

台灣梅雨期間紅外線色調強化曲線之研究

1 2 1 1
紀水上 陳泰然 陳志鵬 林清財

摘 要

紅外線色調強化雲圖，不論在作業或研究上均扮演重要的角色，色調強化曲線 (enhancement curve) 之設計視不同目的而定。目前國內在MCS之作業上沿用MB強化曲線。然而該曲線因係根據美國地域及氣候特性而設計，顯然不太適用於華南及台灣地區。因此，設計一個適用於梅雨季台灣及華南地區之色調強化曲線至為必要。本文利用1987年TAMEX期間之探空資料計算20-30° N/105-130° E六個區域之對流凝結層、平衡層及對流層頂，藉以建立一個適用於台灣梅雨季華南及台灣鄰近地區之紅外線衛星雲圖色調強化曲線—MY曲線，以提供中尺度對流系統及對流雨估計方法研究與作業之用。

經比較MY及MB強化曲線顯示，在發展不甚深厚的對流雲系，MY及MB曲線均可適用，唯由MY曲線處理之雲圖色調較經由MB曲線處理者更易分析 (即對比在MY雲圖較大)。在分析深厚且範圍大的對流雲，前者遠較後者為優。

1. 前言

豪雨為台灣地區最嚴重的氣象災害之一，除颱風季外，主要發生在梅雨季。導致該季豪雨的因素幾皆由鋒面雲帶內之中尺度對流系統 (Mesoscale Convective Systems; 簡稱 MCSs) 而來。此種對流系統有時不被傳統的觀測網所包括，高時空解析度之地球同步氣象衛星資料可彌補此項缺陷。雖然對流所引發雲系之形狀能顯現於衛星雲圖 (例如呈圓形、橢圓形、三角形、葫蘆形)，但是如何辨認對流活躍區與非活躍區更為重要，因其降水之強度及性質有別、MCSs之移動型式亦有差異。Scotfield (1987) 指出當垂直風切顯著時，豪雨區經常發生在砧狀雲之上風區 (upwind portion)，砧狀雲沿著風切方向伸展，而砧雲上風區和下風區之雲區大小由系統的強度和垂直風切的大小而定。一般而言，砧狀雲之上風區降水顯著，而下風區則為小雨或無雨。若垂直風切很小時

，則雨量常以對流中心呈均勻分布。對流中心位在雲系之上游 (迎風面) 者緩慢向前移動甚或向上游發展，而位在下游 (下風區) 者則快速向前移動 (Xie and Scotfield, 1989; Chi and Scotfield, 1991)。上述特徵可由雲頂溫度梯度分布型式辨認，此種雲頂溫度梯度可由紅外線色調強化 (Enhanced IR; 簡稱 EIR) 雲圖中確定。因此，紅外線色調強化雲圖在MCS特徵之顯現及降水估計方面相當重要。

紅外線色調強化雲圖是一種半定量的資料。此種雲圖可提供雲頂溫度分布型式，因此大為提高雲圖的使用價值。紅外線色調強化雲圖，不論在作業或研究上均扮演重要的角色。色調強化曲線 (enhancement curve) 之設計視不同目的而定，例如分析颱風用BD強化曲線，紀和陳 (1984) 為分析中尺度對流複合體之對流中心而設計MCC強化曲線。目前國內外MCS及對流雨估計之研究及作業大都採用MB曲線 (Clark, 1983)。但該曲線係根據美國地域及氣候特性而設計，顯然不能適用於華南及台灣地區。尤其自日本地球同步氣象衛星—GMS 改變觀測型式 (由每三小

1. 交通部中央氣象局氣象衛星中心
2. 國立台灣大學大氣科學研究所

時增為每小時觀測一次；由類比訊號改為數據資料；雲頂溫度廣播範圍由 $31.3 \sim -81.2^{\circ}\text{C}$ (MSC/JMA, 1980) 擴為 $76.3 \sim -136^{\circ}\text{C}$ (MSC/JMA, 1989)。因此，另外設計一適用於梅雨季台灣及華南地區之色調強化曲線是必要的。然而設計強化曲線須根據足夠的探空觀測資料。氣象界為增進中尺度對流系統之了解及克服預報之瓶頸，在國科會推動下於 1987 年 5 - 6 月執行「台灣地區中尺度實驗計畫」(Taiwan Area Mesoscale Experiment; 簡稱TAMEX) 並建有很完整的資料檔。本文利用此實驗期間華南地區之探空資料，建立適用於華南及臺灣地區之色調強化曲線，以提供中尺度對流系統之分析及對流雨估計之研究與作業參考。

2. 資料與分析過程

Meitin and Griffith (1986) 指出以平衡層 (Equilibrium Levels; 簡稱EL) 做為對流之強化曲線是一種有意義的參數，若對流系統雲系之雲頂溫度較平衡層為低，則較易造成劇烈天氣。此外，對流層頂 (Tropopause) 早已被氣象學家用來預報劇烈天氣之參考指標。因此，色調強化曲線至少應包含平衡層和對流層頂之高度及溫度。本文引用資料包括 1987 年 5

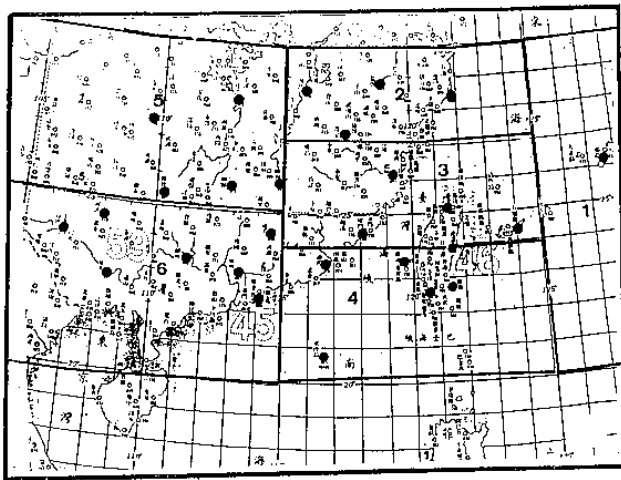


圖 1 研究範圍內所引用之 30 個探空站 (黑圓點) 及六個分區。

月 1 日 - 6 月 30 日一天兩次 (0000 UTC 及 1200 UTC) $20 \sim 30^{\circ}\text{N}/105 \sim 130^{\circ}\text{E}$ 範圍內 30 個探空站 (見圖 1 及表一) 之觀測資料，求取平衡層和對流層頂，藉以建立一個適用於台灣梅雨期華南及台灣地區之紅外線雲圖色調強化曲線，供分析最強對流中心位置及估計對流雲降水量之用。為使所建立之色調強化曲線較俱地域代表性，將研究範圍內依經緯度劃分為六區。雖然本文已求出上述各區之對流凝結面 (Convective Condensation Level; 簡稱CCL)、平衡層及對流層頂之溫度及高度，可依此等參數製作各區之色調強化曲線。但就作業觀點而言，不同區域運用不同強化曲線確實不方便，因此本文所建立之強化曲線不但要考慮作業方便，同時亦應兼俱各地區之特性。圖 2 為利用斜溫圖求 EL 之範例，一空氣塊之露點溫度沿飽和混和比線上升與探空之溫度曲線相交，此交點即為對流凝結層。平衡層出現於正區之頂，即溫度曲線與經自對流凝結層之飽和絕熱線再度相交之點。

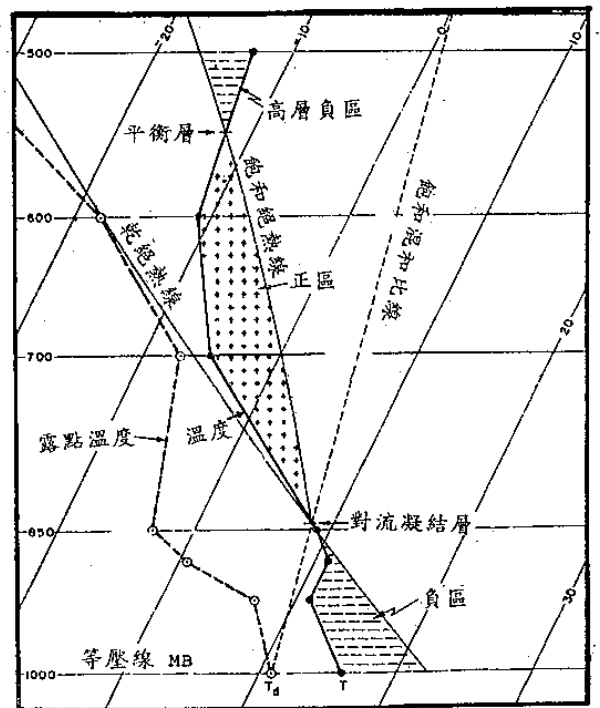


圖 2 由探空資料求取平衡層 (EL) 之範例。

表一 研究範圍內各分區、引用之測站名稱及測站數。

區 別	測 站 名 稱	站 數
第一區	47936, 47909, 47945	3
第二區	58606, 58633, 58666, 58725	4
第三區	59314, 58847, 46692, 47918	4
第四區	59316, 46699, 46734, 46747, 46780, 46810	6
第五區	57679, 57957, 57749, 57972, 57993	5
第六區	45004, 59023, 59096, 59211, 59265, 59287, 57958, 59431	8
合 計：30 個探空站		

3. 結果與討論

(1) MY曲線之特性

本文分別計算研究範圍內六區之對流凝結層、平衡層及對流層頂之高度、氣壓及溫度(表未示)，但第二區(27~30° N/115~125° E)及第五區(25~30° N/105~115° E) EL值太低或無法求出，此可能因該期間上述地區處於梅雨鋒後之穩

定大氣之故。因此，本文僅將其它四區列入計算(見表二及表三)做為製作梅雨期色調強化曲線之依據。就5、6月(表二)及5月15日至6月15日(表三)而言，不論在全區(21站)之平均或各分區，除第六區後者之EL溫度(-48.1°C)高於前者(-51°C)，及第四區後者(-53.3°C)稍低於前者(-52.1°C)外，其它各區後者均遠低於前者，而CCL及對流層頂除在第二區外，不論在何地或何時均大致相當。

表二 1987年5月1日至6月30日30個探空站之對平均流凝結層(CCL)、平衡層(EL)及對流層頂(TPP)溫度值。

區 別	第一區	第二區	第三區	第四區	第五區	第六區	全 區
CCL	19.4	13.6	18.8	19.8	15.4	21.1	19.0
EL	-48.9	****	-44.7	-52.1	****	-51.0	-49.8
TPP	-74.1	-68.7	-74.9	-73.1	-71.9	-77.3	-73.5

附註：****表無此值。

由上分析，台灣梅雨期間之色調強化曲線可設計如表四及圖 3。為便於與MB曲線區分，稱新設計之曲線為MY (Mei-Yu之簡稱) 曲線。MY曲線之設計主要在突出EL及對流層頂。因此，除特殊部份 (即EL及對流層頂) 外，儘可能保留MB曲線之特性，其色調僅稍做強化使其更易分析；因為該強化曲線在中緯度地區已使用多年，且研究MCC/MCS之專家、學者大都以雲頂溫度 $\leq -32^{\circ}\text{C}$ 及 $\leq -52^{\circ}\text{C}$ 為參考值。MY曲線之線段4-6包括雲頂溫度 $\leq -32^{\circ}\text{C}$ 及 $\leq -52^{\circ}\text{C}$ 之等級，且包括了華南及台灣各區5-6月/梅雨季之EL (參考表二及表三)。而線段8則顯示該期間華南及台灣各區之對流層頂。圖4為根據此強化曲線處理而成之強化雲圖，各色調相對應之溫度間距亦表示於圖中 (參閱表四及圖3)。

(2) 與MB強化曲線之比

前已敘及MY曲線設計理念基本上依據華南及台灣鄰近地區之氣候及地域特性，但除平衡層及對流層頂外，仍保有部份MB曲線的特性，以適應以往使用MB曲線者。以下就對流雲不同發展的情形比較此兩曲線的異同。

A. 中度發展之對流雲

圖5為1992年3月28日2302 UTC之經由MY強化曲線 (圖5a) 及MB強化曲線 (圖5b) 處理之紅外線衛星強化雲圖。由於此圖上顯示之對流雲之最低雲頂溫度 ≥ -70

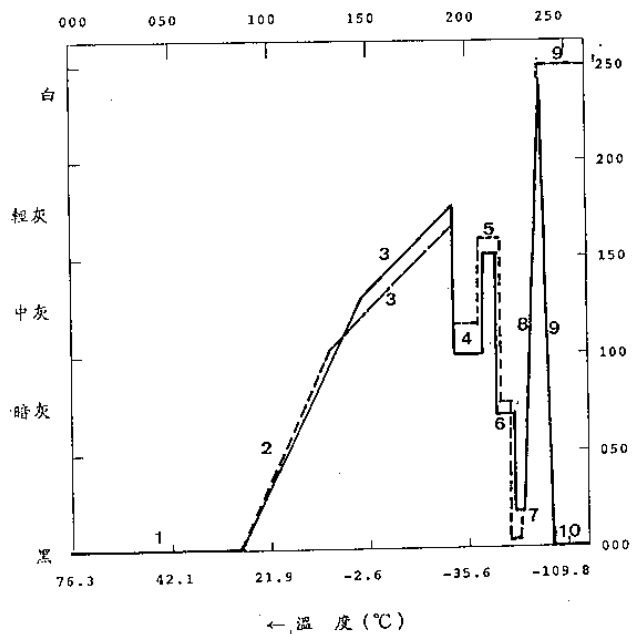


圖3 MY (實線) 及MB (虛線) 色調強化曲線。橫軸為雲頂溫度，縱軸為灰度。兩者各分為256等級，前者由左而右其值為 76.3°C 至 -136°C ，後者由下而上灰度由黑漸變白。

$^{\circ}\text{C}$ ，兩曲線均可解析，顯示此兩強化曲線均可適用於此種雲系發展不特別高的對流雲。然而細察此兩圖之色調，顯示由MY曲線處理之雲圖較由MB曲線處理者對比 (contrast) 為大，因此較易分析。圖6為經由此兩強化曲線處理之1991年6月7日0732UTC紅外線衛星雲圖。在台灣上空有三個MCSs存在，該圖顯示MB曲線處理之雲圖似較MY處理者更易於解析；此乃因MB曲線之上射雲頂 (overshooting tops) 之

表三 同表二，但為1987年5月15日至6月15日。

區別	第一區	第二區	第三區	第四區	第五區	第六區	全區
CCL	20.0	13.8	19.6	19.4	14.2	20.9	19.1
EL	-58.4	****	-48.9	-53.3	****	-48.1	-51.2
TPP	-74.1	-67.7	-74.0	-72.4	-70.8	-77.6	-73.0

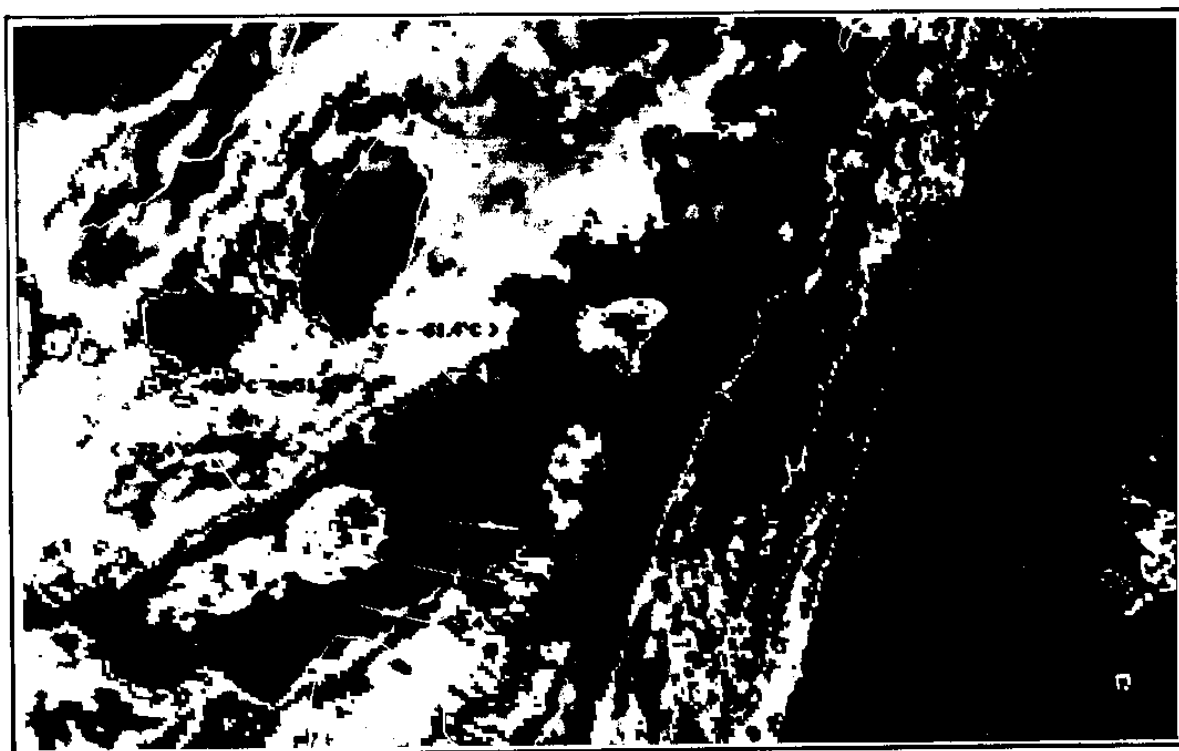


圖 4 由MY色調強化曲線（參閱表四及圖 3）處理之1991年 6月23日2333 UTC紅外線衛星雲圖。

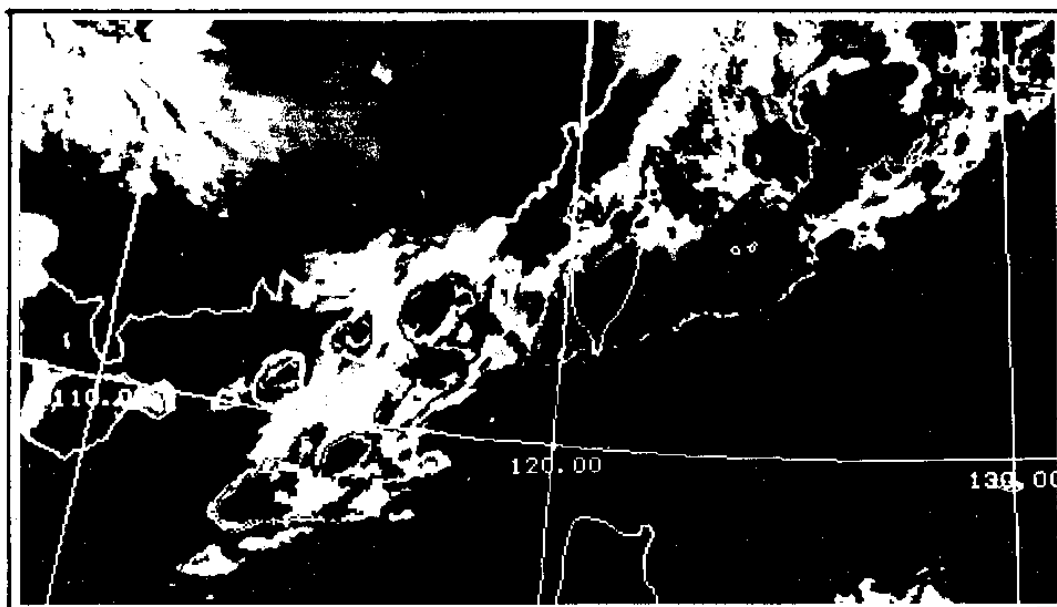
表四 台灣梅雨期色調強化曲線。

溫度切割等級	溫度範圍(°C)	灰度值範圍		灰暗度(色調)	說明
		輸入	輸出		
1	76.3~28.3	0~85	0~0	黑	少或沒有用的氣象資料
2	28.0~-1.6	86~148	0~128	黑~中灰	低層/海陸差異
3	-2.1~-31.7	149~195	129~175	中~輕灰	中層雲(色調無強化)
4	-32.4~-44.3	196~210	100~100	中灰	第一層等值線
5	-45.3~-51.2	211~217	150~150	輕灰	
6	-52.3~-61.4	218~226	70~70	暗灰	雷暴雨
7	-62.6~-69.4	227~232	20~20	黑	色調強化
8	-70.8~-78.9	233~238	150~240	黑~白	上射雲頂強化
9	-80.8~-93.8	239~245	240~0	白~黑	強對流
10	-96.5~-136.0	245~255	0~0	黑	

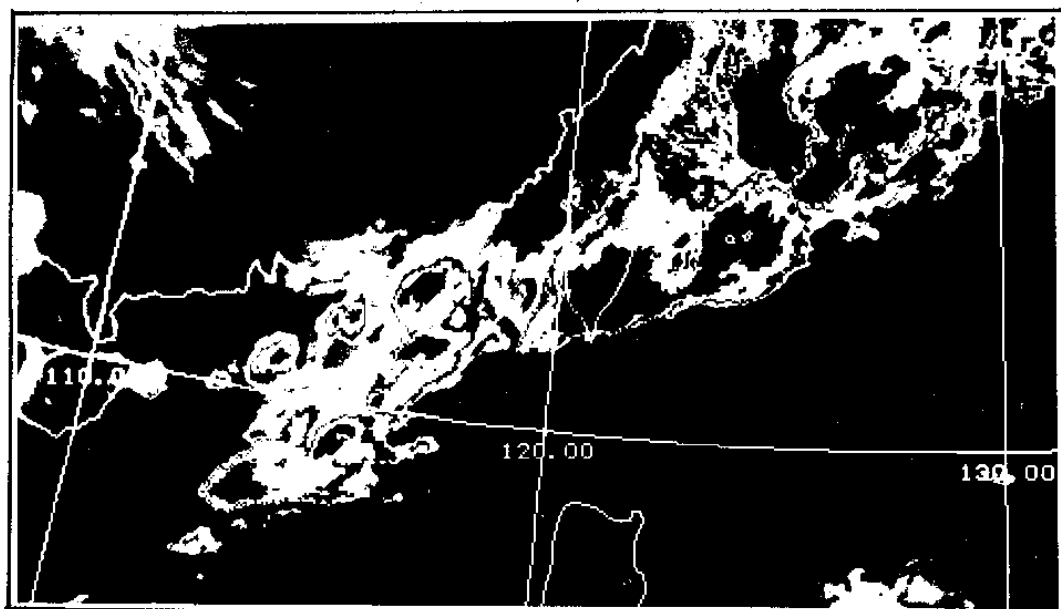
雲頂溫度等級在 $-64.2 \sim -80.2^{\circ}\text{C}$ (參閱 Clark, 1983), 而MY曲線者則在 $-70.8 \sim -78.9^{\circ}\text{C}$ 。因此, MB曲線之色調由黑 ($-60.2 \sim -63.2^{\circ}\text{C}$) 漸轉白 ($-64.2 \sim -80.2^{\circ}\text{C}$) 較MY者為快 (見表四及圖 3)。換言之, 對流不強時, 反而MB曲線似更易分析, 但用在此強度之對流雲降雨估計時, 必須注意可能導致高估 (MB曲線) 或低估 (MY曲線)。

B. 高度發展之對流雲

圖 4及圖 7分別為1991年6月23日 2333 UTC之MY強化及MB強化之紅外線衛星雲圖。該圖顯示, 有甚多的中尺度對流系統發生於台灣鄰近地區; 除在最南、最東之最大者為發展最高 (雲頂溫度最低) 之對流雲帶外, 其餘者均為中度發展之對流雲。此等中度發展者, 經由此兩曲線處理



(a)



(b)

圖 5 經由 (a) MY及 (b) MB強化曲線處理之1992年3月28日2302 UTC 紅外線色調強化雲圖。

所顯示的特徵差異不大。高度發展之對流雲帶呈東北—西南走向，深厚對流依存於此雲帶內。此深厚之對流雲的雲頂溫度 $\leq -64^{\circ}\text{C}$ 之範圍甚大，且有範圍不小的雲系其雲頂溫度已發展至 -81°C 以下，在MB強化雲圖無法找尋對流中心（見圖7）。圖4顯示，在此深厚對流雲中可發現呈黑色色調（雲頂溫度 $\leq -96.5^{\circ}\text{C}$ ）之雲區，由此雲區確定對流中心就容易得多了。圖6又顯示，在呂宋島西北部有一發展甚強之MCS，其色調在由黑變白時，此兩曲線所強化之雲圖均清晰可辨。然而，在MY曲線可顯示最強的對流中心在對流雲系之西南緣（見圖6a）最白色調內之灰色區域，此種狀況在MB雲圖（見圖6b）上則無法分辨。顯見MY曲線所處理之雲圖在解析深對流較MB曲線處理者為佳。

圖8為1991年6月15日1834UTC經由MY曲線（圖8a）及MB曲線（圖8b）之紅外線衛星雲圖。在南海地區呈準圓型之巨大雲系，為在呂宋之皮納吐波火山（Mount Pinatubo； $17.1^{\circ}\text{N}/120.4^{\circ}\text{E}$ ）多次爆發中之一火山灰的分布情形。此次爆發時所噴出之火山灰達26—28公里（Lynch, 1991）。由於該火山爆發所噴出火山灰甚高，其最高處由此兩強化曲線均不易準確定出，不過經MY曲線處理者似可較經MB曲線處理者可定出更合理的位置。

4. 總結與建議

由於紅外線色調強化雲圖可確定雲系對流強度及最強對流中心位置。因此，它在MCS之分析及降水估計之作業及研究均扮演重要的角色。本文依據1987年TAMEX期間之探空資料計算之對流凝結層、平衡層及對流層頂等資料，嘗試建立一個適用於台灣梅雨季之紅外線衛星雲圖色調強化曲線—MY曲線。經與目前作業用的MB強化曲線比較，顯示在發展不甚深厚的對流雲系，MY及MB曲線均可適用，唯由MY曲線處理之雲圖色調較經由MB曲線處理者更易分析（即反差在MY雲圖較大）。在分析深厚且範圍大的對流雲，前者遠較後者為優。

由於人機交替顯示系統（如中央氣象局之即時預報系統）可快速處理探空資料，因此可即時求取平衡層及對流層頂，並與當時的衛星強化雲圖比較，可藉以改進該曲線之效果及增強預報能力。此外，適用其它天氣系統的強化曲線必須重新建立。

5. 致謝

本文承中央氣象局氣象衛星中心何景輝先生協助衛星雲圖之色調強化處理，並承該局提供資料及使用設備之方便，在此一併致謝。本文在中央氣象局八十年委託計畫CWB80-01-06支援下完成。

6. 參考文獻

- 紀水上與陳泰然，1984：1981年5月27~28日華南及台灣地區中尺度對流複合系統之初步分析。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，95-114。
- Chi, S.S., and R.A. Scofield, 1991: Study of the mesoscale convective systems (MCSs) propagation characteristics over subtropical China during Taiwan Mei-Yu season. Int'l Conf. on Mesoscale Meteor. and TAMEX, Dec.3-6,1991, Taipei, Taiwan, R.O.C. 32-41.
- Clark, J.D., 1983:GOES User's Guide. USDOC, NOAA, NESDIS, Washington, D.C., 156pp.
- Lynch, J.S., 1991: Mount Pinatubo—Explosive volcanic eruptions. Wea.and Fore., 6, 4, 576-579.
- Scofield R. A., 1987: The NESDIS operational convective precipitation estimation technique. Mon. Wea. Rev., 115, 1773-1792.
- Meitin, B. J., and C. G. Griffith, 1986: An investigation of a GOES infrared enhancement based on the convective equilibrium-level temperature. 11th Conf. on Wea.

Fore. and analysis, Mo., 282-287.
MSC/JMA, 1980: The GMS users' guide
(Issue 1). Meteor. Satellite
Center, Japan Meteor. Agency,
3-235 Nakakiyoto, Kiyose - shi,
Tokyo, Japan. 111pp.
MSC/JMA, 1989: The GMS users' guide
(second edition). Meteorological
Satellite Center, Japan Meteor.

Agency, 3 - 235 Nakakiyoto,
Kiyose-shi, Tokyo, Japan. 222pp.
Xie, J., and R. A. Scofield, 1989:
Satellite - derived rainfall
estimates and propagation char-
acteristics associated with
mesoscale convective systems
(MCS). NOAA/NESDIS Tech. Memo.
NESDIS 25, Washington, DC, 49pp.

Study on the IR Enhancement Curve during Taiwan Mei-Yu Season

1 2
Shui-Shang Chi, George Tai-Jen Chen

1 1
Ji-Diau Chen, Ching-Tsai Lin

ABSTRACT

Enhanced IR imagery plays very important role not only in the operation but also in the research. The enhancement curves can be designed based on various purposes. MB curve has been used for the MCS' operation in Taiwan. However, this curve was designed based on the climatological characteristics of the United States. Obviously, it is not suitable for southern China and Taiwan. Therefore, it is necessary to design an enhancement curve for sub-tropical China during the Mei-Yu season.

The purpose of this paper is to establish an infrared enhancement curve which is suitable for the mesoscale convective systems (MCSs) identification and convective rainfall estimation in southern China and Taiwan area during Taiwan Mei-Yu season. The enhanced curve - MY curve is based on the characteristics of convective condensation level, equilibrium level and tropopause which were obtained from the rawinsonde data over the six areas of 20-30° N; 105 -130° E in the TAMEX field phase (May 1- June 30) of 1987.

The comparison between MY and MB curve shows that both curves are suitable for the non-deep convection. But the MY curve produces better result because it provides greater contrast. The MY curve is much better than the MB on the intensive and big convective system.

-
1. Meteorological Satellite Center, Central Weather Bureau
 2. Dept. of Atmospheric Sciences, National Taiwan university



(a)



(b)

圖 6 同圖 5，但為1991年 6月 7日0633 UTC。

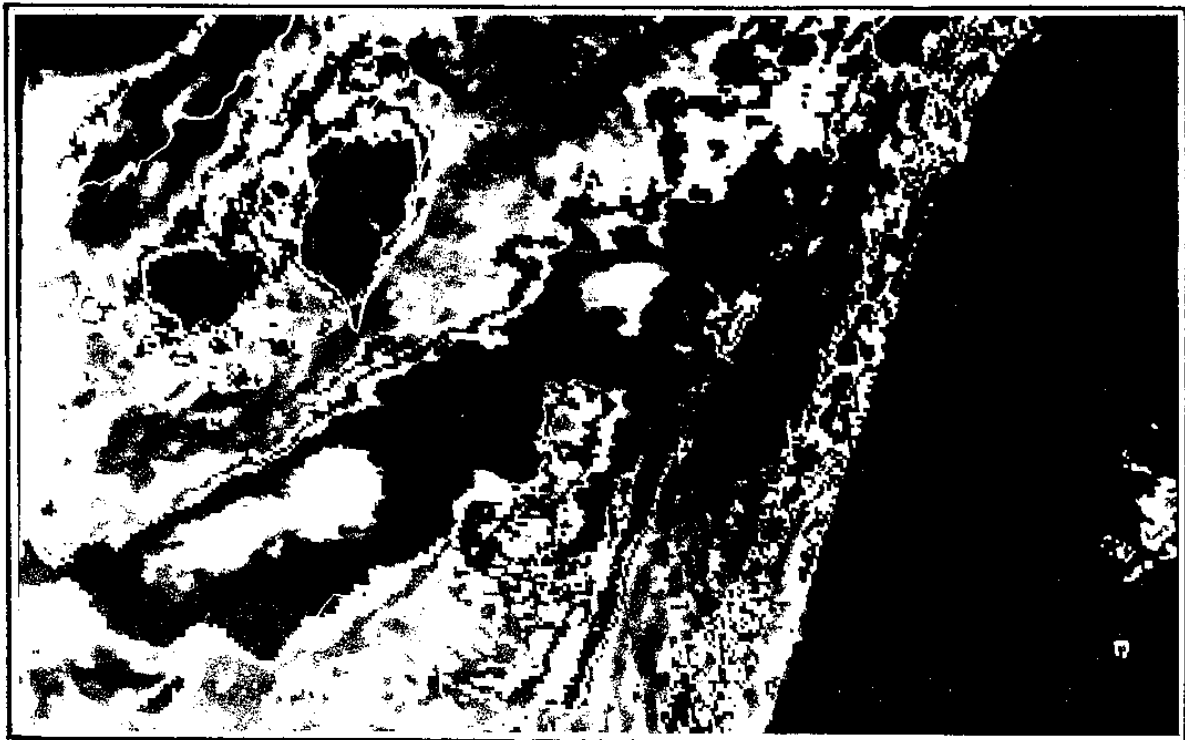
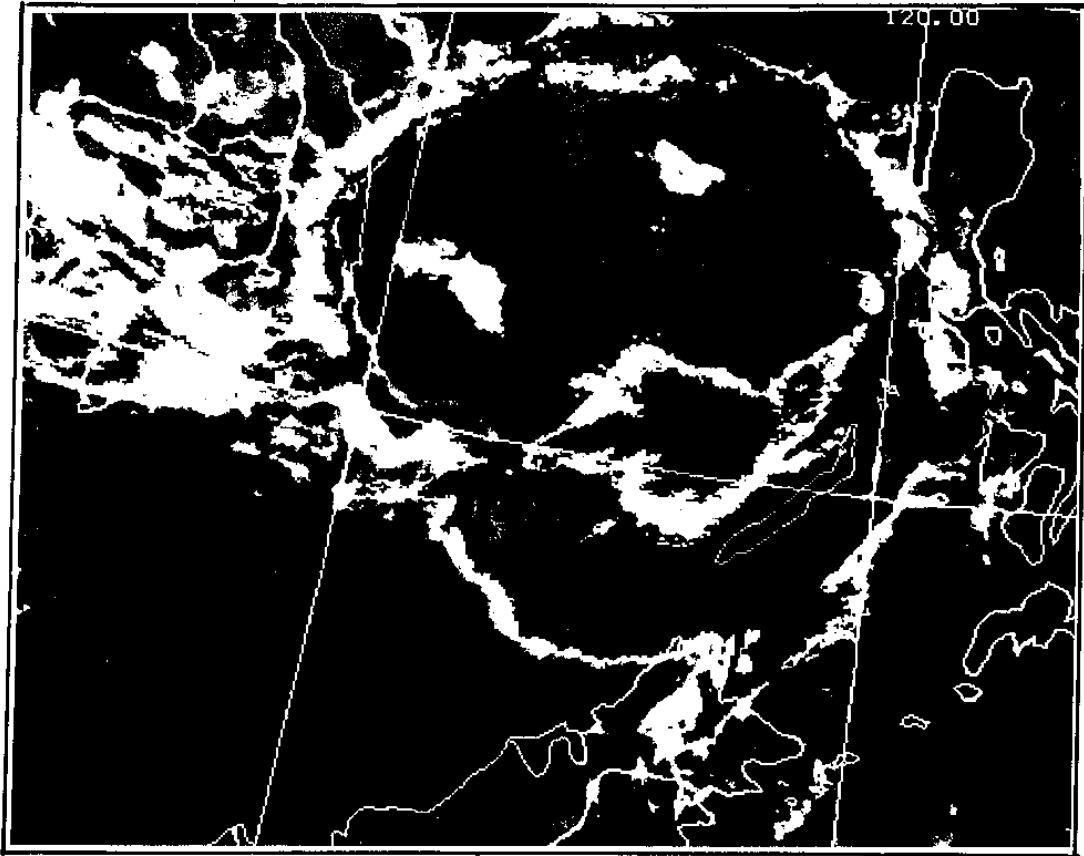
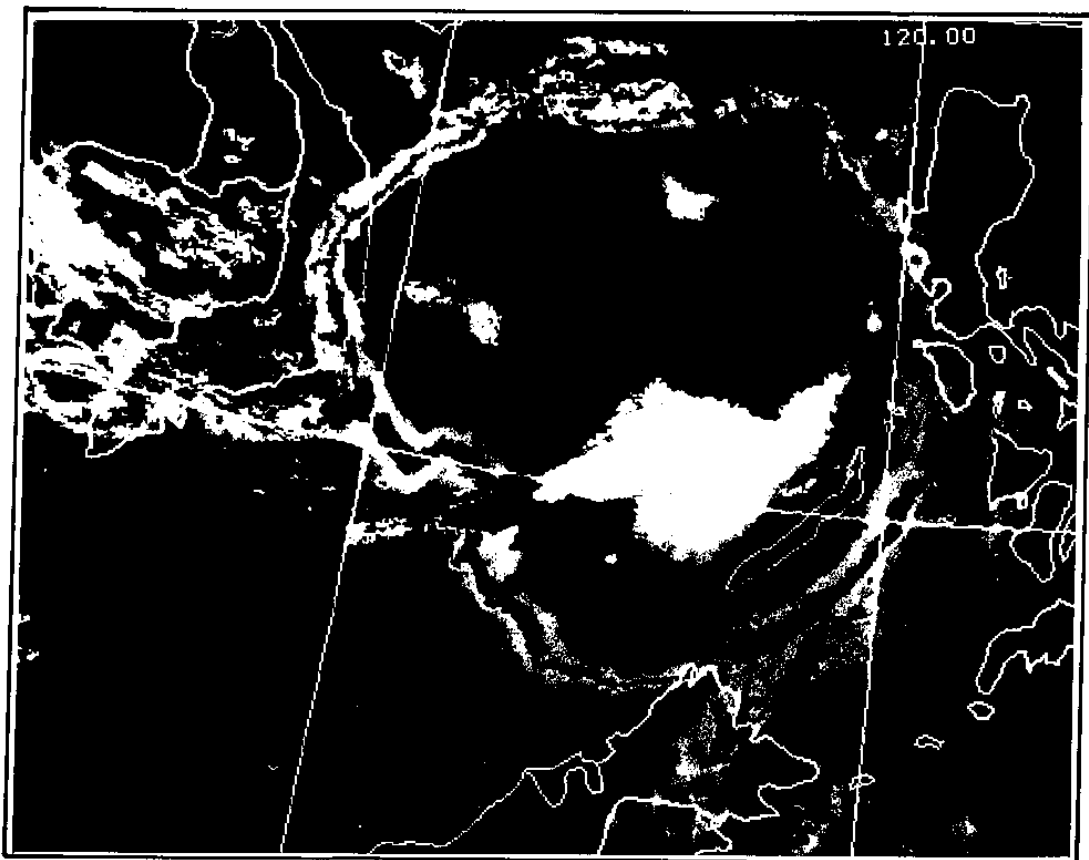


圖 7 同圖 5，但經MB色調強化曲線處理。



(a)



(b)

圖 8 同圖 5，但為1991年 6月15日 1834 UTC。