

# 梅雨季台灣地區中尺度對流及大雨系統時空分布之衛星觀測研究

紀水上 林春長 溫嘉玉  
中央氣象局

## 摘要

本研究利用GMS衛星資料、雨量報告及地面和高空觀測資料，分析梅雨期發生於台灣地區之MCSs和豪（大）雨系統之雲系時空分佈和日夜變化。結果顯示，MCSs之出現頻率，在6月幾為在5月的兩倍。5月之MCSs以暖雲頂居多，而6月則冷雲頂盛行。顯見MCS之出現次數和對流強度隨季節增加、增強。豪（大）雨系統中，降大雨的機率與雲頂溫度有密切關係，即雲頂溫度越低，降大雨的機率越大。

MCSs發生頻率逐時分佈顯示，不論何時，以在六月者為多，尤其在傍晚為最，且其頻率均自午後開始增加至傍晚（17時）達最多，顯然為日強夜弱的明顯日夜變化。但在擾動日下，MCSs則無明顯的日夜變化；反之在非擾動日下者則呈日強（午後最強）夜弱（午夜最弱）的明顯日夜變化。顯然梅雨期對流系統的日夜變化幾由地形的差異加熱而來。

## 一、前言

中尺度對流系統（Mesoscale Convective Systems；簡稱MCSs）為導致梅雨期豪（大）雨的主要天氣系統。然而，此系統經常不為傳統觀測所解析，因而對其了解受到限制，導致對此豪雨製造者之預報遇到瓶頸。因此，預報MCSs之形成、發展與移動為當今氣象預報從業人員最富挑戰性課題之一。

欲對此種系統增加了解，則必須有高時空解析度的資料。因人造衛星可不斷地偵測地球大氣，而提供MCSs預報所需之高時空解析度資料，已被公認為最佳的觀測工具之一。此外，衛星雲圖為大氣動力及熱力的結果，且唯一可顯現從大自全球尺度、綜觀尺度、中尺度，小至對流尺度等多尺度天氣系統於一張圖上。因此，衛星資料可謂天氣分析最佳資訊。

本文利用GMS衛星資料、雨量報告及地面和高空觀測資料研究，分析1993年發生於台灣及其鄰近地區之MCSs和豪（大）雨系統，以及1991~1994年5~6月台灣地區，在擾動日與非擾動日下之MCSs，以探討此等MCS之時空分佈和日

夜變化、雲頂溫度雨降雨量之關係。此外，本文並比較1992及1993年導致台灣地區豪（大）雨系統特徵之異同。結果希能提供即時／極短時預報之參考，以提高豪雨預報準確度，藉以減少災害。

## 二、分析過程

本文根據衛星雲圖、雨量資料及傳統觀測報告，選取1993年發生於台灣及其鄰近地區之208個MCS及76個豪（大）雨系統，以及1991~1994年5~6月，在擾動日與非擾動日，發生於 $20\sim 27^{\circ}\text{N}/116\sim 125^{\circ}\text{E}$ 範圍內，生命期 $\geq 2$ 小時，水平尺度 $\geq \text{meso-}\beta$ 尺度之MCSs，以探討其雲系特徵。

所謂大雨係指24小時累積雨量達50mm以上者。非擾動日係指在強迫機制不明顯下有對流系統發生，而擾動日則指綜觀強迫機制引發之平流與局部發生之對流系統。雲頂溫度劃分為未強化、暖雲頂、暗灰和冷雲頂等四個等級。根據台灣地形將預報區劃分為六個預報分區（圖未示），即北部、中部、南部、東北部、東部和南部（參閱謝等，1992）。

### 三、中尺度對流系統之雲系特徵

#### 1. 時空變化

分析1993年5~6月期間衛星雲圖，發現有208個MCSs發生於台灣及其鄰近地區（見表1）。發生在6月之MCSs約為發生在5月者之兩倍。此等MCSs所伴隨之雲系大都為冷雲頂（101）（雲頂溫度 $<-62^{\circ}\text{C}$ ），約佔全部（208）之50%。但就個別月份而言，在5月之MCSs雲系，盛行暖雲頂（29）（ $>-62^{\circ}\text{C}$ ），約佔該月份MCS數（72）之40%（ $29/72=0.40$ ），而在6月者則為冷雲頂所控制，約佔該月MCS數之57%（ $77/136=0.57$ ）。顯然MCSs發生頻率及強度隨著季節增加、增強之趨勢。

表1 1993年5~6月發生於台灣及其鄰近地區MCS之雲頂灰（溫）度隨月份之分佈。雲頂溫度灰度等級為：未強化（ $>-32^{\circ}\text{C}$ ）；暖雲頂（ $-32\sim-52^{\circ}\text{C}$ ）；暗灰（ $-52\sim-62^{\circ}\text{C}$ ）和冷雲頂（ $<-62^{\circ}\text{C}$ ）。

月份	雲頂灰（溫）度				總計 次數
	未強化	暖雲頂	暗灰	冷雲頂	
五月	1	29	18	24	72
六月	4	27	28	77	136
合計	5	56	46	101	208

六個預報分區和MCSs在各地區發生頻率之關係見表2。表2顯示，發生在臺灣西部（北部、中部和南部）的機率為（62%： $128/208=0.62$ ），約為臺灣東部（東北部、東部和東南部）者（39%： $80/208=0.39$ ）之1.6倍。除東部外，發生在東部地區之MCSs為冷雲頂。冷雲頂發生機率在各區MCS發生數之比率，從北部之41%（ $15/37=0.41$ ）向中部48%（ $25/52=0.48$ ）至南部64%（ $25/39=0.64$ ）增加。此似乎反應一事實，即北部之MCSs為在盛行西南氣流之下游，其水汽較在上游者為少，故較冷雲頂（較深對流）雲系之比率較其上游為少，此與Chi et. al. (1990)之研究結果一致。

#### 2. 影響台灣之延時及日夜變化

1993年共有MCSs移經台灣台灣，其

延時（表未示）及MCSs達最強強度隨時間之變化亦經分析（見表3）。所謂MCS侵台之延時係指MCSs影響台灣地區之時間。其延時顯示，有32%之MCSs影響台灣的時間為2小時，而持續時間達3小時者有25%。表4顯示，MCSs達其最強強度之次數，從日出後開始增加，至15LST（午後）達最大強度然後減少，至傍晚（18LST）達最少，夜晚達次大。一般而言，強度之日夜變化呈顯著的日強/夜弱型。

表2 1993年5~6月發生於台灣及其鄰近地區MCS之雲頂灰（溫）度與台灣預報區之關係。

灰度(色調)	預報區域						總計 次數
	北部	中部	南部	東北部	東部	東南部	
未強化	2	1	2	0	0	0	5
暖雲頂	8	17	4	6	16	5	56
暗灰	12	9	8	3	8	6	46
冷雲頂	15	25	25	11	10	15	101
合計	37	52	39	20	34	26	208

表3 1993年5~6月MCS達其最大強度時刻之個案數。

時間(LST)	個案數	機率(%)	時間(LST)	個案數	機率(%)
0833	1	0.7	2033	10	6.7
0933	6	4.0	2133	10	6.7
1033	4	2.7	2233	4	2.7
1133	8	5.3	2333	6	4.0
1225	6	4.0	0025	4	2.7
1333	4	2.7	0133	4	2.7
1433	13	8.7	0233	3	2.0
1533	17	11.3	0333	1	0.7
1633	9	6.0	0433	6	4.0
1733	7	4.7	0533	6	4.0
1826	6	4.0	0626	3	2.0
1933	6	4.0	0733	6	4.0

### 四、大雨系統之雲系特徵

#### 1. 時空分佈

208個MCS事件中，有76個達大雨條件，其中有21個日雨量 $>100\text{mm}$ ，3個達200mm以上。表4為伴隨此76個豪雨事件之雲頂溫度與六個預報區之關係。在76個豪（大）雨事件中，有96%（ $73/76=0.96$ ）發生在中央山脈以西（包括北部、中部和南部），在山脈以東（含東北部、

東部和東南部)者僅4% (3/76=0.04)。就發生於個別月份之豪(大)雨系統在臺灣六個預報地區的空間分佈(見表4a及4b)顯示,在中部為自五月的最大(46%)轉為6月的次大(35%);在南部,由5月的次大(33%)轉為6月的最小(26%);在北部,則由5月的最小(18%)轉為6月的最大(35%)。此似與臺灣地形導致氣流偏向有關。

表4 1993年之5、6月發生於臺灣六個預報區之豪(大)雨事件次數。六個預報區為北、中、南、東北、東和東南部。

(a) 五月

雨量 (mm/day)	預報區域						總計 次數
	北部	中部	南部	東北部	東部	東南部	
50~100	3	15	6	0	0	1	25
100~200	2	0	5	0	0	0	7
>200	1	0	0	0	0	0	1
合計	6	15	11	0	0	1	33
區域	西部: 6+15+11=32			東部: 0+0+1=1			

(b) 六月

雨量 (mm/day)	預報區域						總計 次數
	北部	中部	南部	東北部	東部	東南部	
50~100	9	10	9	0	0	2	30
100~200	4	5	2	0	0	0	11
>200	2	0	0	0	0	0	2
合計	15	15	11	0	0	2	43
區域	西部: 15+15+11=41			東部: 0+0+2=2			

(c) 五月和六月

雨量 (mm/day)	預報區域						總計 次數
	北部	中部	南部	東北部	東部	東南部	
50~100	12	25	15	0	0	3	55
100~200	6	5	7	0	0	0	18
>200	3	0	0	0	0	0	3
合計	21	30	22	0	0	3	76
區域	西部: 21+30+22=73			東部: 0+0+3=3			

## 2. 雲頂溫(灰)度之空間分佈

表5為上述76個豪(大)雨系統之雲頂溫度在六個預報區之分布。表中顯示,南部雖為較少數個案(22個)發生,但卻出現高比率的冷雲頂(佔72.7%),且五月和六月的發生頻率相等,其他則為暖雲

頂(18%: 4/22=0.18)和未強化者(9%: 2/22=0.9)。北部和中部地區發生冷雲頂的個案亦高(北部57%: 12/21=0.57; 中部60%: 18/30=0.60),但亦有高頻率的暗灰(準冷雲頂)個案(北部33%: 7/21=0.33; 中部27%: 8/30=0.27)。該表又顯示,除南部外,北部和中部冷雲頂之發生機率均由五月(北部33%: 2/6=0.33); 中部47%: 7/15=0.47)向六月(北部67%: 10/15=0.67; 中部73%: 11/15=0.73%)增加。此似與西南氣流增強有密切關係。

表5 同表4,但為雲頂溫度在臺灣預報區之分布。雲頂溫度溫(灰)度等級參見表1。

(a) 五月

雲頂灰度 (色調)	預報區域						總計 次數
	北部	中部	南部	東北部	東部	東南部	
未強化	1	0	0	0	0	0	1
暖雲頂	0	2	0	0	0	0	2
暗灰	3	6	3	0	0	1	13
冷雲頂	2	7	8	0	0	0	17
合計	6	15	11	0	0	1	33
區域	西部: 6+15+11=32			東部: 0+0+1=1			

(b) 六月

雲頂灰度 (色調)	預報區域						總計 次數
	北部	中部	南部	東北部	東部	東南部	
未強化	1	1	2	0	0	0	4
暖雲頂	0	1	0	0	0	2	3
暗灰	4	2	1	0	0	0	7
冷雲頂	10	11	8	0	0	0	29
合計	15	15	11	0	0	2	43
區域	西部: 15+15+11=41			東部: 0+0+2=2			

(c) 五和六月

雲頂灰度 (色調)	預報區域						總計 次數
	北部	中部	南部	東北部	東部	東南部	
未強化	2	1	2	0	0	0	5
暖雲頂	0	3	0	0	0	2	5
暗灰	7	8	4	0	0	1	20
冷雲頂	12	18	16	0	0	0	46
合計	21	30	22	0	0	3	76
區域	西部: 21+30+22=73			東部: 0+0+3=3			

### 3. 雲頂灰(溫)度與降雨量之關係

76個豪(大)雨系統之雲頂溫度與降雨量之關係如表6, 雲頂灰度等級亦從未強化至冷雲頂。表中顯示, 梅雨季豪雨發生頻率在未強化( $>-32^{\circ}\text{C}$ )和暖雲頂( $-32\sim-52^{\circ}\text{C}$ )等級者最少(7%); 在冷雲頂( $<-62^{\circ}\text{C}$ )者最多(61%); 在暗灰( $-52\sim-62^{\circ}\text{C}$ )者次多(26%)。換言之, 約有61%之豪(大)雨由冷雲頂所導致, 若含準冷雲頂(暗灰; $<-52^{\circ}\text{C}$ )者有87%( $66/76=0.87$ )之高百分比。該表又顯示, 發生豪(大)雨之機率與系統之雲頂溫度有密切關係; 即越冷的雲頂導致豪(大)雨的機率越多。此與一般之較冷的對流雲產生較大的雨量(Scofield, 1987; Woodley et al., 1972)之概念完全一致。

表6 1993年5~6月導致台灣地區豪(大)雨系統之雲頂灰(溫)度與雨量之關係。

(a) 五月

雨量 (mm/day)	雲頂灰(溫)度				總計 次數
	未強化	暖雲頂	暗灰	冷雲頂	
50~100	0	2	12	11	25
100~200	1	0	0	6	7
>200	0	0	1	0	1
合計	1	2	13	17	33

(b) 六月

雨量 (mm/day)	雲頂灰(溫)度				總計 次數
	未強化	暖雲頂	暗灰	冷雲頂	
50~100	4	3	4	19	30
100~200	0	0	2	9	11
>200	0	0	1	1	2
合計	4	3	7	29	43

(c) 五月和六月

雨量 (mm/day)	雲頂灰(溫)度				總計 次數
	未強化	暖雲頂	暗灰	冷雲頂	
50~100	4	5	16	30	55
100~200	1	0	2	15	18
>200	0	0	2	1	3
合計	5	5	20	46	76

### 4. 1992年與1993年豪(大)雨系統之比較

Chi et. al.(1994)分析1992年5~6月POST-TAMEX預報實驗期間之60個豪(大)雨系統, 本文就此兩年豪(大)雨系統之時空分佈、雲頂溫(灰)度之空間分佈, 和雲頂灰(溫)度與降雨量之關係等進行比較, 敘述如下。

#### (1) 時空分佈

表7為1992年及1993年5~6月發生於臺灣六個預報區之豪(大)雨事件次數之關係。就全省而言, 發生於1993年之豪(大)雨事件遠較發生於1992年為多, 且各降雨等級均以1993年為多。不論1992或1993年, 均以50~100mm為多, 分別約佔各年份發生總次數之75%( $45/60=0.75$ )及73.7%( $55/76=0.73$ ); 100~200mm次之, 其分佈頻率佔各年份總發生次數的百分比相當, 分別約為23%( $14/60=0.23$ )及24%( $18/76=0.24$ ); >200mm最少, 在1992年僅有1次, 1993年3次且有2次達300mm以上。

就個別分區而言, 除東部和東北部在1992年較1993年多及北部在此兩年相當外, 其他各地均以發生在1993年為多(約為1992年之兩倍)。在中央山脈以西, 雖然此兩年之豪(大)雨頻率均以50~100mm為多, 但在1993年除中部外, 均有高比率的>100mm, 北部及南部分別為43%( $9/21=0.43$ )及32%( $7/22=0.32$ ); 而1992年則僅以在南部有較高的頻率, 為33.3%( $4/12=0.333$ )。不論1992或1993年均以在中部發生豪雨機率最少, 分別為11%( $2/18=0.11$ )和17%( $5/30=0.17$ )。1992年, 北部發生豪雨的機率亦為相對的較少(就西部而言), 為14%( $3/21=0.14$ )。就以上分析顯示, 1993年發生豪(大)雨的機率遠較1992年為多, 且分佈亦較均勻。此是否與徐和紀(1974)所謂的2~3年週期有關, 須進一步探討。

#### (2) 雲頂溫(灰)度之空間分佈

表8為1992年及1993年5~6月導致臺

灣地區豪（大）雨系統之雲頂溫度和六個預報區之關係。就冷雲頂（ $<-62^{\circ}\text{C}$ ）而言，發生在台灣全省之豪（大）雨系統，在1993年的機率（61%： $46/76=0.61$ ）遠較在1992年者（28%： $17/60=0.28$ ）為多。若含準冷雲頂（ $<-52^{\circ}\text{C}$ ），1993年的發生機率亦較1992年者為多，1993年為87%（ $46/76=0.87$ ），而1992年為53%（ $32/50=0.53$ ）。就個別分區而言，在1992年，南部發生較高頻率的較強對流（ $<-52^{\circ}\text{C}$ ），為該區發生豪（大）雨系

統總數的83%（ $10/12=0.83$ ），而中部（50%： $9/18=0.50$ ）和北部（48%： $10/21=0.48$ ）則僅約佔各區發生總數的一半。然而1993年，台灣西部各區均有高頻率的深對流（ $<-52^{\circ}\text{C}$ ）：北部為91%（ $19/21=0.91$ ），中部為87%（ $26/30=0.87$ ），南部為91%（ $20/22=0.91$ ）。上述分析顯示，1993年的對流活動量和強度遠較1992年為多為強，顯見有明顯的年際變化。

表 7 1992年及1993年5~6月發生於臺灣六個預報區之豪／大雨事件次數。六個預報區為北、中、南、東北、東和東南部。

雨量 (mm/day)	預 報 區 域												總 計	
	北 部		中 部		南 部		東 北 部		東 部		東 南 部		次	數
年份	92	93	92	92	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93
50~100	18	12	16	25	8	15	3	0	0	0	0	3	45	55
100~200	2	6	2	5	4	7	2	0	3	0	1	0	14	18
>200	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
合 計	21	21	18	30	12	22	5	0	3	0	1	3	60	76
區 域	1992年：21+18+12=51						1992年：5+3+1=9							
	1993年：21+30+22=73						1993年：0+0+3=3							

表 8 同表 7，但為豪（大）雨系統雲頂溫度與台灣預報區之關係。雲頂溫度溫（灰）度等級參見表 1。

雲頂灰度 (色調)	預 報 區 域												總 計	
	北 部		中 部		南 部		東 北 部		東 部		東 南 部		次	數
年份	92	93	92	92	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93
未強化	2	2	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	6	5
暖雲頂	9	0	6	3	1	0	3	0	3	0	0	2	22	5
暗灰	4	7	6	8	4	4	1	0	0	0	0	1	15	20
冷雲頂	6	12	3	18	6	16	1	0	0	0	1	0	17	46
合 計	21	21	18	30	12	22	5	0	3	0	1	3	60	76
區 域	1992年：21+18+12=51						1992年：5+3+1=9							
	1993年：21+30+22=73						1993年：0+0+3=3							

### (3) 雲頂灰 (溫) 度與降雨量之關係

表 9 為 1992 年及 1993 年 5~6 月豪 (大) 雨系統之雲頂溫度和雨量之關係。就總次數 (即 >50mm) 而言, 由冷雲頂導致者, 在 1992 及 1993 年分別為 28% ( $17/60=0.28$ ) 及 66% ( $46/76=0.66$ )。若包含準冷雲頂 (暗灰:  $<-52^{\circ}\text{C}$ ), 1992 年為 53% ( $32/60=0.53$ ), 1993 年為 87% ( $66/76=0.87$ )。換言之, 在 1992

年約有一半的豪 (大) 雨由較淺對流的暖雲頂 ( $>-52^{\circ}\text{C}$ ) 所導致, 而 1993 年則以深對流為導致豪 (大) 雨的主要雲系。然而, 不論在 1992 或 1993 年, 在暖雲頂及準冷雲頂情況下, 均有 >200mm 的豪雨量發生, 此與較冷的雲頂導致較大雨量的關係不密切, 顯然有其他的因素在導致此種豪雨扮演重要的角色, 必須做進一步的研究。

表 9 同表 7, 但為豪 (大) 雨系統之雲頂溫度與雨量之關係。

雨量 (mm/day)	預報區域								總計 次數	
	未強化		暖雲頂		暗灰		冷雲頂			
年份	92	93	92	93	92	93	92	93	92	93
50~100	6	4	16	5	12	16	11	30	45	55
100~200	0	1	5	0	3	2	6	15	14	18
>200	0	0	1	0	0	2	0	1	1	3
合計	6	5	22	5	15	20	17	46	60	76

### 五、擾動及非擾動日分析

表 10 至 12 為 1991-1994 年 5~6 月在擾動日及非擾動日下, 發生於臺灣鄰近地區 ( $20\sim 27^{\circ}\text{N}/116\sim 125^{\circ}\text{E}$ ) 水平尺度  $\geq$  Meso- $\beta$  尺度; 生命期  $\geq 2$  小時之中尺對流系統個案。就所有 MCS 個案而言 (包括擾動及非擾動日) 如表 11 所示, 除中午前後外, 不論何時, 發生於六月之 MCSs 較在五月者為多, 尤其在傍晚為最。不論五月或六月, 發生於臺灣鄰近地區之 MCSs, 其頻率均自午後開始增加至午後 (17LST) 達最多, 顯然為日強夜弱的明顯日夜變化。然而僅就擾動日而言 (見表

12), 雖亦有午後達最大值, 但無明顯的日夜變化。換言之, 強強迫機制所引發的對流系統可在任何時刻發生。而在激發機制不明顯之非擾動日下 (表 12), MCSs 發生次數則呈日強 (午後最強) 夜弱 (午夜最弱) 的明顯日夜變化。顯然梅雨期對流系統的日夜變化係由地形的差異加熱而來。非擾動日, MCSs 的空間分佈顯示 (表未示), 約有 75% 發生在臺灣陸上; 在陸上者以在中央山脈西側為多, 約佔總數之 58%, 而在山脈東側者約佔總數之 17%; 而發生在臺灣西部海上之 MCS 數與在東部海上者相當。

表10 1991~1994年梅雨期，在20~27° N/116~125° E範圍內，生命期≥2小時/  
水平尺度≥meso-β尺度MCSs（含擾動及非擾動日）之逐時出現情形。

(a) 5月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	2	2	2	3	3	3	3	4	3	3	3	7	8	14	14	16	16	16	14	10	8	5	5	4	168
1992	15	17	16	16	17	17	16	15	16	17	17	17	23	24	23	23	21	20	14	11	10	10	12	13	400
1993	9	9	10	10	11	11	10	10	8	8	10	10	9	11	10	10	10	10	9	10	7	7	7	7	223
1994	8	7	7	7	7	8	8	8	7	7	7	7	7	9	10	11	12	12	11	10	9	9	9	9	206
合計	34	35	35	36	38	39	37	37	34	35	37	41	47	58	57	60	59	58	48	41	34	33	33	33	997

(b) 6月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	11	11	11	11	10	10	9	8	9	10	10	9	12	15	17	18	20	20	19	20	16	14	13	13	316
1992	10	11	10	11	9	11	11	11	11	11	8	9	9	13	15	15	17	16	15	14	14	12	12	13	288
1993	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10	10	9	8	9	11	13	13	13	12	13	11	9	8	7	247
1994	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	8	9	10	9	14	17	16	16	16	14	13	10	8	8	266
合計	40	41	41	43	39	41	40	39	40	41	36	36	39	46	57	63	66	65	62	61	54	45	41	41	1117

(c) 5月和6月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	13	13	13	14	13	13	12	12	12	13	13	16	20	29	31	34	36	36	33	30	24	19	18	17	484
1992	25	28	26	27	26	28	27	26	27	21	25	26	32	37	38	38	38	36	29	25	24	22	24	26	688
1993	19	19	20	21	21	21	20	20	18	18	20	19	17	20	21	23	23	23	21	23	18	16	15	14	470
1994	17	16	17	17	17	18	18	18	17	17	15	16	17	18	24	28	28	28	27	24	22	19	17	17	472
合計	74	76	76	79	77	80	77	76	74	76	73	77	86	104	114	123	125	123	110	102	88	76	74	74	2114

表11 同表10，但為擾動日

(a) 5月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	71
1992	6	6	6	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	116
1993	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	5	5	5	6	6	6	7	8	8	8	5	5	5	5	122
1994	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	6	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	128
合計	16	16	16	17	17	16	16	17	15	16	18	19	19	21	21	21	23	23	21	21	17	17	17	17	437

(b) 6月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	7	7	7	6	6	6	6	6	7	8	8	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	166
1992	8	9	7	8	6	8	9	9	8	8	6	6	6	7	8	8	10	11	9	10	10	10	10	11	202
1993	8	8	8	9	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	8	8	8	7	8	7	7	6	6	183
1994	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	132
合計	29	30	28	29	26	28	29	29	29	30	27	27	26	26	28	28	30	31	28	30	29	29	28	29	683

(c) 5月和6月

年份	5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	8	8	8	8	8	8	8	9	10	11	11	11	11	11	12	11	11	11	11	11	10	10	10	10	237
1992	14	15	13	13	11	12	13	13	12	13	11	11	11	12	14	14	16	16	13	14	14	14	14	15	318
1993	12	12	12	13	12	12	12	12	11	11	13	13	12	13	13	14	15	16	15	16	12	12	11	11	305
1994	11	11	11	12	12	12	12	12	11	11	10	11	11	11	10	10	11	11	10	10	10	10	10	10	260
合計	45	46	44	46	43	44	45	46	44	46	45	46	45	47	49	49	53	54	49	51	46	46	45	46	1120

表12 同表10，但僅為非擾動日。

(a) 5月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	3	4	10	10	12	12	12	10	6	5	2	2	1	97
1992	9	11	10	11	12	13	12	11	12	12	12	12	18	19	17	17	15	15	10	7	6	6	8	9	284
1993	5	5	6	6	7	7	6	6	5	5	5	5	4	5	4	4	3	2	1	2	2	2	2	2	101
1994	3	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	5	6	6	6	6	5	4	4	4	4	78
合計	18	19	19	19	21	23	21	20	19	19	19	22	28	37	36	39	36	35	27	20	17	14	16	16	560

(b) 6月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	4	4	4	5	4	4	3	2	2	2	2	2	5	8	9	11	13	13	12	13	9	7	6	6	150
1992	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	6	7	7	7	5	6	4	4	2	2	2	86
1993	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	4	5	5	5	5	5	4	2	2	1	61
1994	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	9	12	11	11	11	9	8	5	3	3	134
合計	11	11	13	14	13	13	11	10	11	11	9	14	14	20	29	35	36	34	34	31	25	16	13	12	434

(c) 5月和6月

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計
1991	5	5	5	6	5	5	4	3	2	2	2	5	9	18	19	23	25	25	22	19	14	9	8	7	247
1992	11	13	13	14	15	16	14	13	15	15	14	15	21	25	24	24	22	20	16	11	10	8	10	11	370
1993	7	7	8	8	9	9	8	8	7	7	7	6	5	7	8	9	8	7	6	7	6	4	4	3	165
1994	6	5	6	5	5	6	6	6	6	6	5	5	6	7	14	18	17	17	17	14	12	9	7	7	212
合計	29	30	32	33	34	36	32	30	30	30	28	31	41	57	65	70	72	69	61	51	42	30	29	28	994



## 六、總結

本研究利用GMS衛星雲圖、雨量報告，以及地面和高空觀測資料，分析1993年208個發生於台灣及其鄰近地區之MCS個案及1993年76個導致台灣地區豪（大）雨之MCS個案、1991~1994年台灣地區在擾動日與非擾動日下之MCSs個案，以及比較1992年與1993年發生於台灣地區之豪（大）雨系統之特徵。以探討此等系統之雲系特徵及對流活動之時空變化和日夜變化，其初步結果如下：

1. MCS之發生在6月之頻率大於在5月且幾為5月的兩倍，且雲頂高度以冷雲頂。然而發生在5月之MCSs則以暖雲頂（ $-32\sim-52^{\circ}\text{C}$ ）居多，約佔該月份之40%，而6月則以冷雲頂居多，約佔該月份（136）之57%，顯見MCS之對流強度隨季節而增強。約有62%的MCSs發生於中央山脈以西，其中以中部佔25%最多，中央山脈以西，其中以中部佔25%最多，而北部和南部則相當。就雲頂高度而言，除東部以暖雲頂居多（佔該區之47%）外，其它地區均為冷雲頂，且在台灣西部冷雲頂的比率由北部（41%）向南（中部48%、南部65%）增多，顯然MCSs之發展具有顯著的地域特性。

2. 導致梅雨季豪（大）雨之MCSs，有96%發生於中央山脈以西，且以中部最多，佔40%，而山脈以東之4%在東南部。然而，在台灣西部，中部在5月最多轉為6月的次多，而北部則由西部之最少（18%）轉為最多（35%）。

3. 在此等豪（大）雨系統中，降大雨的機率與雲頂溫度有密切關係，即雲頂溫度越低，降大雨的機率越大。此等系統達最強時刻之個案數隨時間之變化顯示，自日出後增加，至午後（15時）達最大值後減少，傍晚（18時）達最小值後再增加，入夜後達次高峰。一般而言，為日多夜少型，顯見有明顯的日夜變化。

4. 在1992年之60個豪（大）雨事件中，期對流強度為較深對流達冷雲頂（雲頂溫度 $<-52^{\circ}\text{C}$ ）者僅53%；而1993年之76個豪雨系統則達87%，其中雲頂溫度 $<$

$62^{\circ}\text{C}$ 者有66%。換言之，前者約有一半的豪（大）雨由較淺對流的暖雲頂（ $>-52^{\circ}\text{C}$ ）所導致；而後者則以深對流為導致豪（大）雨的主要雲系。顯見有明顯的年際變化。然而，不論在1992或1993年，在暖雲頂（ $>-52^{\circ}\text{C}$ ）及準冷雲頂（ $-52\sim-62^{\circ}\text{C}$ ）情況下，均有 $>200\text{mm}$ 的豪雨量發生，此與較冷的雲頂導致較大雨量的關係不密切，顯然有其他的因素在導致此種豪雨扮演重要的角色。

5. 發生於六月之MCSs（包括擾動及非擾動日）較在五月者為多，尤其在傍晚為最，且其頻率均自午後開始增加至傍晚（17LST）達最多，顯然為日強夜弱的明顯日夜變化。然而僅就擾動日而言，雖亦有午後達最大值，但無明顯的日夜變化。換言之，強強迫機制所引發的對流系統可在任何時刻發生。而在激發機制不明顯之非擾動日下，MCSs發生次數則呈日強（午後最強）夜弱（午夜最弱）的明顯日夜變化。顯然梅雨期對流系統的日夜變化係由地形的差異加熱而來。非擾動日，MCSs的空間分佈顯示，約有75%發生在台灣陸上，25%在海上。在陸上者以在中央山脈西側為多，約佔總數之58%，而在山脈東側者約佔總數之17%；而發生在台灣西部海上之MCS數與在東部海上者相當。

氣象衛星資料為唯一可顯現多尺度於一張圖上，除在天氣分析與預報上扮演重要角色外，在中尺度天氣系統之分析更可顯現其功能。因此欲提高豪大雨預報能力，雖利用衛星資料探討台灣及鄰近地區之雲氣候是必要的，但作更大範圍的探討（如擴充至華南地區）是必要的。因此以衛星雲圖研究近十年華南及台灣鄰近地區MCSs之氣候特徵也是當務之急。

## 致謝

本計畫之完成承中央氣象局台南氣象站謝章生先生協助部份統計，中央氣象局提供使用電算算機之方便，在此敬表謝忱。本研究在行政院國家科學委員會專案計畫 NSC84-2111-M-052-017-AP2 支援下完成。

## 參考文獻

- 徐明同和紀水上，1974：台灣之梅雨分析，*氣象學報*，20,4,25-44。
- 陳泰然，吳倩雯和紀水上，1986：梅雨期東亞及西太平洋中尺度對流系統之氣候特徵，*大氣科學*，13，33-44。
- 陳泰然和楊進賢，1988：台灣梅雨期豪雨之時空分佈特徵，*大氣科學*，16，151-162。
- 謝信良、陳來發和林雨我，1992：台灣地區中尺度預報實驗設計研究，國科會防災科技研究報告80-30號，73頁。
- Chi, S.S., G.T.J. Chen, and L.H. Chi, 1990: General characteristics of satellite observed MCSs in TAMEX. Proceedings of Workshop on TAMEX Scientific Results, Sept. 24-26, 1990, Boulder, Co. 109-114.
- Chi, S.S., T.K. Chiou, and R.A. Scofield, 1994: Satellite Characteristics of mesoscale convective systems (MCSs) during the Mei-Yu period of 1992. seventh Conf. on Satel. Meteor. and Ocean., June 10-14, 1994, Monterey, CA. 364-367.
- Scofield, R.A., 1987: The NESDIS operational convective precipitation estimation technique. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1773-1792.
- Woodley, W.L., B. Sancho, and A.H. Miller, 1972: Rainfall estimation from satellite photographs. NOAA Tech. Memo. ERL., OD-11, 43PP.

## Study on Temporal and Spatial Distribution of MCSs and Heavy Rain Systems over Taiwan Area During Mei-Yu Season

Shui-Shang Chi Chung-Chang Lin Jia-Yu Wen  
Central Weather Bureau

### Abstract

The MCS cases and heavy rain systems occurred over the area of Taiwan and its vicinity in the Mei-Yu period were selected to study their cloud features and the temporal, spatial and diurnal variations. The data included GMS satellite data, hourly rainfall reports, as well as surface and upper observations. Results showed that the frequencies of MCSs in June were two times of those in May. Warm top prevailed in May, while cold top dominated in June. Obviously, the frequency and intensity would intensify as the season moved on. The probability of heavy rainfall was closely related to the cloud top temperature of the systems, that is, the colder the top the more probable the heavy rainfall.

The distribution of MCSs in hourly interval revealed that the number of MCSs in June was greater than that in May, especially in the late afternoon. The frequency of MCSs increased from early afternoon and reached their maximum in the late afternoon (17LST). Obviously, it possessed significant diurnal variation in day strong/night weak type. In disturbed days, the signal of diurnal variations was very weak. However, it possessed significant diurnal variations in daytime strong (maximum in the afternoon) and night weak (minimum in mid-night) type in the undisturbed days. Obviously, the diurnal variations of convective systems were from the differential heating due to topography.