

客觀分離法識別熱帶氣旋降雨雲帶分佈之研究 -以莫拉克颱風為例

楊宏宇¹ 陳昱璋²

¹ 中華科技大學土木防災與管理碩士班副教授

² 中華科技大學土木防災與管理碩士班碩士

摘要

在台灣，颱風暴雨是颱風伴隨帶來的主要災害之一，尤其伴隨颱風而來之豪雨所導致的淹水與土石流，使台灣幾乎每年遭受生命及財產損失。為使民眾了解政府機構發佈颱風警報是否適時而準確，先決條件就是取決於客觀評估的水準，颱風侵台時，其環流受台灣地形影響，常伴隨局部地區之中尺度現象，使得侵台颱風特徵，常無法以過去開敞洋面上的研究成果做為詮釋，侵台颱風在台灣地區之總累積降水量預報目前還是深具挑戰，累積雨量預報值經常隨著颱風環流的逼近陸地而修正，所以災害的預警時間受到很大的限制。基於此，本文希望可以發展一種快速而有效的颱風累積降水潛勢預估法。傳統的颱風降雨量預測公式是依照經驗所定出的固定公式，而本研究所依據的則是既有的降雨和颱風路徑及各測站距離建立模式分離出非颱風雨帶，並使之成為適合預測颱風因子和降雨量之間複雜關係的模型，若能事先推測可信賴的各項颱風因子的值，即可迅速地輸出該時刻之降雨量，以滿足颱風預報工作所必須爭取之時效性。在此以莫拉克颱風為研究案例，利用莫拉克颱風過境台灣時的降雨數據資料及颱風中心路徑作為雲帶分離識別分析的來源，來探討如何從降雨觀測資料中分離出颱風降雨及其氣候變化問題，並以客觀分離進行識別，建立參數模式，研析颱風時期颱風和測站之距離與台灣各區域降雨的關係，對比進行有效分離，了解熱帶氣旋雨與附近環流的關係；最後以預測雨量及實際雨量進行，以檢定此種模式的正確性。研究結果顯示該方法在台灣受熱帶氣旋(颱風)影響下，可有效識別雲帶雨量，並依劃分熱帶氣旋(颱風)影響層次，明確掌握台灣雨量分布情形。界定雲帶降雨測站範圍，能較為客觀的進行實際參數，並分析鑑別天氣系統影響性，合理掌控雨量狀況。

關鍵詞：颱風暴雨、熱帶氣旋、客觀分離方法、降雨雲帶。

一、前言

在台灣，沒有一個人不關心颱風，各行各業多多少少要受到颱風的影響。像農業、交通、營建、水利、漁業、林業、電力以及工商業等，都需要關心颱風資訊，以為未雨綢繆之計。颱風造成的災害既然如此之可怕，不幸時至今日，縱然科技進步神速，我們對颱風的預報還不能達到較滿意的準確程度。防風要花錢，損失工時，以應用者的立場必須求採取防風的最後時機。颱風暴雨是颱風帶來的主要災害之一，想要使民眾了解政府機構發佈颱風警報是適時而準確，先決條件就是要設計幾種量尺作為客觀評估的標準，這樣也可使氣象單位自己知道颱風的預報是否比過去進步，分析了以往颱風警報的準確程度，大家心理上才好有所準備，不致因期望過高而變成失望。

颱風侵襲期間，經常帶來豪雨，但個別颱風本身挾帶的雨量，則彼此相差很大。某一颱風使某一地區發生空前大雨；但同樣強度，而且走同一路徑的颱風，該地區也可能毫無雨澤。颱風經過期間各地實際出現的雨量究竟有多少，除了受路徑、強度、含水量多少控制外，顯然受到地形和颱風旋渦周圍的氣壓型所操縱。因為在颱風區域內，氣流擁向中心，漸進中心，氣流兩等壓線近似平行，而氣流的上升力也建顯著。如在受地形抬高，由於此暖濕氣流本身以呈條件性不穩狀態，故而一經攀升，必然會降下傾盆大雨；相反來說，如果氣流越過山嶺被迫下降，因為絕熱增暖的緣故而雨量很少，甚至是多雲的天氣。本研究以莫拉克颱風為研究案例，利用莫拉克颱風過境台灣時的降雨數據資料，來探討如何從降雨觀測資料中分離出颱風降雨及其氣候變化問題，並以客觀分離進行識別，建立參數型式方案後，研析颱風每段時期的距離與台灣各區域降雨關係；最後

以預測雨量及實際雨量進行對比，以檢定此種方案的正確性。

二、研究方法

客觀分離法(Objective Synoptic Analysis Technique: OSAT)係根據這些雨帶兩颱風中心之間以及各降雨測站與颱風之間的距離關係來確定颱風降雨，由任福民等[15]，提出一種識別熱帶氣旋降水的新方法，其模式將颱風及非颱風進行雨量分離表現出降雨識別能力，在以王咏梅[16]、REN F M[32]等提出新的改進方案，修改預先取得的熱帶氣旋的最大風速資料判定颱風對測站雨量的影響性，使其更準確快捷及更客觀。

在已選定範圍的日期的n個測站的降雨量 $p(1)$ 、 $p(2)$ 、...、 $p(n)$ ，測站經緯度 $lon(1)$ 、 $lon(2)$ 、...、 $lon(n)$ ， $lat(1)$ 、 $lat(2)$ 、...、 $lat(n)$ ，以及颱風中心位置 lon_c ， lat_c ，已這些測站的降雨資料識別出哪些是颱風雨帶及非颱風雨帶。如圖1

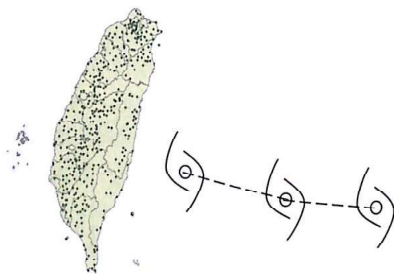


圖1 台灣雨量測站及颱風位置預想圖

首先，從降雨場的結構入手，將降雨場劃分成不同的雨帶，然後再根據這些雨帶與颱風中心之間以及各測站與颱風中心之間的距離關聯來確定颱風降雨，具體做法如下：

(1) 分離不同的雨帶

在用於大陸與北美洲時，由於幅員廣闊，客觀分離測站與鄰站固定距離以

200km，但因使用於台灣時需要將抓取距離縮小，以測定較精細的地形，將全台測站重覆抓取度降為6.43%測站定義距離設為小於固定距離以30km的測站為它的鄰站。在此基礎上可進行下列工作。如圖2

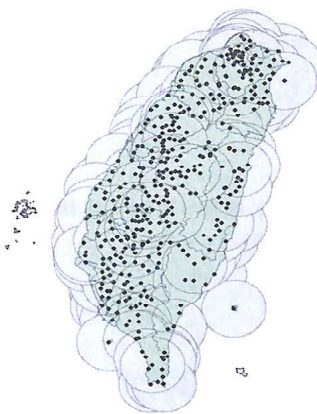


圖2 台灣測站與鄰站抓取圖

(2) 選取鄰站降雨率

以已知的各台站經緯坐標及颱風經緯坐標為 $A(a1,b1)$ ， $B(a2,b2)$ $a1a2$ 為經度， $b1b2$ 為緯度。緯度北正南負，經度東正西負以此計算測站於各站及颱風之距離。

$$d=R \times \arccos[\cos b1 \times \cos b2 \times \cos(a1 - a2) + \sin b1 \times \sin b2] \quad (2-1)$$

$r(i)$ 稱為台站 i 的鄰站降雨率，其中 M 和 m 分別是鄰站總數和有降雨的鄰站數。可知 $r(i)$ 的變化範圍為0.0~1.0。

$$r(i) = m/M \quad i=1, \dots, n \quad (2-2)$$

(3) 選取最大可能的雨帶中心

$p(i)$ 為各站雨量 R_0 為鄰站降雨率的臨界值，對每個測站以(2-2)式做計算可確定有

降雨的測站之降雨率，當其鄰站降雨率達到或超過設定的臨界值 R_0 時，他就可能隸屬於某一個確定的雨帶。為此，按照 $r(i)$ 從大到小的順序挑選出同時滿足下列條件的測站為最大可能的雨帶中心。如圖3

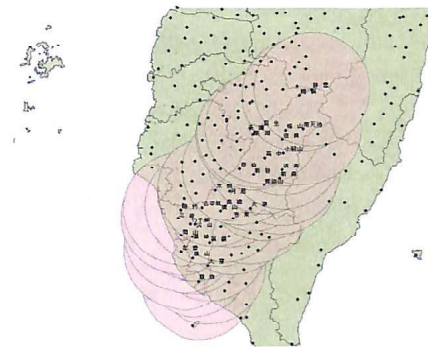


圖3 測站區域性抓取圖

$$p(i) > 0 \quad (2-3)$$

$$r(i) > R_0 \quad (2-4)$$

假定通過上述方法尋找到 K 個雨帶中心，為利於識別出全部雨帶， R_0 取值不易太大，一般取0.3~0.5。

(4) 定義雨帶主要特徵

對 K 個入選雨帶中心的測站依次進行以下步驟：

步驟一：當有未隸屬任何以定雨帶的測站時，它隸屬於一個新的雨帶 j ，否則對下一個雨帶中心做同樣的處理。

步驟二：如果測站 i 隸屬於雨帶 J 則對於它的任何一個未隸屬於任何已定義雨帶的鄰站中心，當它滿足下列條件之一時。

$$p(i) \geq P_0 \quad \text{且} \quad r(i) \geq R_0 \quad (3-5)$$

$$p(i) > 5mm \quad \text{且} \quad r(i) \geq 0.5 \quad (3-6)$$

步驟三：對新入選雨帶 j 的測站，重覆

步驟二，直至找不到任何滿足條件的鄰站時，回到步驟一。

通過上述方法假定可以分離出 $J (J \leq K)$ 個雨帶。如圖 4

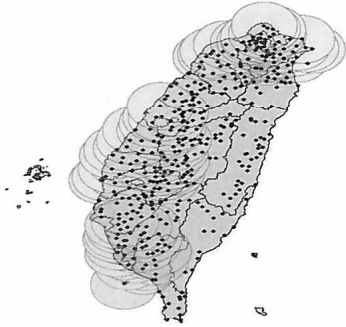


圖 4 界定雲帶雨量劃分示意圖

(5) 識別颱風雨帶

假定颱風中心與所有測站最小距離為 D_{min} ，對陸面構成影響的颱風有登陸的颱風和近海的颱風，引入 D_{min} 後對任一個有降雨的測站，如果它滿足下列條件之一，按下列方法可以有效進行兩類颱風的識別。

台站與颱風中心距離 $< D_0$ (3-7)

台站與颱風中心距離 $< D_1$ 且該測站隸屬於某一個可能的颱風雨帶 (2-8)

則該台站隸屬於颱風雨帶，其中是颱風雨帶台站的控制閥值。

三、分析與討論

圖5及圖9為8月6日莫拉克颱風接近台灣下午16點至18點及8月10日莫拉克離開台灣上午4點至6點統計雨量劃分界定圖，以利用客觀分離法中通過 R_0 臨界值進行判定，所形成的降雨測站圖形，臨界值界定範圍可分為 0.3、0.4、0.5 等，如圖 6、圖 7、圖 8、圖 10、圖 11、圖 12，區分後以臨界值依差別檢核各測站與鄰站的距離及降雨接收量相互

圖5 8月6日莫拉克下午16點至18點統計雨量劃分界定圖



圖6 8月6日莫拉克下午16點至18點統計雨量 $R_0 (0.3)$ 臨界值判定圖



圖7 8月6日莫拉克下午16點至18點統計雨量 $R_0 (0.4)$ 臨界值判定圖



圖8 8月6日莫拉克下午16點至18點統計雨量 $R_0 (0.5)$ 臨界值判定圖



圖9 8月10日莫拉克上午4點至6點統計雨量劃分界定圖



圖10 8月10日莫拉克上午4點至6點統計雨量 $R_0 (0.3)$ 臨界值判定圖



圖11 8月10日莫拉克上午4點至6點統計雨量 $R_0 (0.4)$ 臨界值判定圖



圖12 8月10日莫拉克上午4點至6點統計雨量 $R_0 (0.5)$ 臨界值判定圖



導出的降雨測站圖形有明顯之差異，在雨量實際總值依對比臨界值 0.3、0.4、0.5，臨界值 0.3、0.4、0.5 在進行全台判定有明顯的不同，在取值越高的情況，測站與鄰站判定就越低，雨量統計也會不同，在分析台灣雨量以圖 13 及 16 看出 8 月 6 日及 8 月 10 日台灣雨量分布，在以圖 14、15、17、18 分析 8 月 6 日及 8 月 10 日分離雨帶在表 4-1 百分比差異度排序為 13%、15%、20%，分析顯示臨界值為 0.5 時圖型能較為緊密與氣象雲圖也較有一致性，而以臨界值為 0.3、0.4 圖形則略較鬆散與雲圖影響一致性較不合理，這表示台站降水

率的控制閥值在篩選符合台站與各鄰站的取值決定雨量上的誤差，如果取值越大則雨量差異也越多，取值越小則圖形與氣象雲圖較為不實際。



圖13 8月6日16點至18點克利金分析雨量分布圖



圖14 8月6日16點至18點雨帶分佈(單位mm, 等值線間隔55mm)5

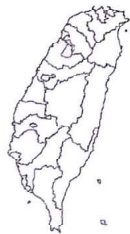


圖15 8月6日16點至18點非颱風雨帶分佈(單位mm,等值線間隔55mm)



圖16 8月10日4點至6點克利金分析雨量圖



圖17 8月6日16點至18點雨帶分佈(單位mm,55等值線間隔55mm)



圖18 8月6日16點至18點非颱風雨帶分佈(單位mm,等值線間隔55mm)

在界定颱風降雨範圍，可排定非颱風降雨範圍、可能颱風降雨範圍、絕對颱風降雨範圍，以每段時間對颱風中心做距離分離範圍，可明白看出分離莫拉克颱風各層次降雨測站，劃分莫拉克颱風各階段對台灣影響降

雨狀況。

在初期8月5日從參數評定莫拉克颱風中心與最近台站之距離 (Dmin) 分為遠距離颱風、近距離颱風及中心最大風速來定莫拉克颱風影響範圍，合理的分離未受莫拉克影響非颱風雨量和受莫拉克吸引造成的可能颱風降雨，在分析發現颱風在尚未接近既有其他附近環流，在之後受到莫拉克颱風吸引造成的降雨，在8月6日莫拉克颱風已達評定近距離颱風，分析可看出每隔時段颱風分離之可能雨量與絕對雨量之差異，颱風造成地區降雨及受颱風吸引附近環流所造成的降雨，以中央氣象局預測雨量進行比對發現；颱風絕對降雨和預測降雨僅相差1.52%如表1，而之後7日及8日颱風影響範圍抵致台灣全域，故在8月9日莫拉克颱風離開台灣在進行有效分離，然在9日及10日愈預測雨量比對，9日預測雨量少了59.51%如表2，而10日預測雨量多126.1%，兩天所比對的差異性較大，顯示氣象局所預報的預估雨量與實際雨量不相符，才會造成如此落差。

2010/8/6					
時間	K(單位：mm)			K(單位：mm)	J(單位：mm)
	0.5	0.4	0.3		
1-9				806.5	
10-12	216	283.5	297	430.5	
13-15	808	890.5	930	1145	193
16-18	1863	1902.5	1934	2040	3996.5
19-21					6036.5
22-24					4918.5
累積雨量	2887	3076.5	3161	4422	15144.5
百分比	20.15%	14.91%	12.57%		
實總雨量(單位：mm)		預測雨量(單位：mm)		差距百分比	
19566.5		15375		+1.52%	

表1 莫拉克颱風侵襲台灣8/6雲帶雨量分離

2010/8/9					
時間	K(單位：mm)			K(單位：mm)	J(單位：mm)
	0.5	0.4	0.3		
1-9					43506.5
10-12					11177
13-15				0.5	9677.5
16-18	0	0	17.5	22.5	5929.5
19-21	114	119	136	162	4856
22-24	0	0	24.5	95.5	2654.5
累積雨量	114	119	178	280.5	77801
百分比	59.29%	57.50%	36.45%		
實總雨量(單位：mm)		預測雨量(單位：mm)		差距百分比	
78081.5		31500		-59.51%	

表2 莫拉克颱風侵襲台灣8/9雲帶雨量分離

2010/8/10					
時間	K(單位：mm)			K(單位：mm)	J(單位：mm)
	0.5	0.4	0.3		
1-3	1002.5	1005.5	1005.5	1017.5	2636
4-6	1071	1117.5	1138	1213	847
13-15					
16-18					
19-21					
22-24					
累積雨量	2073.5	2123	2143.5	2230.5	3483
百分比	7.04%	4.82%	3.90%		
實總雨量(單位：mm)		預測雨量(單位：mm)		差距百分比	
5713.5		31500		+126%	

表3 莫拉克颱風侵襲台灣8/10雲帶雨量分離

四、結論與建議

R0臨界值判定取值越大，其符合測站數較少，總雨量差異性也就越大，而取值較低則雲帶分布圖形較差相對的不實際，此種關係宜較採取其中間值取得平衡。

該方法表明能鑑定莫拉克颱風雨量，進行有效分離熱帶氣旋雨附近環流的關係，其雨量前期預測和後期預測差異有很大的不同，天氣預測可以此種系統進行劃分熱帶氣旋層次改善預測雨量空間，了解熱帶氣旋對附近環流的影響性。

以客觀分離法分析熱帶氣旋對台灣影響性可看出，該方法能有效分離並識別附近環流雲帶所造成降雨，劃分出熱帶氣旋影響層次，明確掌握熱帶氣旋經過台灣時所分離出的降雨分布情形，能較為客觀的進行分析實際參數，鑑別天氣系統影響性，合理掌控雨量狀況。

在分析過程中，台灣由於地形較狹小，以致於辨識測站與鄰站之界定距離定為30km，假定在判定測站範圍時，以各測站之鄰站總數密度作為考量，相信可提昇氣象與地形因素的準確性，並可作為測站設置的參考。

此研究顯示受到颱風渦流影響的環流雲帶降雨與颱風路徑關係密不可分，因此未來希望能將颱風各類路徑予以統計，結合測站雨量資料及衛星雲圖，可了解熱帶氣旋在路徑上的不同，接近及離開所導引出附近環流而形成的降雨分布。

五、參考文獻

- 徐森雄、王香云、朱芷萱、孫沛瑜，2006：臺灣西南部地區之降雨分佈特性。Crop, Environment & Bioinformatics 3:9-19 (2006).
- 李清勝與張奕郎，1998：1989-1996年侵台颱風伴隨降水特性分析。天氣分析與預報研討會論文集編(87)，276-281(1998)。
- 張保亮，2000：登陸中颱風環流變化分析：賀伯(1996)個案研究。國立台灣大學大氣科學研究所博士論文，158pp(2000)。
- 陳泰然等，1993：豪雨預報技術改進之研究—颱風部分研究計畫。交通部中央氣象局81年度委託研究計畫。
- 王時鼎，1980：台灣及其附近地區颱風強度及路徑之預測。行政院國家科學委員會研究報告第108號，100pp(1980)。
- 周仲島、張保亮與李文兆，1994：都卜勒雷達在颱風環流中尺度結構分析的應用。大氣科學，22，163-187(1994)。
- 謝信良、丘台光及徐辛欽，1996：民國八十五年賀伯颱風侵台期間豪雨分析。天氣分析與預報研討會論文集編(85)，336-345(1996)。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典與葉天降，1996：台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究(四)。中央氣象局專題研究報告CWB84-1M-01，356pp(1996)。
- 陳聯壽、董克勤、金漢良，等。熱帶氣旋全球觀【M】北京：氣象出版社，1994。24-95。
- 王時鼎，陳泰然，謝信良，“台灣颱風降雨特性及其預報研究”，國科會防災科技研究報告，1986。
- 王時鼎，“侵台颱風路徑、強度、結構及風雨整合研究”，國科會防災科技研究報告，1992。
- 李富城，馬汝安，“颱風路徑與台灣雨量分佈之研究”，中範圍天氣系統研討會論文集編，pp.163-174，1982。

- 林雨我，徐晉淮，“侵襲台灣颱風之降雨分佈研究”，天氣分析與預報研討會論文集編，pp.177-189，1988。
- 徐天佑，呂貴寶，“颱風降水之個案研究”，氣象預報與分析，vol.141，1994。
- 任福民，B. Gleason, and D. R. Easterling. 一種識別熱帶氣旋降水的數值方法，熱帶氣象學報，2001，17(3):308-313。
- 王咏梅，任福民，王小玲等。中國颱風降水分離客觀方法的改進研究。氣象，2006，32(3):6-10。
- 戚啟勳，1978：台灣八十年來之颱風(1897~1976)。中央氣象局，1-106。
- 王建國、陳清得，1993：交通部中央氣象局歷年颱風警報發布概況，1-81。
- 蕭長庚，1988：歷年颱風侵台客觀定義之研究。七十八年研究發展專題第263號，1-23。工程研究所(1999)。
- IPCC. Workshop Report for IPCC Workshop on Changes in Extreme Weather and Climate Events, Beijing, China, 2002.
- Jorgensen, D. F., 1984: Mesoscale and convective-scale characteristics of mature hurricanes. Part I: General observations by research aircraft. J. Atmos. Sci., 41, 1268-1286.
- Shea, D. J., Gray, W. M., 1973: The hurricane's inner core region. Part I: Symmetric and asymmetric structure. J. Atmos. Sci., 30, 1544-1564.
- Shapiro, L. J., Willoughby, H. E., 1982: The response of balanced hurricanes to local sources of heat and momentum. J. Atmos. Sci., 39, 378-394.
- Barnes, G. M. et al., 1983: Mesoscale and convective structure of a hurricane rainband. J. Atmos. Sci., 40, 2125-2137.
- Barnes, G. M., and G. J. Stossmeister, 1986: The structure and decay of a rainband in Hurricane Irene(1981). Mon. Wea. Rev. 114, 1268-1286.
- Alliss, R. J., S. Raman, and S. W. Chang, 1992: Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) observations of hurricane Hugo (1989). Mon. Wea. Rev., 120, 2723-2737.
- Rodgers, E. B., S. W. Chang, and H. F. Pierce, 1994: A satellite-observational and numerical study of precipitation characteristics in Western North Atlantic tropical cyclones. J. Appl. Meteor., 33, 129-139.
- Rodgers, E. B., and H. F. Pierce, 1995: A satellite observational study of precipitation characteristics in Western North Pacific tropical cyclones. J. Appl. Meteor., 34, 2587-2599.
- RODGERS E. B. ADLER R. F. PIERCE H. F. Contribution of Tropical Cyclones to the North Atlantic Climatological Rainfall as Observed from Satellites 2001(11).
- MERRILL R. T. A Comparison of large and small tropical cyclones【J】. Mon Wea Rev. 1984 112: 1408-1418.
- Ren F G, Wu W, Dong. X, et al. Changes in tropical cyclone precipitation over China. Geophys Res. Lett, 2006, 33. L20702, doi: 10. 1029/2006GL027951.
- REN F M. WANG Y M. WANG X L Estimating Tropical Cyclone precipitation from station observations -Advances in Atmospheric Sciences 2007(4).

A Study of Objective Separation Technique to Identify the Distribution of Rainfall Band in Tropical Cyclones-Using Typhoon Morakot as an Example

Hornng-Yu Yang¹ Yu-Jhang Chen²

¹ Associate Professor of the Master Section of Civil Disaster Prevention and Management

² Master of the Master Section of Civil Disaster Prevention and Management

Abstract

In Taiwan, the typhoon brought heavy rain associated with typhoons Your major disasters, in particular, from the heavy rains associated with typhoons caused flooding and landslides, so almost every year in Taiwan suffered the loss of life and property. Wei made aware of the typhoon warning issued by governmental agencies a suitable time and accurately, a prerequisite is that the standard of objective assessment Qujue Yu typhoon invading Taiwan, its circulation by the topographic effects of Taiwan, often accompanied by localized phenomenon among the scales, making landfall typhoons Tezheng often unable to open interpretation of research results over the ocean, landfall typhoons in Taiwan, the total accumulated precipitation forecast is still very challenging, often with the cumulative rainfall forecast value of the land while approaching typhoon circulation of the amendment, so early warning of disasters time is greatly limited. For this reason, I hope to develop a fast and effective accumulated rainfall potential of typhoon forecast method, the traditional formula of typhoon rainfall forecasting experience is in accordance with a fixed formula, but this research is based on the existing rainfall and typhoon path and the stations were separated from Africa and Taiwan to establish model with wind and rain, so trained for forecasting typhoon factors and the complex relationship between rainfall model, if the prior guess reliable values of the typhoon factor can quickly the output of the time of rainfall, typhoon forecasting work to meet the need for timeliness. Typhoon Morakot this to a case study, when using Morakot typhoon rainfall data in Taiwan and the typhoon center as the cloud passing separate identification of the source, to explore how rainfall observation data separation, the typhoon rainfall and climate change and separation of the identification objective to establish parameter model, study and analyze the distance and Taiwan, the typhoon period the relationship between the regional rainfall, compared to an effective separation of rain and in the vicinity of tropical cyclones to understand the relationship between circulation; last to predict the rainfall and actual rainfall for to test the correctness of this model. The results show that the method in Taiwan by tropical cyclones, which can effectively identify cloud Dai rainfall, and according to Huaifen tropical cyclone levels, Mingque master Taiwan Yuliangfenbu situation, define the scope of clouds with rain Taiwan Zhan is more objective in the conduct of the actual parameters to identify weather system, reasonable control of rainfall conditions.

keyword: tropical cyclone, Originally objective method