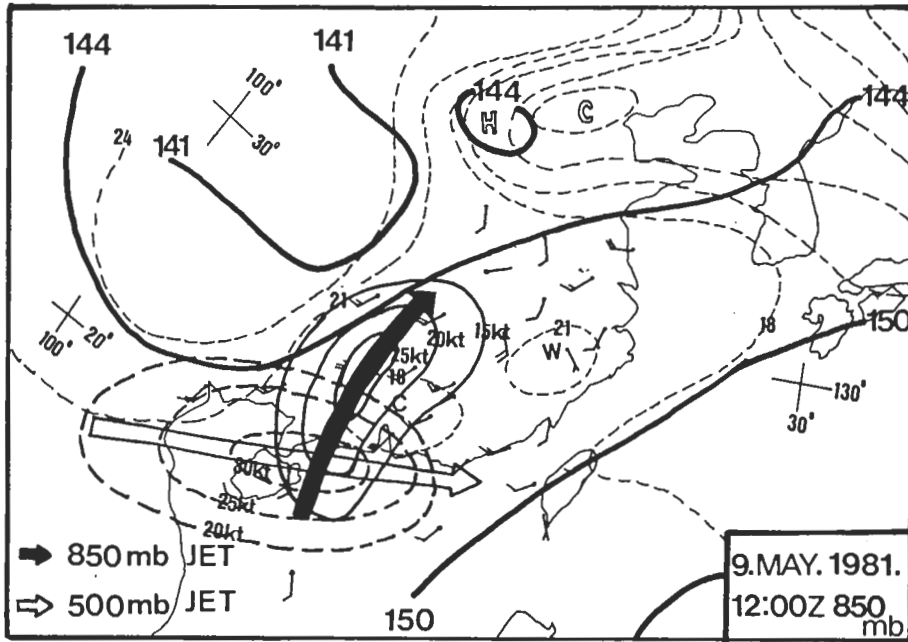
ion)。在對流層的這種變化與平流層之 100mb 面環流有密切關係。當時在 100mb 面上西藏高壓開始發展，在西藏高原上空，顯示有明顯的正距平區，此正距平區的距平風輻散，在東亞區中緯度區產生明顯的下降氣流，培養副熱帶高壓的發展與西進。

(二) 低空噴流分析

5月9日豪雨開始時，在圖三中可明顯看出有低層噴流的生成。同時可以看出，低層噴流有明顯的非地轉性存在，此非地轉性將引起次環流的產生，引起中尺度對流系統的發展。而低層噴流與高層噴流相比較，可以看出，豪雨正好發生在此兩噴流的交叉點上。

(三) 水汽收支分析

計算5月9日至11日的水汽收支列入圖四及表二，圖中粗數目字表示計算水汽輻合量之三角形面積，框內數字為該三角形的水汽輸送量，箭頭表示各測站的水汽輸送向量。該圖可明顯看出，5月9日豪雨發生時在2、3、4區有顯著的水汽輻合，其量分別達到2864、1007、1964 ($\times 10^{-7} \text{g cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$)，與該日之豪雨發生區域符合。此種水汽的輻合有幫助中尺度對流系統之發展。此水汽



圖三 1981年5月9日12Z天氣圖及噴流位置圖

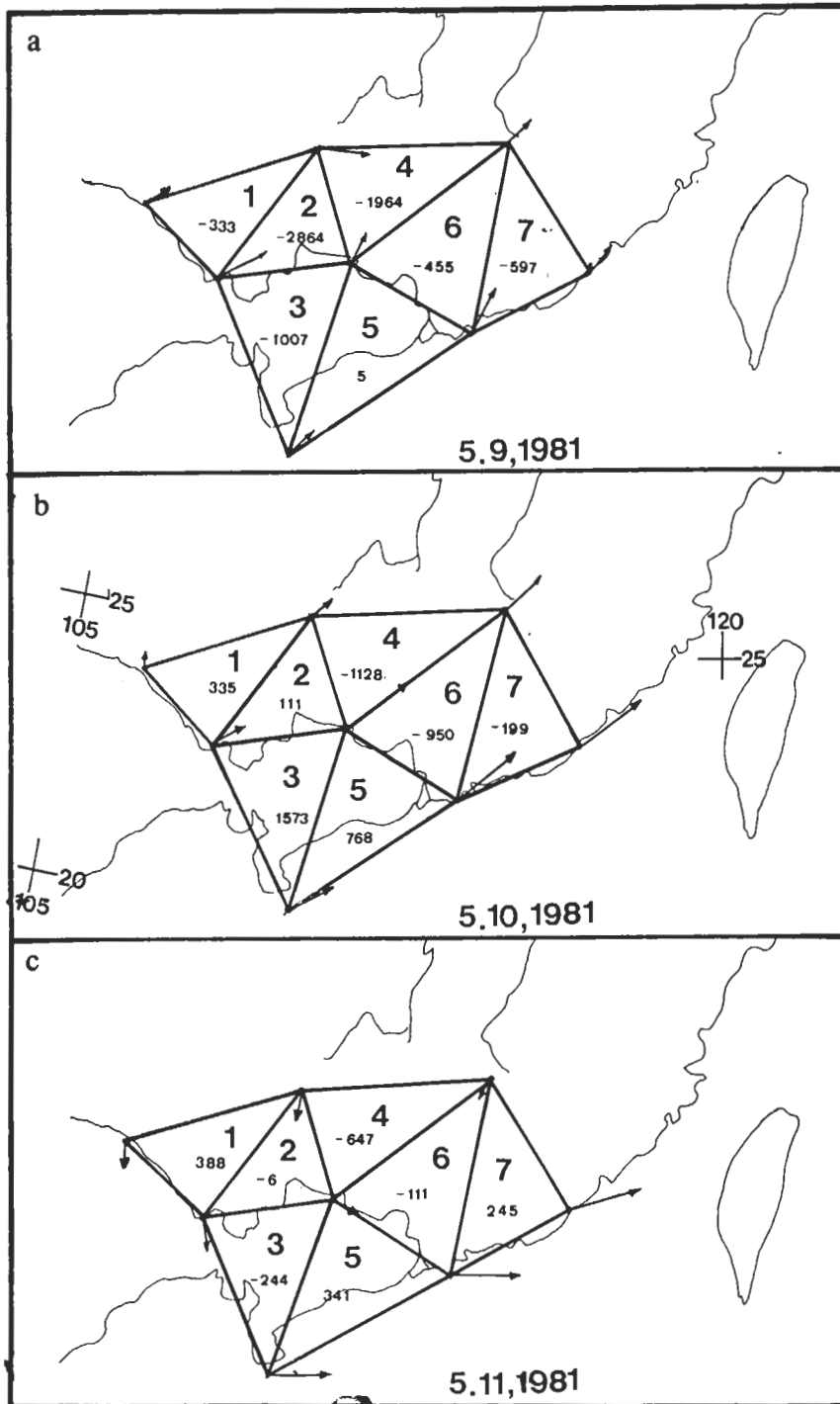
表二 1981年5月9日至11日豪雨水汽收支表(單位： $10^{-7} \text{ g cm}^{-2} \text{ S}^{-1}$)

考察三角形區域見圖四。E-P值由 $\frac{\partial Q}{\partial t}$ 與 $\nabla \cdot \vec{F}$ 之和算出。

考察區域	5月九日			5月十日			5月十一日		
	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P
1	53.4	-332.6	-279.2	13.9	334.7	348.6	-30.5	388.2	357.7
2	57.1	-2864.3	-2807.2	16.0	110.5	126.5	-13.3	-5.7	-19.0
3	44.2	-1006.6	-962.4	40.5	1572.5	1613.0	-20.4	-243.9	-264.3
4	99.7	-1963.7	-1864.0	19.6	-1128.3	-1108.7	37.8	-647.1	-609.3
5	48.2	5.0	53.2	4.9	767.7	816.7	1.4	340.5	341.9
6	112.3	-445.8	-343.5	73.5	-945.9	-872.4	34.9	-110.9	-76.0
7	111.8	-579.3	-467.5	-48.2	-199.3	-151.1	78.2	244.4	322.6

輻合區緩慢向東移動，逐漸離開豪雨區至10日到達4、6、7區，同時其水汽輻合量減少至一半以下，而豪雨區完全在多濕的西南氣流中，有充分的水汽供應中尺度對流系的維持，該時為豪雨最多的時刻。至11日，由於水汽的供應明顯減弱，因而中尺度對流系統逐漸衰減。豪雨因而中止。為明瞭此期間水汽收支的關係，表二中顯示5月9日至11日之水汽收支關係，表中可以看出，水汽輻合量，

蒸發量與降水量有明顯的相符關係。即有明顯的輻合區E-P值亦有增大的趨勢。而固定點可降水量的變化趨勢 $\frac{\partial Q}{\partial t}$ 比較水汽輻合量小，大約為其量的十分之一，通常在中尺度對流系生成時，亦即豪雨開始時， $\frac{\partial Q}{\partial t}$ 值最大，其後有逐漸減少的趨勢。此種現象表示，對中尺度對流系之生成有其發生作用。



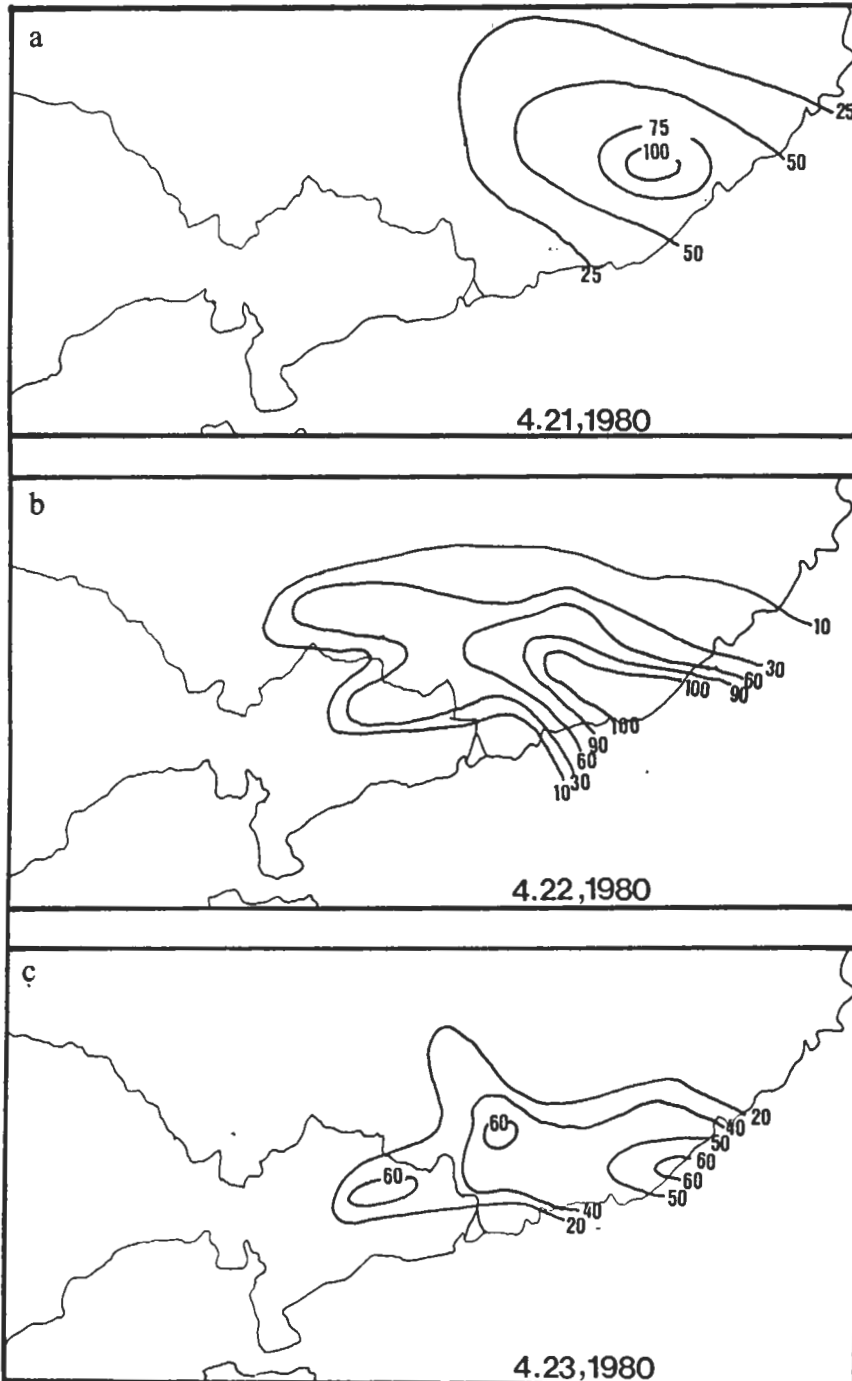
圖四 1981年5月9日至11日水汽收支圖，粗數目字為所選取之三角形區域，細數目字為三角形內之水汽水平輻合量 $\nabla \cdot \vec{F}$ ，箭頭表示測站上之水汽輸送向量 \vec{F} 。

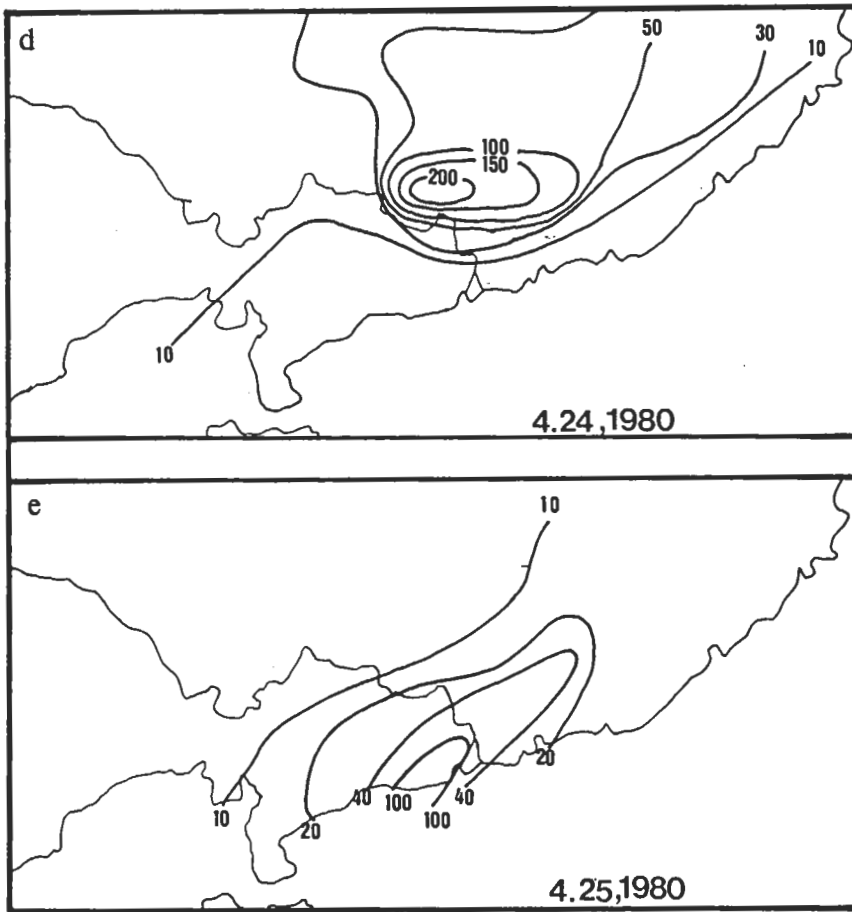
四、1980年4月21日至25日華南中尺度擾動引起之豪雨個案分析

(一)天氣型態分析

圖五所示為1980年4月21日至25日之逐日

雨量圖。廣東之韶關、惠陽、梅縣、汕頭等地區連降暴雨，引起山洪暴發，河水猛漲，五日內降水量達300公厘以上者有十縣，200至300公厘者有十八縣，100至200公厘者有二十四縣，其中紫金縣五日內雨量達560多公厘。全省四百二十多萬畝





圖五 1980年4月21日至25日華南豪雨逐日雨量分布圖(單位: mm)

農田受淹，一萬四千多畝農田被沙石埋沒。水圳、堤圍、橋樑受損甚多。以日雨量而言，4月21日在廣寧有最大降雨量達210公厘。

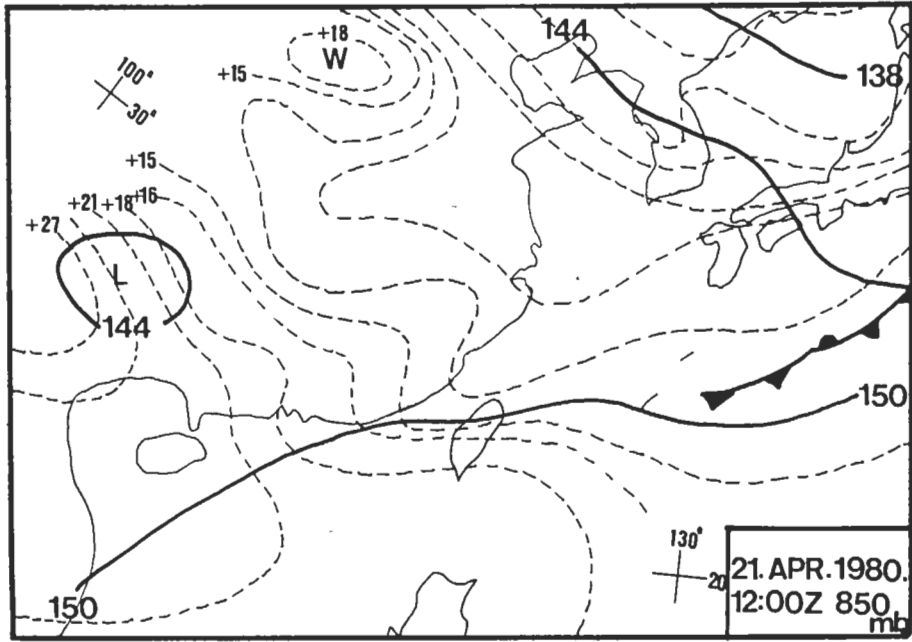
4月20日晨，極鋒通過華南，極鋒後之移動性高壓在該日晚上進入東海，向東移動，此高壓環流，引進南海及印度洋的高溫高濕空氣侵入華南，因此極鋒尾端在華南滯留，至21日在華南產生中尺度擾動，在此中尺度低壓前面產生豪雨，此中尺度低壓滯留在華南，豪雨滯留在廣東東部與福建交界處。24日至25日移動性高壓移進華中及東海後，壓制此中尺度低壓系統向南移動而逐漸消失，而中止此次豪雨。

我們接著探討此中尺度低壓之結構。圖六為4月21日12Z 850mb及500mb面天氣圖。此時中

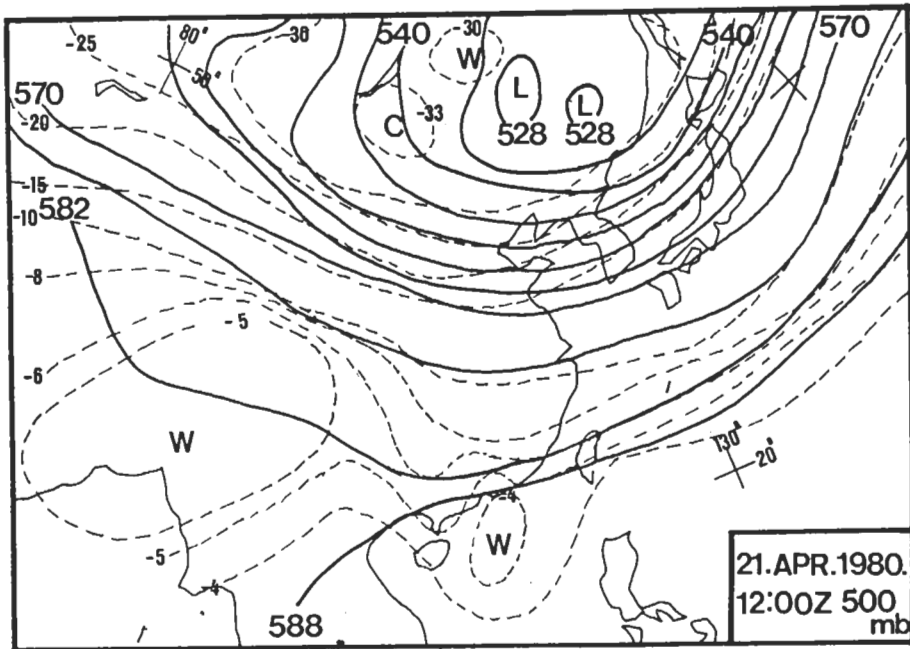
尺度低壓位於江西南部，我們可以明顯看出在此低壓西側為一暖空氣帶，其東側為一冷空氣帶。此種低壓後為暖空氣，前面為冷空氣之結構與一般綜觀尺度低壓之前暖後冷完全不同。豪雨正好發生在此中尺度低壓前面。在500mb面天氣圖中可以看出顯著的暖區，此種現象係引起豪雨之塔狀積雲中之潛熱釋出所引起。

(二) 低空噴流分析

圖七為4月21日12Z低層噴流與高層噴流的位置圖。此時低層噴流位於廣東南部上空，500mb高層噴流位於低層噴流略北的江西，廣東交界上空，二者近乎重疊。因此4月21日至25日豪雨滯留在廣東省境內。此與前一個案對流性豪雨發生在高、低層噴流交叉點之情形不同。

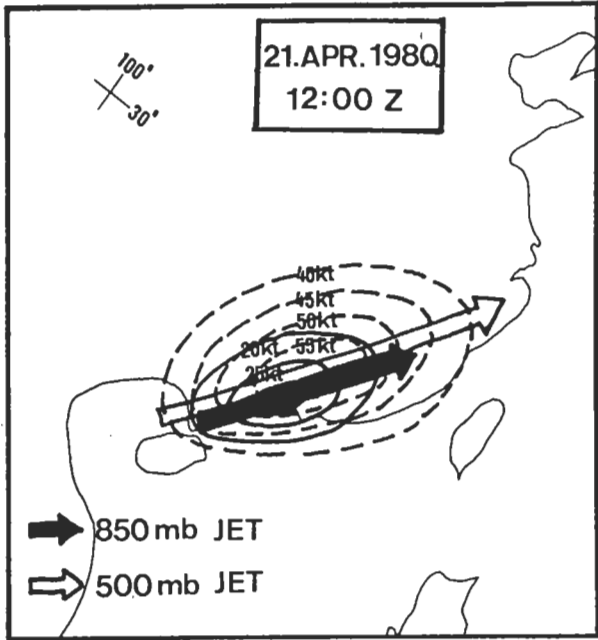


(a)



(b)

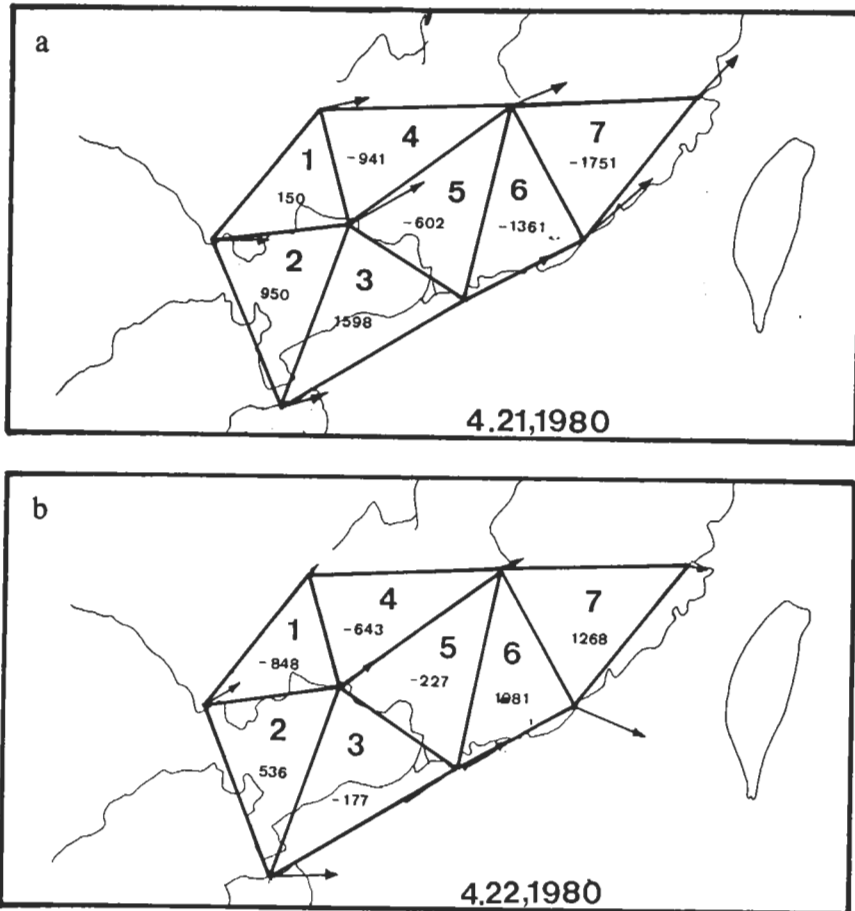
圖六 1980年4月21日12Z天氣圖 (a) 850mb (b) 500mb

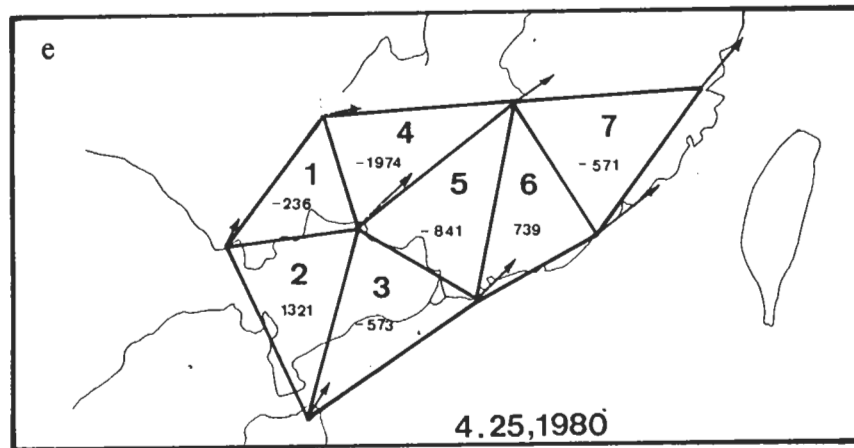
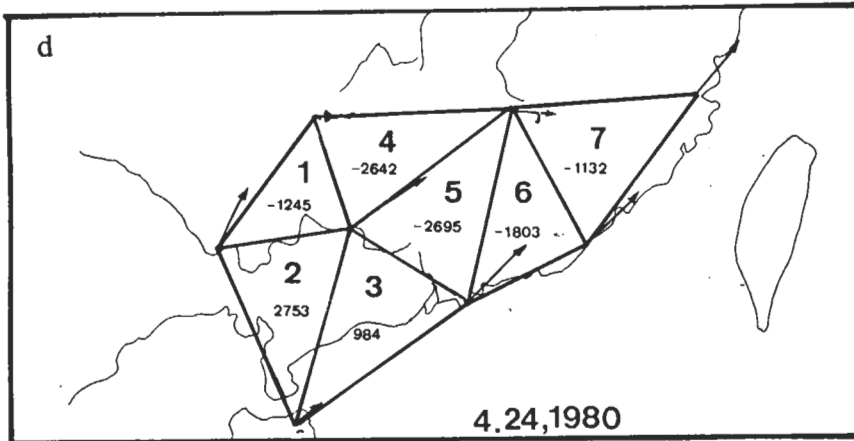
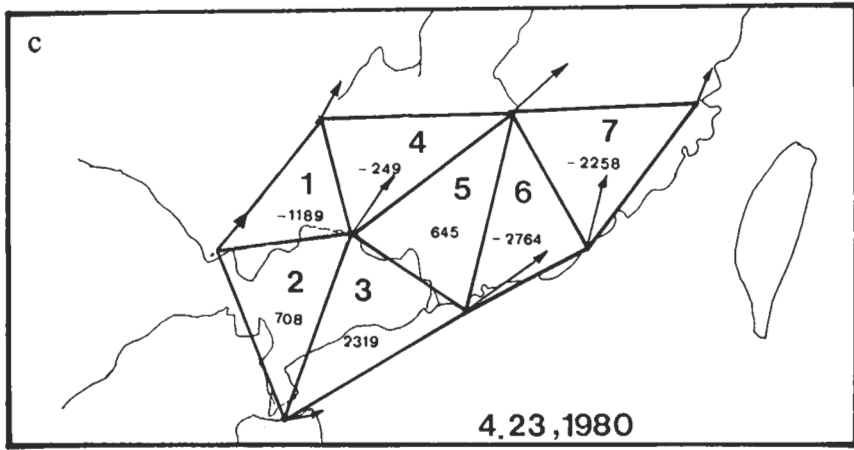


(三)水汽收支分佈

圖八及表三為4月21日至25日之水汽收支情形，21日豪雨開始時，4、5、6、7區有水汽之輻合，尤以6、7區分別達到1361以及1751($\times 10^{-7} \text{ g cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$)為最大，此與生成豪雨區域完全符合。此種狀態繼續至24日，此時強降雨區之4、5兩區分別有2642及2695之水汽輻合。此豪雨期間水汽之來源為西南方印度洋之溫濕空氣，此種多量水汽輸送至25日逐漸減少，引起水汽供應不足，豪雨逐漸消失。

圖七 1980年4月21日12Z 500mb與850mb噴流位置圖





圖八 1980年4月21日至25日水汽收支圖(說明同圖四)

表三 1980年5月21日至25日豪雨時水汽收支表(單位: $10^{-7} \text{ g cm}^{-2} \text{ S}^{-1}$)
考察三角形區域見圖八

考察 區域	5月21日			5月22日			5月23日		
	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P
1	112.1	150.2	262.3	5.8	-848.5	-854.3	35.4	-1188.7	-1153.3
2	20.4	949.8	970.2	85.5	536.2	621.7	-20.9	707.6	686.7
3	-35.4	1598.1	1562.7	-37.9	-176.8	-138.9	7.1	2318.6	2325.7
4	77.5	-940.9	-863.4	-18.0	-643.4	-661.4	58.0	-249.1	-191.1
5	19.5	-601.9	-582.4	1.3	-227.3	-226.0	61.6	645.0	706.6
6	29.1	-1361.0	-1331.9	-47.4	1081.2	1033.8	87.4	-2763.5	-2676.1
7	6.0	-1751.4	-1745.4	-10.1	1268.3	1258.2	41.7	-2258.3	-2216.6

考察 區域	5月24日			5月25日		
	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P
1	-20.7	-1245.3	-1266.0	-150.4	-235.7	-386.1
2	-1.8	2753.1	2751.3	48.3	1321.2	1272.9
3	-77.8	983.5	905.7	52.4	572.9	625.3
4	-52.1	-2642.1	-2694.2	-94.6	-1973.6	-2088.2
5	-61.5	-2694.8	-2756.3	-64.2	-841.2	-905.4
6	-83.5	-1802.5	-1886.0	-59.5	739.4	679.9
7	-8.3	-1131.6	-1139.9	-77.1	-570.8	-647.9

五、1981年4月3日至7日閩、贛、

浙等省長期連續性暴雨之個案分析

(一)天氣型態分析

1981年3、4月間，我國華南地區連降暴雨，華南各省均發生嚴重水災。其中以三月下旬至四月上旬在江西、福建之連續性降水，造成贛江流域及閩江三十年來最大之洪峯，造成重大災害。

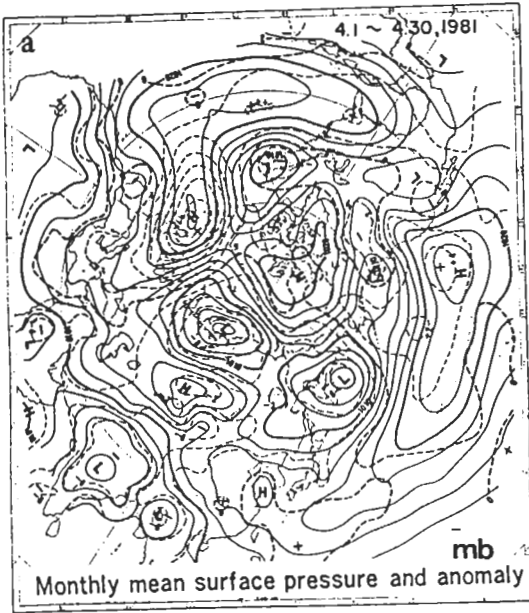
為瞭解引起此次連續性大範圍暴雨的結構，圖九為1981年4月地面，500mb、100mb北半球月平均天氣圖。從地面及500mb圖中可看出，東

亞槽由鄂霍次克海經由日本到達台灣東方海面。西太平洋副熱帶高壓異常發展並向延伸，此高壓與印度附近之低緯度槽間形成東高西低的氣壓分佈，誘致高溫多濕的熱帶氣流侵入華南地區。在蒙古附近有生成顯著的滯留性高壓脊，在高地區構成顯著的正距平區，誘致冷氣團南移侵入中國地區。此種南北氣流輻合在華中區形成滯留峰，而在滯留鋒上產生中尺度低壓，引起長期連續性之暴雨。

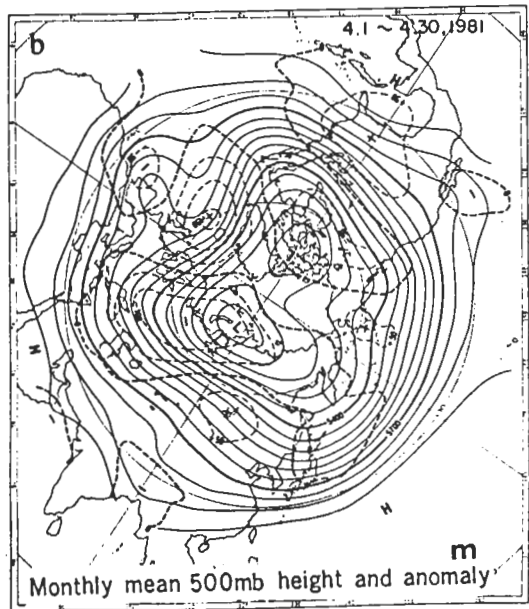
通常四月為藏高壓開始發展時期(Neyama, 1972; Yeh and Kao, 1979)。1981年4月在西藏附近生成正距平並延伸至華南地區。此正距平的距平風輻散的下沉氣流培養對流層中層西太平洋高壓的

西進與發展。此種結果與Neyama及Yeh and Kao之研究相符合。

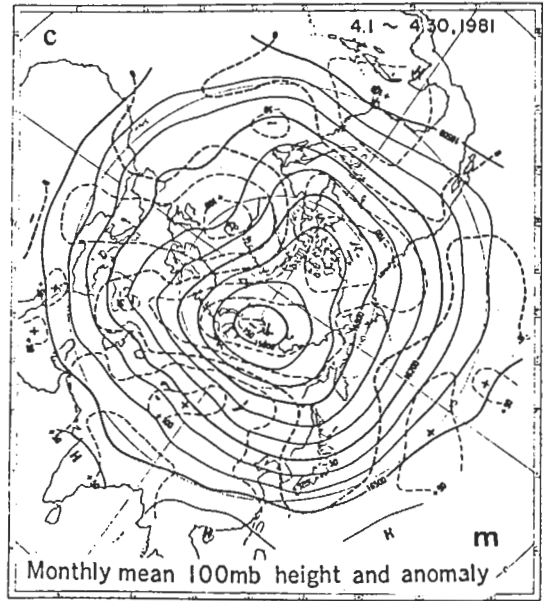
因此由地面，500mb、100mb面環流分析中可知整個對流層及平流層下層環流系統完全一致，此種滯留性天氣型態引起長期連續性豪雨的構成。



a



b



c

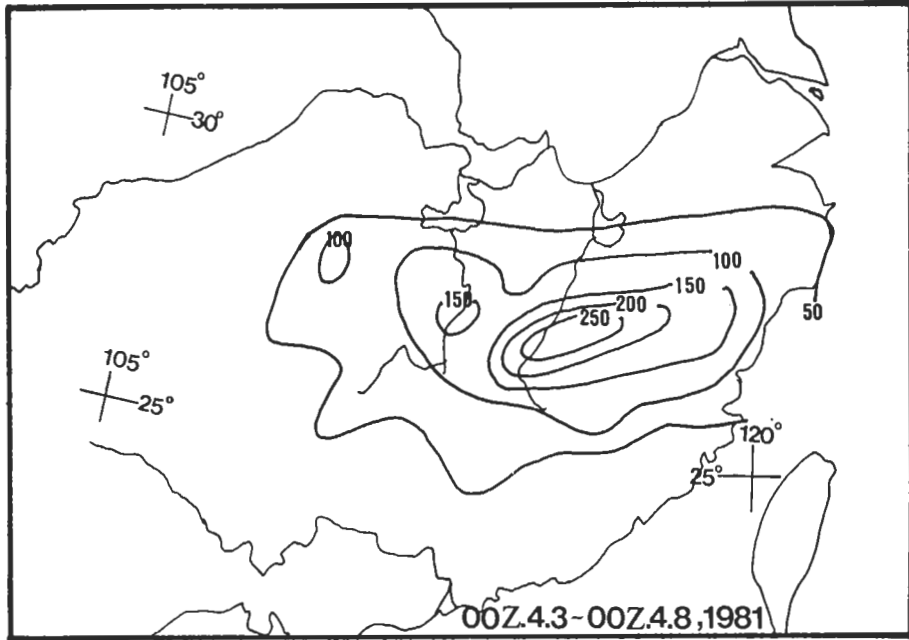
圖九 1980年4月份月平均天氣圖
(a)地面 (b)500mb (c)100mb

圖十為4月3日至7日總雨量圖。此次豪雨在江西使得上千個村莊和幾十萬畝農田淹沒，福建閩侯縣郊區六千多畝早稻受災，浙江麗水縣發生山洪，兩萬五千多畝農田受損，湖南湘江沿岸三百多生產隊遭洪水侵襲，4月3日，鋒面生成並留滯在江西，福建境內。分裂高壓出海後即停留在東海面，直至4月6日高壓增加並向南移動，鋒面受壓制南移並於8日出海後，雨勢才逐漸減少。（見圖十一）。

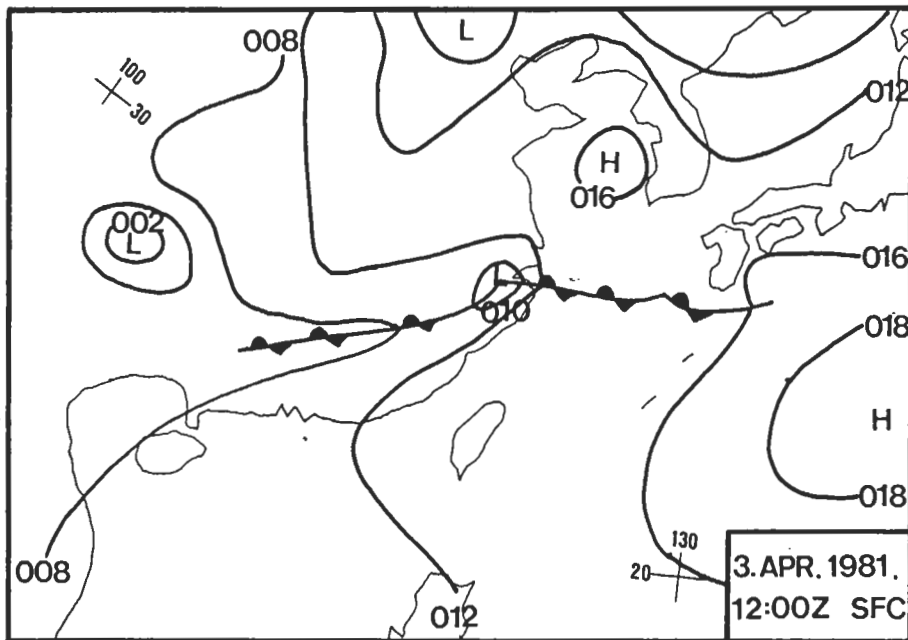
(二)水汽收支分析

圖十二及表四為4月3日至7日水汽收支情形，我們可以明顯看出在6、8、10區有很強之水汽輻合其五日平均值分別為679、638及385 ($\times 10^{-7} \text{ g cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$)，從雨量圖（圖十）中可清楚看出，這與閩贛雨量最大區域符合。

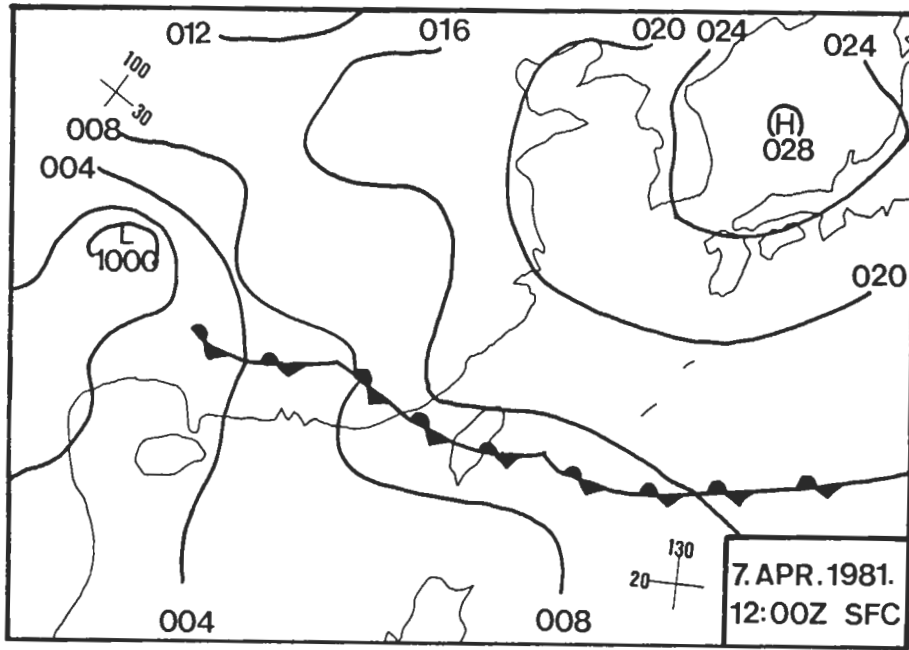
同時在此個案中隨著計算時間的增長（本個案為五日） $\partial Q / \partial t$ 值比 $\nabla \cdot \vec{F}$ 項之值約小二個數量級。故通常計算長時間水汽收支時， $\partial Q / \partial t$ 項可忽略不計。



圖十 1981年4月3日至7日總雨量分布圖(單位: mm)

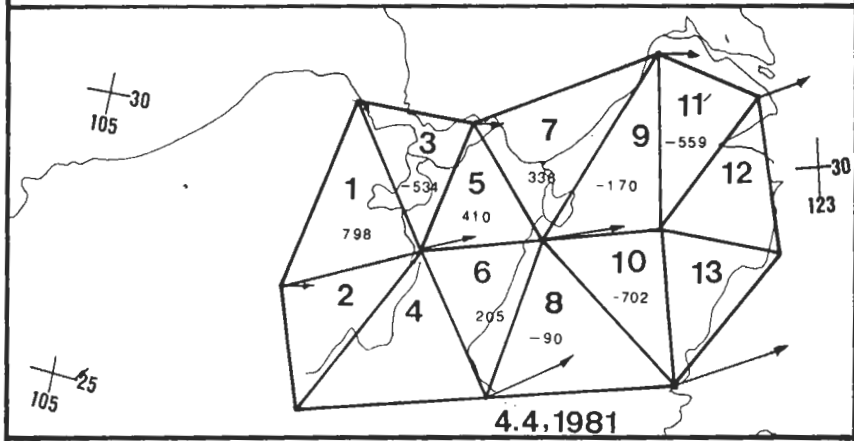
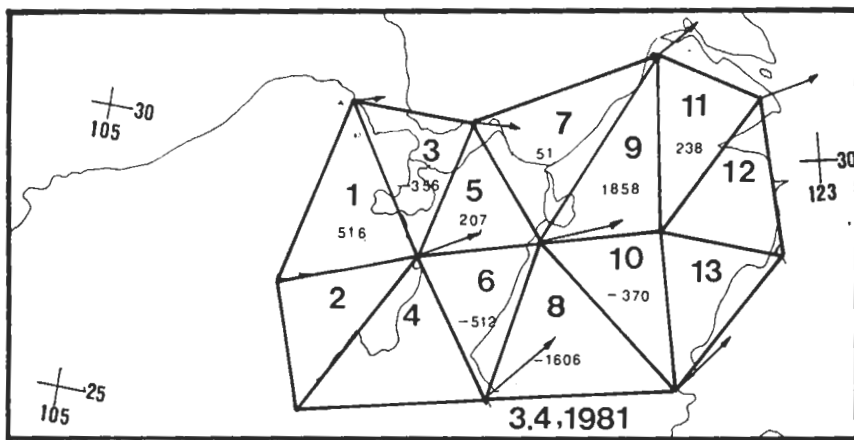


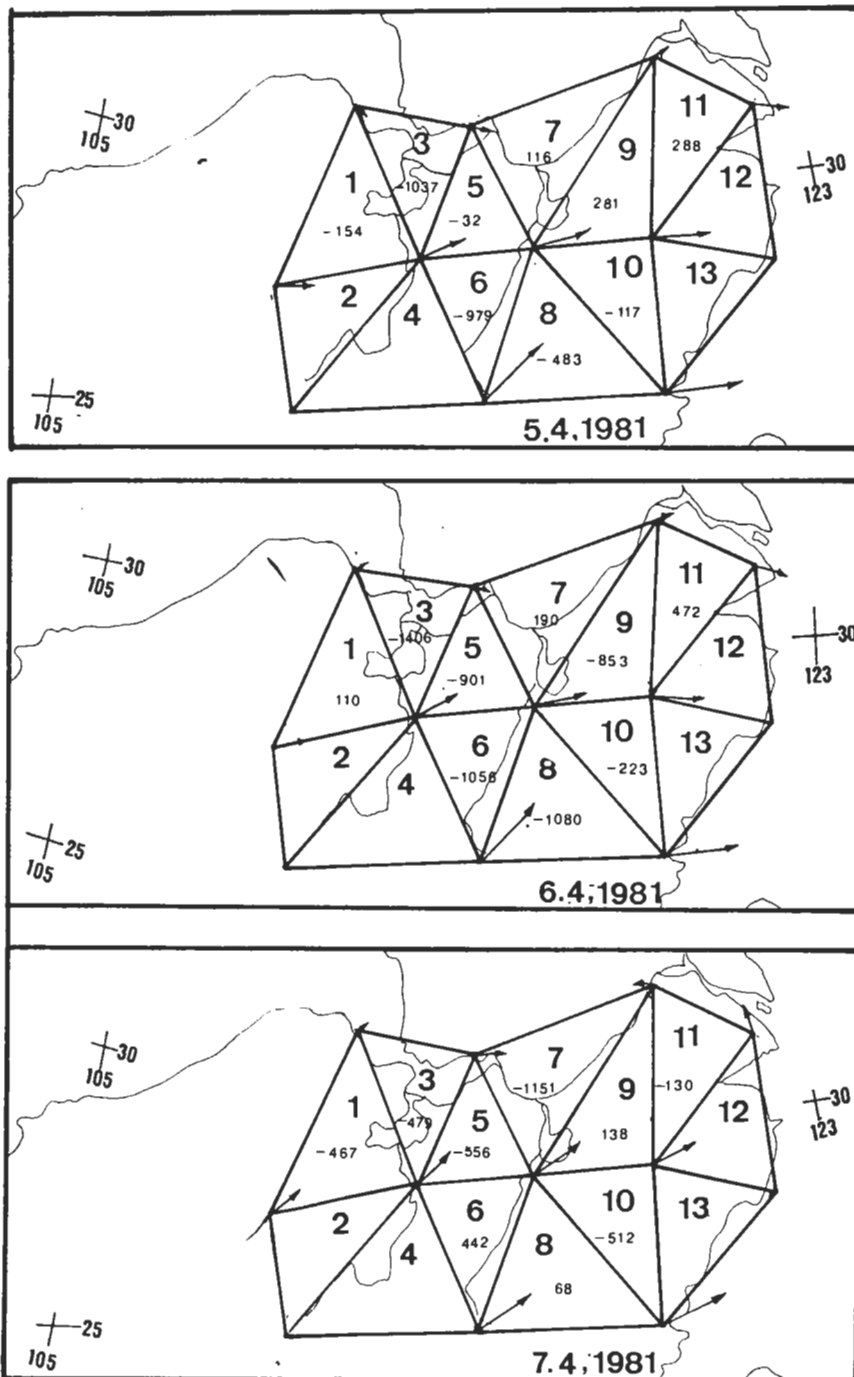
(a)



(b)

圖十一 1981年地面天氣圖(a)4月3日12Z (b)4月7日12Z





圖十二 1981年4月3日至7日水汽收支圖（說明同圖四）

表四 1981年4月3日至7日平均水汽收支表(單位: $10^{-7} \text{g cm}^{-2} \text{S}^{-1}$)
考察三角形區域見圖十二。

考察區域	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P	考察區域	$\frac{\partial Q}{\partial t}$	$\nabla \cdot \vec{F}$	E-P
1	2.2	160.6	162.8	8	9.2	-638.3	-629.1
2				9	3.4	250.7	254.1
3	2.2	-762.4	-760.2	10	3.1	-384.8	-381.7
4				11	15.3	61.8	77.1
5	9.0	-174.5	-165.5	12			
6	5.9	-679.4	-673.5	13			
7	6.4	-91.7	-85.3				

六、結 論

根據1980年至1983年中國主要水災調查，中國主要水災調查，中國豪雨主要發生在華南及華中區域，其發生季節集中在春夏期，由天氣型態分析，豪雨產生結構有三類：(一)中尺度對流系統引起之豪雨，(二)中尺度擾動引起之豪雨，(三)長期連續性之霪雨。對於各類各擇一個案計算其水汽之收支，配合對流層中層天氣系統及平流層下層環流型態討論引起豪雨之物理結構，得下述的結論：

(一)華南對流性豪雨產生時通常太平洋副熱帶高壓發展與西進，而在東北至華南有波槽的發展，此種東高西低的天氣型態引起南海及印度的高溫多濕空氣在華南輻合，促進中尺度對流系統的發展，引起豪雨，以水汽收支觀點來看，水汽輻合區是原先豪雨開始地區而水汽輻合區通常緩慢向東北方移動，在豪雨最強時，豪雨區在水汽輻合區之西南方，即水汽向東北輸送最旺盛區域。而水汽向東北輸送減弱時，豪雨漸漸停止。

(二)對華南中尺度擾動引起的豪雨而言，豪雨區域位置多在中尺度擾動前方，且水汽來源主要在印度洋，與對流性降雨水汽來源有所不同。

(三)長期連續性豪雨分析顯示，在西藏高壓開始發展的四月中，華南及蒙古各有高壓滯留時，此兩氣團間的輻合區域中生成滯留鋒，而在滯留鋒上產生的中尺度低壓引起長期性降雨，降雨誘致水災。此種豪雨區與水汽的輻合區位置相符合，而水汽輻合區消失時，豪雨停止。

誌 謝

本研究在國家科學委員會NSC-74-0202-M008-05 專題研究資助下得以完成，並蒙鍾永明先生之協助繪圖，謹表謝忱。

七、參考文獻

- Akiyama, T., 1975: Southerly transversal flux into the extremely heavy rainfall zone in the Baiu season. J. Met. Sec. Japan, 53, 304-316.
- Asakura, T., 1968, 朝倉正：亞熱帶高氣壓について昭和42年度全國長期預報技術檢討會資料。
- Asakura, T., 1971: Transport and source of water vapor in the northern hemisphere and monsoon Asia. Water balance of monsoon Asia. Univ. Tokyo Press, (308 pp), 27-51.
- Benton, G. S., and M. A. Estoque, 1954: Water-vapor transfer over the North American Continent. J. Met., 11, 462-477.
- Huang, H. J., and D. G. Vincent, 1982: Moisture analysis of the A-scale phase mean during GATE. Quar. J. R. Met. Soc., 108, 453-459.

- Kubota, I., 1971 : Seasonal variation in water vapor balance over the northern hemisphere and Asia. Water balance of monsoon Asia. Univ. Tokyo Press, (308 pp), 53-74.
- Matsumoto, S., K. Ninomiya. and S. Yoshizumi, 1971 : Characteristic features of Baiu front associated with heavy rainfall. J. Met. Soc. Japan., 49, 267-280.
- Murakami, T., 1959 a : The general circulation and watervapor balance over the Far East during the rain season. Geophy. Mag, 29, 131-171.
- Murakami, T. and W-G. Huang, 1984 : Orographic effects of Tibetan Plateau on the rainfall variations over Central China during the 1979 summer. J. Met. Soc. Japan., 62, 895-909.
- Nakanishi, S., 1972 : Some Aspects of structure of subtropical High and Its Relation to the weather in summer in Japan. Manual of seasonal Weather Forecasting in Japan, volume 2, 245-271.
- Neyama, Y., 1971 : Seasonal change of moisture distribution in monsoon Asia. Water balance of monsoon Asia. Univ. Tokyo Press, (308 pp), 75-86.
- Neyama, Y., 1972 : The general circulation in the stratosphere and long-range forecasting, Manual of seasonal weather forecasting in Japan, 2, 421-452.
- Saito, N., 1966 : A preliminary study of the summer monsoon of southern and eastern Asia. J. Met. Soc. Japan, 44, 49-59.
- Starr, V. P., and J. P. Peixoto, 1958 : On the global balance of water vapor and the hydrology of deserts. Tellus, 10, 189-194.
- Starr, V. P. Peixoto and A. R. Crisi, 1965 : Hemispheric water balance for the IGY. Tellus, 17, 463-472.
- Yeh, T - C., and Y. -H. Kao, 1979 : Meteorology over the Tibetan Plateau, Scientific Press, 278 pp.
- 廖學鎰、賴敏鳳，1981 a : 中國地區之水汽收支研究 (I) 標準值及季節變化，地球物理學刊，第二十五期，63-97.
- 廖學鎰、賴敏鳳，1984 b : 中國地區之水汽收支研究 (II) 各種特異天候與水汽收支之關係，國科會專題研究報告，Grant NSC - 73-0202- M008-07, 63 pp.

The Moisture Budget over China Continent during Heavy Rainfall Period

Shyue-Yih Liao Shih-Chia Hung

Department of Atmospheric Physics, National Central University

ABSTRACT

According to the investigation of disastrous flash floods occurred in China Continent from 1980 to 1983, the main heavy rainfall occurs during spring time and summertime in Central and Southern China. By distinguishing the precipitation mechanism of different weather patterns, we may classify all the rainfall cases into three categories: the rainfalls caused by mesoscale convective system, the rainfall caused by mesoscale disturbance and the persistent widespread rains. We discussed one case in each category to evaluate the moisture budget. Furthermore the physical characteristics that cause the heavy rainfall can be recognized by the discussion of the general circulation in middle troposphere and lower stratosphere.