

第一章 前言

山脈對於地面鋒面的影響早在二十世紀初，挪威學派的氣象學家就已提出討論。例如，Bjerknes and Solberg (1922) 曾在極鋒理論中描述暖鋒面受山脈阻擋而被隨後之冷鋒囚錮，並在山脈南部形成新的氣旋及冷、暖鋒面之現象。近幾十年來，有許多學者致力於有關地形對鋒面影響的研究，其中，Smith (1986) 作了很好的論文回顧，討論鋒面系統接近阿爾卑斯山脈時所發生的現象，包括在山脈北面鋒前的淺焚風、鋒面形狀的改變、鋒面通過後流場的分裂、以及布拉風 (bora) 等 (例圖 1.1)。Kurz (1990) 也發現了在阿爾卑斯山北面的鋒生是由於鋒前的焚風效應以及接近的鋒面平流兩者所造成。總結過去的觀測現象包括鋒面在迎風坡及背風坡分別會產生減速 / 減弱以及加速 / 加強的現象。並且顯示冷鋒在遭遇山脈阻擋時將會經歷水平方向形狀的改變。

在鋒面過山的理論方面，Bannon (1983) 曾在未設定邊界的 Boussinesq 流體條件下，推導準地轉鋒面移過二維山脈的解析解。解析解的結果顯示冷鋒在接近山脊時減弱，在順坡而下時又會增強。這是由於鋒面的溫度場與山脈強迫作用所產生的溫度場疊加的結果。在其研究中，山脈強迫的非地轉平流會造成鋒面在迎風面有鋒消，背風面有鋒生的情況。但這個效應並不包含在準地轉的方程中。

為了將非地轉平流包含其中，Bannon(1984)使用了半地轉方程。解析解的結果顯示了當鋒面移過山脊時非地轉平流對其影響的重要性。之後 Zehnder and Bannon (1988) 使用半地轉數值模式研究地形對鋒面的影響，並且改進了之前研究中的缺點。在這個研究中他們利用有無地形間的比較指出，當鋒面沿山坡而上時溫度梯度會減弱，而下坡時會增強。他們解釋溫度梯度場的擴張及收縮是由於山脈強迫的輻散及輻合作用所造成。Blumen and Gross (1986,1987) 在半地轉的架構下探討二維及三維的鋒面過山情況，驗證了鋒面在迎風處的鋒消以及背風處的鋒生是由於山脈造成的輻散以及輻合。並在三維研究中顯示山脈周圍的反氣旋流場會造成鋒面水平方向的扭曲。Williams et al. (1992) 以二維靜力流場研究鋒面通過相同高度但不同寬度的山脈。在半地轉的條件下，流場通過較寬廣的山脈後仍接近初始狀態，但通過較為陡峭的山脈後則會在背風處形成垂直方向傳遞的波動以及 hydraulic jump 的現象。Li et al. (1996) 在三維的數值研究中同樣證明了輻散 / 輻合效應對於鋒面鋒消 / 鋒生的影響，並且指出鋒面在過山之後仍能維持其強度。Hutchinson and Bluestein (1998) 則觀測到鋒面在通過落磯山脈後風切線領先於鋒面的現象。

然而，Blumen (1992) 曾指出，在採用不同模式的情況下，研究

結果會有所不同。加上對於鋒面扭曲變形的原因也僅有部份被了解，因此對於觀測資料的分析配合不同模式的模擬應有助於理論的發展。Chien et al. (1997) 曾利用 PSU / NCAR 中尺度數值模式 MM5 模式研究鋒面在從東太平洋登陸北美西岸後遭遇地形的情况。在本研究中，我們也使用 MM5 來研究冬季鋒面個案在接近台灣的陡峭山脈時所發生的一些現象。期望對台灣地形如何影響冬季冷鋒之問題有所了解。

台灣地理位置雖位處副熱帶地區，但冬季時冷鋒伴隨著中緯度的氣旋向東南移動，其南緣仍然可抵達中國東南沿岸及台灣地區。有時強勁的冷空氣甚至可抵達南中國海一帶並且造成東南亞地區在冬季季風期間顯著的降雨及氣溫的驟降。在冬季季風實驗 (WMONEX) 期間許多學者曾對冬季冷鋒有詳盡之研究，其中 Chen et al. (2002) 使用 1996 年 1 月 7-8 日影響台灣地區的冷鋒個案，以大尺度觀點探討熱帶與中緯度間的交互作用，顯示區域性的天氣系統與東亞地區的行星尺度環流間有緊密之相關。其資料來源包括觀測以及 NCEP-NCAR 之再分析資料為主。不過，該冷鋒個案有許多中尺度的現象並未被討論，因此本研究將以中尺度及數值模式的觀點進一步研究，並探討鋒面受台灣地形之影響。期藉由網格間距較細且時間較密之模式資料，補充在觀測上之不足，以了解鋒面過山所伴隨之中小尺度現象。

冬季鋒面由中緯度氣旋延伸至台灣地區時，往往顯示出既弱且淺的垂直結構。Chen et al. (2002) 指出地面氣壓上升、地表溫度（露點）明顯下降、地表北風分量增加均是地面冷鋒抵台時的特徵。但隨著冷鋒往東南移動，冷鋒之特徵愈不明顯，顯示鋒面強度逐漸減弱。另外，Chen et al. (1999) 也曾對一東亞地區冬季冷鋒個案有過細的探討，並且觀測到冷鋒前緣伴隨有滾軸雲（roll cloud）的現象，但並未對滾軸雲的生成機制有明確的解釋。

然而，更令人感到有興趣的問題是中國東南部的山脈以及台灣地區陡峭的地形，對鋒面之結構及移動速度有何影響。台灣地區南北長約 400km，東西寬僅約 100km，地形陡峭，最高峰玉山高達 3950m，。以台灣海峽與台灣相隔的武夷山就顯得較為寬闊。台灣海峽相對於兩岸地勢形成如同限制低層流場的管道。管道效應對於鋒面的影響亦是本研究欲探討的主題之一。Li and Chen (1998) 針對台灣地區 TAMEX 期間的密集觀測詳盡分析的結果，顯示鋒前受台灣地形阻擋而形成之高壓脊，造成在台灣西北部低層西南風之加強，並形成地形噴流（Barrier Jet）。顯示中央山脈的阻擋會對鋒前風場造成加速的影響。Yeh and Chen (2003) 利用 MM5 數值模式的模擬更清楚的描述台灣西北部地形噴流的結構以及地形等因素對其之影響。陳等 (1981, 1982) 曾針對寒潮爆發伴隨之冷鋒過境在台北松山以及高雄小港機場

測站作過詳細的統計分析，在高雄測站的觀測中於鋒面抵達前多出現北風提早增強的現象，相對的在台北則無此現象發生。Chen et al. (1991)曾針對台灣北部地形利用二維雲模式來了解地形對於降水系統的影響。顯示出若無地形因素則降水系統將會延後形成且範圍及強度均減小。許與程(1994)使用普渡大學的三維模式模擬寒潮爆發後於海面上所形成之中尺度對流胞。結果顯示冷平流是維持中尺度對流胞持續存在的主要因素。而當海溫提高時，邊界層厚度增加並造成對流增強。本研究利用模式對地形的敏感度測試，將探討地形在台灣西南部鋒前北風形成上所扮演的角色。除此之外，本文將探討地形及地表通量對於伴隨冷鋒之對流雲系及降水系統在空間分布及強度上的影響。

本文分為六個部分：第一章為前言，第二章為觀測與個案的介紹，第三章為模式設定之內容，第四章為控制模擬的結果與個案的分析，第五章為台灣地形與地表通量之敏感度測試，最後為結論。