

台灣南部邊界層與梅雨對流系統相關性研究

The Study of the relationship between the wind of planet boundary layer and convection system during Mei-Yu period at southern Taiwan area

宋偉國

¹空軍航空技術學院一般學科部軍事氣象系

¹Soong Wei-Kuo、

¹Department of Military Meteorology, Airforce Institute of Technology

摘要

本文運用2016年西南氣流聯合觀測實驗計畫資料，與中央氣象局、NCEP資料、颱風中心大氣資料庫，分析6月10日南高屏地區對流系統，並透過探空密集觀測資料，以及WRF模式模擬對流系統，研討梅雨鋒與南部地區邊界層特性及其與對流系統相關性。結果顯示此時梅雨鋒仍在台灣北側，且9日1200UTC(即9日2000LST)台灣風場仍為東南風。幾小時後，南臺灣已經有對流系統，此時對流雲帶亦已顯著存在台灣附近。低層風場顯示西南氣流顯著增強，探空資料顯示1000公尺以下西南風短短幾小時即增強許多，模式亦模擬到此現象，顯示台灣南部對流系統與低層噴流密切相關，低層噴流迅速增強，隨著日出一段時間後又消失，顯然其成因與邊界層演變有密切關係。

關鍵字：WRF模式、對流系統、低層噴流、梅雨鋒、邊界層

一、前言

東亞是世界著名季風區，由冬季東北季風轉變到夏季西南季風的過渡時期，是為梅雨期。台灣地區5月中旬至6月中旬梅雨季，鋒區伴隨狹長雲帶，寬數百公里，長數千公里，雲帶內之中尺度對流系統，往往伴隨顯著降水。中尺度對流系統的發展與低層噴流、西南氣流、局部環流有密切關係(Jou et. al[1]; 宋等[2])，另外，局部環流等天氣系統的發展與邊界層息息相關。侯等[3]發現白天陸地受熱後會產生不穩定的對流邊界層，並透過亂流傳送熱量，當海風環流形成後向內陸移動時，會和這些亂流發生交互作用，使海風前緣產生忽強忽弱的情形，進而使被舉升的水氣凝結成雲也相當複雜，海風鋒面和對流邊界層中的對流胞交互作用，因合併對流胞而增強。Hsiu et al. [4]分析2008年西南氣流實驗期間晴空狀況下，南台灣所觀測之大氣邊界層中尺度擾動，發現海風、陸風鋒面等中尺度邊界的存在和新對流胞的發生有高達0.7的相關，顯

示晴空狀況下的大氣邊界層擾動對於豪雨系統發生之瞭解具有重大意義。Bright, D. R., and S. L. Mullen, [5]分析顯示邊界層在激發西南季風下的對流系統扮演重要的角色，正確分析邊界層演變，對於定量降水預報有重要影響。低層噴流對中尺度對流系統影響顯著，而低層噴流亦與邊界層密切相關，Li, J., and Y.-L. Chen[6]分析TAMEX期間的地形噴流成因，在地面鋒面或低壓槽接近華南沿岸時，在鋒前西南氣流盛行的環境下，至台灣西北部地形時，氣流大部分會繞過山脈到背風面，在邊界層內(約1km)氣流受地形的屏障，會在迎風面產生堆積，產生迎風脊和背風槽的氣壓型態。這樣的氣壓配置，在台灣西北部的迎風面會有跨越等壓線由高壓往低壓的等變壓風加速，加上環境的西南氣流而造成較強的風速帶，即形成地形噴流。中尺度對流系統為豪雨的製造者，唯其形成與演變為多重尺度交互作用所致，欲提升梅雨季豪大雨定量降水預報技術，須整合氣象觀測網、氣象模式、氣候分

析等相關領域，唯有整合研究團隊方能提升定量降水預報技術。

2016年5-6月梅雨期，由颱洪中心邀集國內大氣科學研究單位舉行西南氣流觀測實驗計畫，於台灣南部高屏、小琉球以及鄰近沿海做密集觀測，以雷達及探空實施密集觀測，研究引發對流系統之中尺度激發機制，與梅雨鋒、低層噴流及邊界層結構相關性分析，本文將運用探空密集觀測資料，分析梅雨期南部地區邊界層結構特徵，並探討邊界層結構對梅雨期環流及對流之影響性。

二、資料收集與處理

本研究使用中央氣象局天氣圖與NCEP全球模式資料分析綜觀環境，並以氣象局衛星雲圖分析對流演變過程。另外，以颱洪中心聯合國內氣象單位舉行之西南氣流觀測網，包含高雄與小琉球探空觀測資料，以及環保署高雄氣象觀測站，分析邊界層風場變化，探討梅雨鋒與局部環流對於對流系統演變相關性分析。

研究引用中尺度模式WRF3.4版，模擬對流個案，模式初始時間為2016年6月9日1200UTC，採用水平網格三層，第一層網格70*70(27km)，第二層網格91*91(9km)，第三層網格61*61(3km)，模擬中尺度過程對午後雷雨發展機制。邊界層參數化用Yonsei University (YSU)，於地表層用Monin-Obukhov with Carslon-Boland黏滯副層及標準的similarity，土壤用5層土壤處理熱擴散 Single-Moment 5-class (WSM5)，雲物第一、二層雲滴、雨滴、冰晶、雪交互作用，第三層網格Kessler scheme 暖雲過程。積雲參數化用Kain-Fritsch (KF)，降水方面採用KM 2D Smagor模組，短波輻射採用Dudhia，長波採用RTIM。

三、個案分析模擬

2016年台南與高雄6月10-13日有一波顯著的降水，對照衛星雲圖(圖1-2)，2016年6月11日0000-0300LST台灣南部有顯著對流系統，此對流系統顯然為日本南方海面對流系統往西南延伸的一部份對流區，該對流系統長度達一千公里以上，顯示與綜觀系統

密切關係。2016年9日0000UTC 地面天氣圖顯示(圖3a)，華南存在低壓擾動，梅雨鋒從日本海南方往西南延伸至台灣北部海上，而後與華南低壓連結為鋒面帶。2016年6月10日0000UTC 地面天氣圖顯示(圖3b)梅雨鋒反而由台灣北部海面北退至28N。2016年6月11日0000UTC 地面天氣圖仍顯示台灣地區並非梅雨鋒所在區(圖3c)。對照高空天氣圖，2016年6月9日1200UTC 850hPa天氣圖顯示(圖4a)，台灣地區為東南風，2016年6月10日0000UTC 850hPa天氣圖顯示台灣已在西南風範圍(圖4b)，顯示大尺度西南氣流對於對流雲的成長有其貢獻。

分析2016年6月9-11日台南與高雄降雨逐時分佈(圖5a, b)，台南6月9日僅在清晨6-7點有降水，之後即停止降雨，10日台南降水亦不多，但11日開始顯著降雨，且在清晨與中午降雨最為顯著。高雄6月9日幾無降雨，10日開始於清晨、中午、凌晨三段時間顯著降雨。11日益在凌晨、中午有顯著降雨。透過台南與高雄二站比較，顯示10日降雨較為局部性，僅高雄出現較多雨量。11日則二區均有顯著降雨，而降雨出現時段集中在清晨與中午，顯示有局部環流扮演重要角色。

屏東探空觀測顯示(圖6a, b)，9日1200UTC與10日0000UTC均有正能區，對照探空風場資料(圖7a, b)，6月8日-10日0000UTC近地層500公尺以下的風速隨時間遞增(圖7a)，顯示風場與對流關係密切。分析風速隨時間變化，6月9日0000UTC近地層1000公尺以下風速均小於5m/s(圖7b)，6月9日1200UTC近地層風速增強至6-7m/s。6月10日0000UTC 200公尺附近風速更是到達9m/s以上，但6月10日0600UTC近地層風速又減弱，但1000公尺以上風速顯著增強，6月10日1200UTC與1800UTC亦顯示1000公尺以上風速增加至14-15m/s以上。而此時對流系統與降雨亦相當顯著，顯示低層噴射氣流的出現，對於對流系統的產生有重要貢獻。高雄對流系統與邊界層風場關係顯著，對於對流系統消長關係亦須進一步探討。

本文則透過模式WRF模擬結果，分析低

層風場、梅雨鋒與對流相關性。模式模擬初始時間為2016年6月9日1200UTC，模式模擬12小時後，即2016年6月10日0000UTC(即6月10日0800LST)時，台灣沿海南部一帶已存在顯著降水區(圖8a, 8b)，對照衛星雲圖，降雨帶與觀測結果一致。

分析此時低層風，模式模擬12小時(即6月10日0800LST)的850hPa風場，顯示台灣海峽對流區伴隨西南風(圖9)，沿著南台灣橫剖面，分析模式模擬12小時地面至200hPa風場(圖10a)，在900hPa存在低空風切，此時降水亦顯著增加，顯示低層噴流對於對流系統的發展有重要貢獻。對流的發展受低層噴流影響顯著。模式模擬15小時，此時低層噴流已消失，顯然此低層噴流的存在與邊界層有關。

4. 結論

本文運用2016年西南氣流聯合觀測實驗計畫資料，與中央氣象局、NCEP資料、颶風中心大氣資料庫，分析6月10日南高屏地區對流系統，並透過探空密集觀測資料，以及WRF模式模擬對流系統，研討梅雨鋒與高雄地區邊界層特性及其與對流系統相關性。結果顯示此時梅雨鋒仍在台灣北側，且9日1200UTC(即9日2000LST)台灣風場仍為東南風。幾小時後，南臺灣已經有對流系統，此時對流雲帶亦已顯著存在台灣附近，長度達幾公里以上。低層風場顯示西南氣流顯著增強，探空資料顯示1000公尺以下西南風短短幾小時即增強許多，模式亦模擬到此現象，顯示台灣南部對流系統仍是受西南氣流影響所致，西南氣流的存在與邊界層有密切關係。

參考文獻

[1]Jou, B. J.-D., WC Lee, RH Johnson, “An overview of SoWMEX/TiMREX operation. “*Global Monsoon System*” edited by CP Chang, Scientific World Publishing, 214-232(2010).

[2]宋偉國，陳泰然，郭英華，“低層噴流和中尺度對流系統間的相關性研究”，*大氣科學*，**25**，211-234(1997)。

[3]侯昭平、謝銘恩、張龍耀、汪建良、廖杞昌，“局部環流與深對流”，2011第一屆航空科技與飛航安全學術研討會(2011)。

[4]Hsiu, Rong-Guang, Ben Jong-Dao Jou, and Wen-Chau Lee, “Mesoscale boundaries and thunderstorm initiation during SoWMEX/TiMREX”, Proceeding Abstract 2nd Science Workshop on SoWMEX/TiMREX, Taipei, Taiwan, Oct. (2009).

[5]Bright, D. R., and S. L. Mullen, “The sensitivity of the numerical simulation of the southwest monsoon boundary layer to the choice of PBL turbulence parameterization in MM5”. *Wea. Forecasting*, 17, No. 1, 99–114(2002).

[6]Li, J., and Y.-L. Chen, “Barrier jets during TAMEX”. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 959–971(1998).

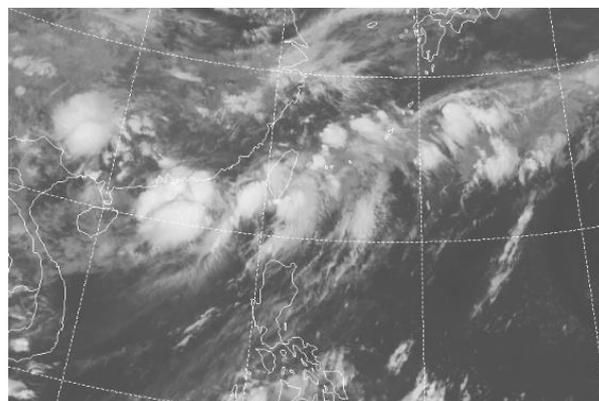


圖 1 2016/6/11 0000LST 紅外線衛星雲圖

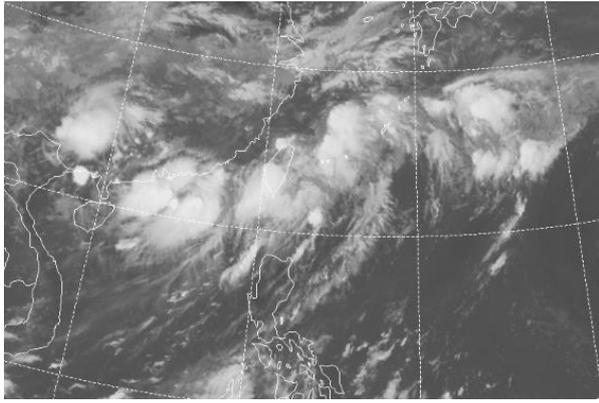


圖 2 2016/6/11 0300LST 紅外線衛星雲圖

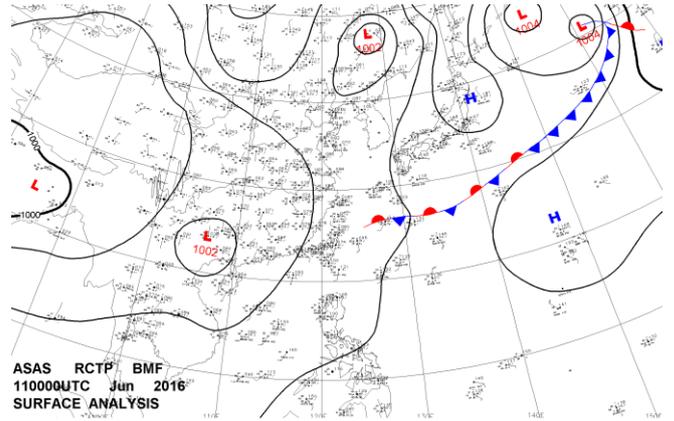


圖 3c 2016/6/11 0000UTC 地面天氣圖

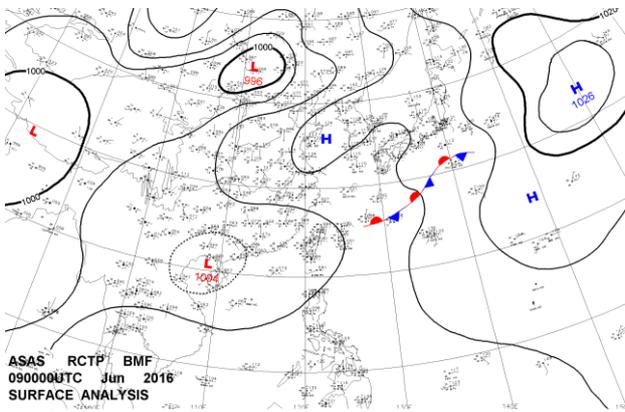


圖 3a 2016/6/9 0000UTC 地面天氣圖

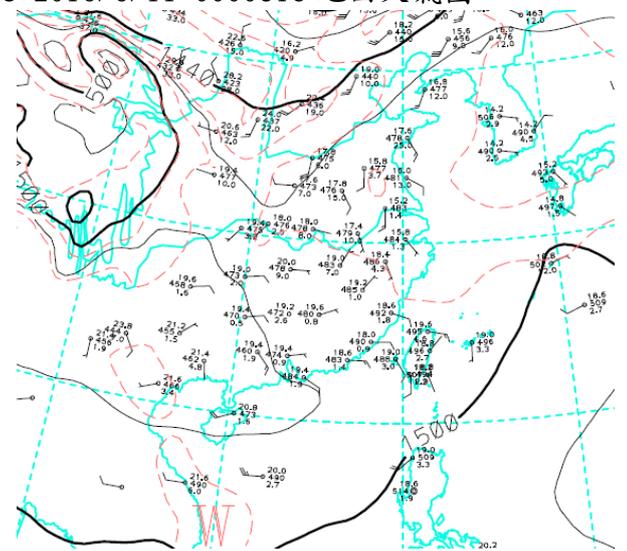


圖 4a 2016/6/9 1200UTC 850hPa 天氣圖

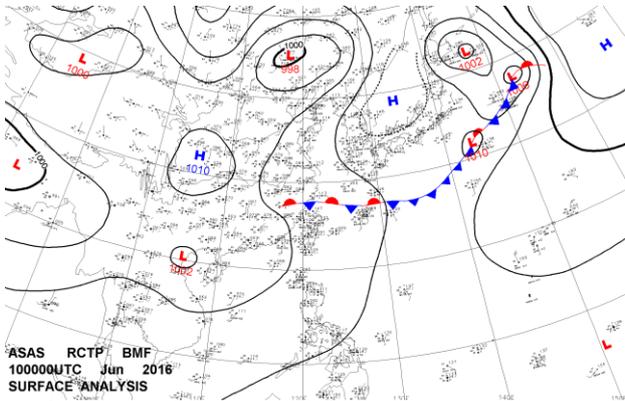


圖 3b 2016/6/10 0000UTC 地面天氣圖

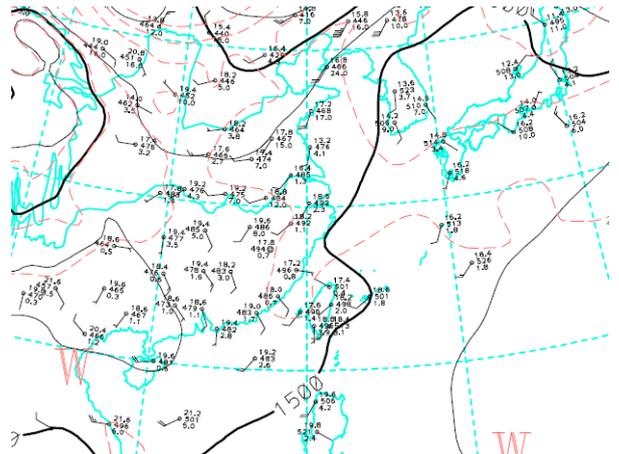


圖 4b 2016/6/10 0000UTC 850hPa 天氣圖

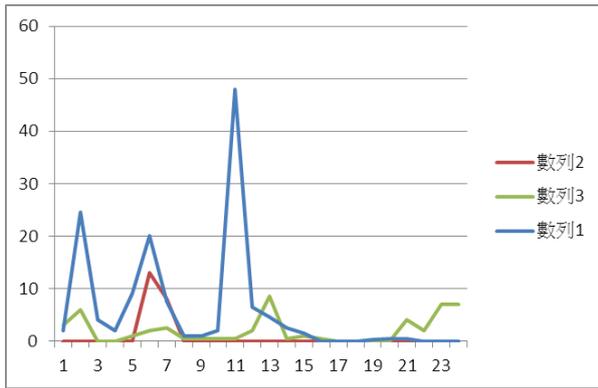


圖 5a 2016/6 台南降雨量逐時分布。紅色 9 日，綠色 10 日，藍色 11 日降雨量

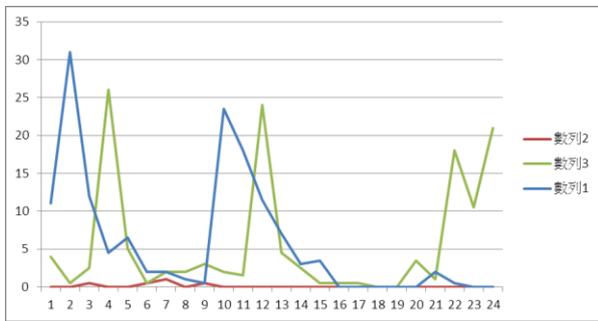


圖 5b 2016/6 高雄降雨量逐時分布。紅色 9 日，綠色 10 日，藍色 11 日降雨量

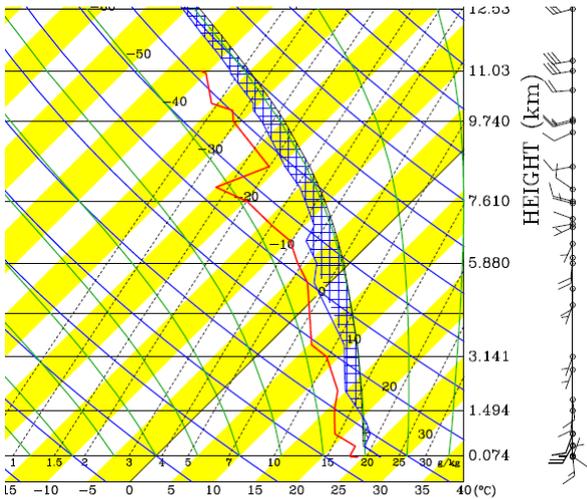


圖 6a 2016/6/9 1200UTC屏東探空

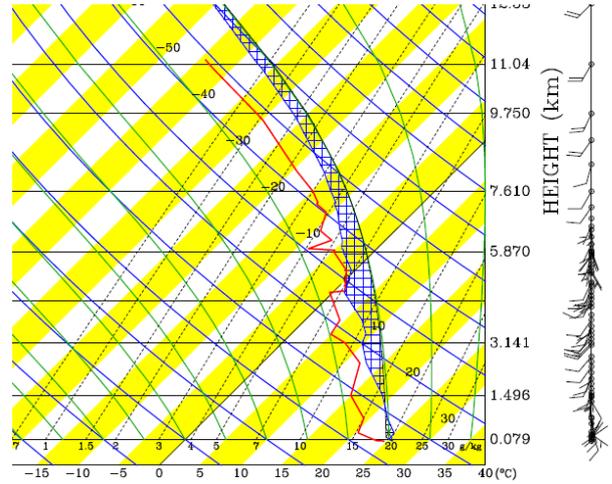


圖 6b 2016/6/10 0000UTC屏東探空

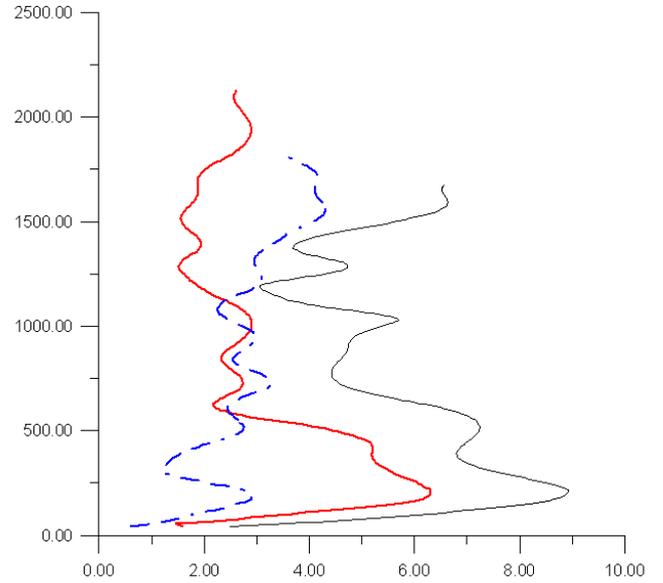


圖 7a 屏東 2016 年 6 月 8 日(藍線)、9 日(紅實線)、10 日(黑線)0000UTC 風速

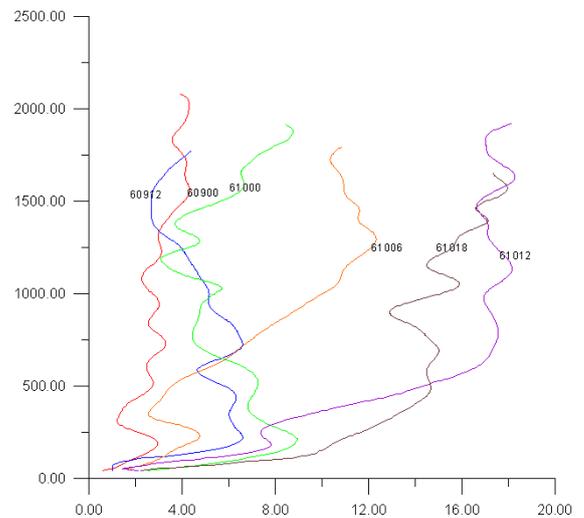


圖 7b 2016 年 6 月 9-10 日屏東探空風速

Dataset: 60912 RIP: 520 Init: 1200 UTC Thu 09 Jun 16
 Fcst: 12.00 h Valid: 0000 UTC Fri 10 Jun 16 (1800 MDT Thu 09 Jun 16)
 Reflectivity at k-index = 27

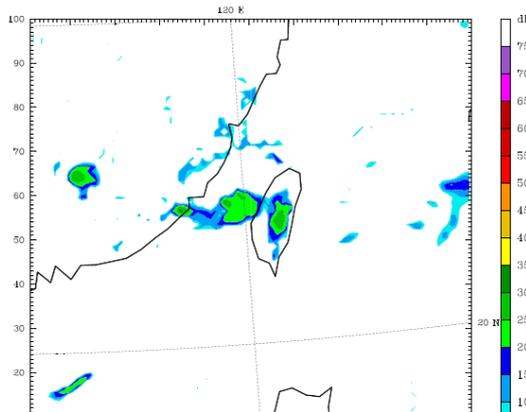


圖 8a WRF 模擬 12 小時(2016/6/10 0800LST) 雷達回波

Dataset: 60912 RIP: 520 Init: 1200 UTC Thu 09 Jun 16
 Fcst: 12.00 h Valid: 0000 UTC Fri 10 Jun 16 (1800 MDT Thu 09 Jun 16)
 Total precip. in past 3 h
 Total precip. in past 3 h sm= 4

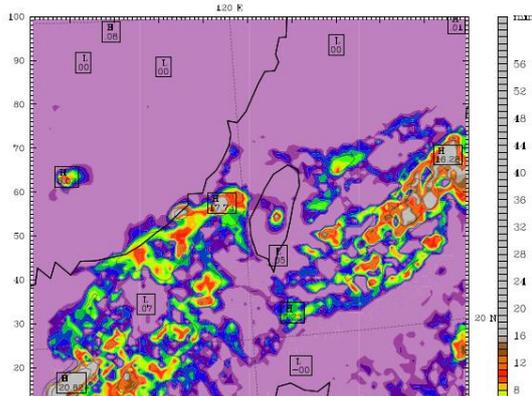


圖 8b WRF 模擬 9-12 小時(2016/6/10 0800LST)三小時降雨量

Dataset: 60912 RIP: 520 Init: 1200 UTC Thu 09 Jun 16
 Fcst: 12.00 h Valid: 0000 UTC Fri 10 Jun 16 (1800 MDT Thu 09 Jun 16)
 Horizontal wind speed at pressure = 850 hPa sm= 2
 Horizontal wind vectors at pressure = 850 hPa

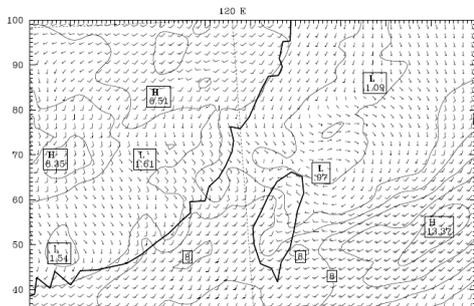


圖 9 WRF 模擬 12 小時(2016/6/10 0800LST)850hPa 風場分布

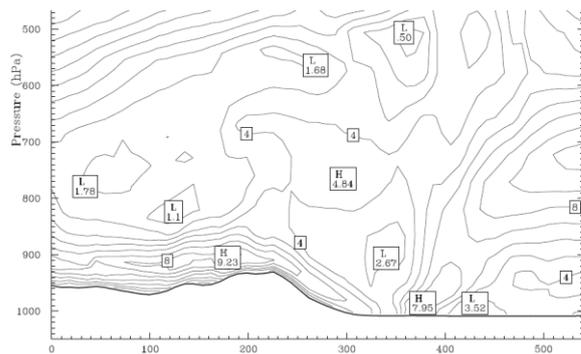


圖 10a WRF 模擬 12 小時(2016/6/10 0800LST) 垂直剖面風場分布

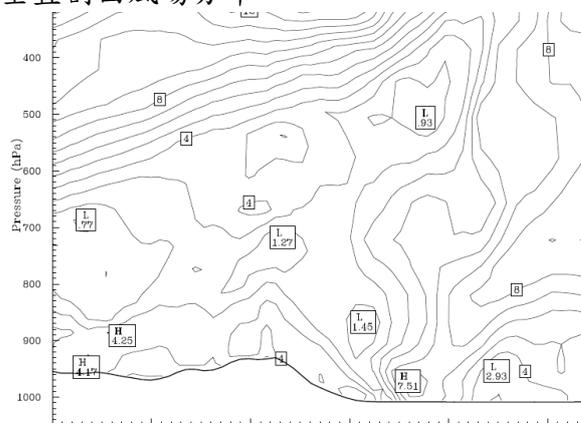


圖 10b WRF 模擬 15 小時(2016/6/10 1100LST)垂直剖面風場分布