

## 綜觀鋒面之重分析簡述暨第三段整理

1. **介紹：**卑爾根氣象學派在將近 70 年前提出了一個有關中緯度天氣尺度氣旋結構和演變的概念模型。這個模型及其相關的分析技術一直主導著綜觀天氣學和預報運行。然而，該模型需要進行一些重要修改，以反映我們對氣旋結構和動力學認識的增加。
2. **基於挪威氣旋模型的鋒面分析：**卑爾根學派的氣旋模型，包含對波狀氣旋水平和垂直結構的經典概念，如溫暖和冷前線以及介在其間的暖區。另一部份則為氣旋的生命周期由極小擾動在極地前線上發展而來，並放大成波動型氣旋，其中冷空氣沿冷前線向南推進，暖空氣隨暖前線向極地推進。由於冷前線推進速度超過暖前線後退速度，暖區逐漸變窄，形成囚錮區域。兩個鋒面首次在氣旋中心以南相遇時，產生暖區空氣被困住的隔離現象。
3. **對挪威概念模型的修訂需求：**過去幾十年的觀測和數值研究顯示，卑爾根學派提出的挪威氣旋模型在描述中緯度氣旋的結構和演變方面存在顯著不足。實際情況與卑爾根學派的理想情況相差很大。
  - 觀測、理論和數值模擬研究表明，氣旋的發展只需要一個梯度區域，而氣旋演變的過程本身可以強化溫度梯度。然而，卑爾根學派將這些過程分開，導致對氣旋結構的關注過多放在鋒面上。
  - 主要組成部分暖鋒，在成熟和衰退的系統中通常是薄弱且水平範圍有限的，特別是在衰退階段。
  - 卑爾根氣旋模型未能充分考慮現實系統中的暖鋒結構，且在衛星影像中難以觀察到。對閉塞前線演變的描述似乎也不現實，並且一些研究指出閉塞前線可能以非經典的方式形成，經典的挪威氣旋演變也不包括現在被稱為“瞬時閉塞”的過程，即似乎成熟的閉塞系統在短時間內與開放波結合，形成明顯的閉塞系統。
  - 過去的研究中，一些觀測研究顯示，主要前線帶的冷空氣一側發生氣旋發生的存在，這種現象未包含在挪威氣旋發生模型中。這些干擾通常開始作為相對較小（-500-1000 公里）的逗點狀強對流區域，隨後發展成與通常的大氣尺度氣旋難以區分的擾動。經常觀察到，當一個逗點雲及其相關的高空短波接近一個已存在的氣旋區域時，就會啟動氣旋發生。
  - 缺乏對上對流層結構的描述，以及上層擾動與低層發展之間的相互作用。對於氣旋發展的上層前線演變的清晰理解仍然存在。
4. **創建改進的概念模型和分析技術的嘗試：**
  - 鋒面方法：試圖修改和改進模型，同時保留其基本的“鋒面”特點。嘗試使用相對流等溫分析來定義氣旋中的三維氣流。他們的研究表明，氣流可以概念化為一系列“輸送帶”，暖空氣輸送帶始於冷前方的暖區低層，向上爬升到暖前方之上，而一條冷空氣輸送帶則向西下降  
並在後續發展為更複雜的模型包含 anafont（冷空下降和暖空上升

和 katafront（前線兩側均下降，並在暖側上空有更強的沉降）及 split cold front 由沉降產生的高空低溫空氣和暖區中的較高溫空氣之間的界限被標記為中層冷鋒，低層則有一個額外的冷鋒滯後，而高空暖空氣的底部被投影到地表分析為 thowal。

- **動力學方法：**基於動力學如準地轉診斷，等溫位渦，急流條紋。這種方法主要關注合成系統演變期間場之間的動態關係，並且不太關心特定結構（鋒面）元素的定義和運動，過去主導的方法是準地轉分析，它以物理上一致的方式關聯垂直運動、渦度、溫度和水平風的場。

#### 5. 現行地表分析技術的缺陷：

- **挪威氣旋模型的問題：**問題始於使用一個概念模型（挪威氣旋模型）來分析和解釋大氣演變，該模型顯然在多方面都不能正確地表示中緯度氣旋的發展。值得注意的是，在海洋上，傳統數據稀缺的地方，氣旋幾乎總是以經典的挪威結構和演變來進行分析，而在陸地上，觀測數據相對豐富的地方，分析師通常被迫繪製複雜且非經典的結構。
- **時間的連續性缺乏：**時間的連續性在地表分析中常常缺乏，因為前線來回移動，並且表現為一種類型轉換為另一種類型，而這似乎沒有什麼原因。
- **前線符號的使用不一致：**分析員對於熟悉符號的使用不一致。對大量 NMC 操作地表分析的檢查顯示，熟悉的前線符號以各種方式使用。
- **案例分析：**文章中提供了四個案例，進一步說明了地表分析技術的問題。

#### 6. 解決問題的方法：

- **確定中緯度氣旋的詳細結構演變：**建立一個修訂且更通用的氣旋發展概念模型。這需要利用新的觀測數據集和越來越準確的數值模型模擬，來建立氣旋演變的現實概念模型，並確定氣旋發展如何受到不同環境條件（例如地形、地表條件、大尺度流動等）的影響。
- **建立一個邏輯且一致的分析天氣圖的系統：**一旦實現對中緯度氣旋演變的全面理解，並建立了相應的概念模型，就必須開發邏輯和一致的技術，來分析和展示天氣圖。這可能包括呈現沒有前線或其他類型符號的分析場，修改當前的分析技術以適應改進的規範，以及僅對無法在分析中表示的特徵使用鋒面符號。
- **未實現的現代技術在氣象數據分析和展示方面的潛力：**氣象學家未能充分利用通信、分析和展示的現代技術潛力。那些提供大量信息的技術有望解決數據管理、分析和展示的問題。例如，僅僅通過添加顏色，氣象學家就可以輕鬆地將多個場添加到天氣圖中。三維圖形可以允許從各種角度查看天氣系統結構，並提供可能永遠無法使用傳統顯示達到的洞察力。

#### 7. 摘要和結論：

- **卑爾根學派的挪威氣旋模型的問題：**在過去的半個多世紀中，卑爾根學派對氣旋結構和發展的概念模型主宰了天氣學的實踐，特別是在分析地表天

氣圖的方式上。儘管挪威范式捕捉了氣旋演變的幾個基本特徵，但在過去的 70 多年的研究和操作經驗中揭示出了重大缺陷。

- **改進卑爾根學派模型的嘗試：**在過去的 70 年裡，氣象學家在試圖改進卑爾根學派模型的同時，已經走上兩條主要的道路。一種方法是試圖修改和改進挪威概念模型，同時保留其基本的前線“風味”，其中大多數天氣都可以追溯到被前線表面強迫的垂直運動。另一種方法則基於動力學。
- **氣象圖表分析的基本概念模型的問題：**氣象圖表分析的基本概念模型的問題已經加劇，因為缺乏一致和明確的程序。例如，經典的前線符號經常應用於原始挪威氣旋模型未包括的各種特徵，這是 mesoscale 和 synoptic-scale 特徵。
- **解決上述問題的方法：**為了解決上述問題，氣象學界應該採取雙管齊下的方法。首先，過去半個世紀以來所獲得的研究和操作見解應該與最新的數值模擬和觀測研究相結合，以建立一個修改過的，更普遍的概念模型，以描述氣旋的演變。其次，應該制定清晰而一致的分析 and 顯示技術。