

鋒面假相當位溫圖和它對中國寒潮冷鋒上界變化 分析的應用*

顧震潮 陳雄山 許有豐

(中國科學院地球物理研究所)

提 要

本文提出了鋒面假相當位溫 (θ_{se}) 圖作為分析鋒面的一種工具。根據個案例子的鋒面上界 θ_{se} 圖分析,發現鋒上 θ_{se} 遠不是均一的,並且它的極值隨時間有着相當可觀的變化。本文討論了這結果,指出這表明鋒面不是一個簡單地總是由同一物質點組成的物質面,而是在鋒前鋒後連續不斷的經歷着鋒生鋒消過程,有着它自己的新陳代謝的一種構造。最後討論了這些事實在鋒面分析和數值預報上的意義。

一. 鋒面假相當位溫圖

鋒面分析是一件重要的工作。對於天氣的理論研究和天氣預報都有重要意義。但是即使在高空資料比較完全的情形下,鋒面分析還是有着相當大的困難。這種困難的很大部分是由於鋒面的定義在實用上還不够具體,而這又是因為鋒面的許多具體性質還沒有充分研究的緣故。由於過去的歷史條件,在我國尤其是如此。

從數值預報方面看來,爲了更好的做好數值預報,我們也注意到鋒面的問題。一方面我們要在模式中考慮到鋒面的存在,恰當地在模式中加以描寫,使模式能考慮到鋒面對天氣發展的影響,另外一方面我們還得預報鋒面本身。在這些方面前者已有一些嘗試^[1,2],後者還沒有工作發展。但不論那一方面基本的問題仍是如何描寫鋒面。

具體的鋒面描寫一般可以說是從下列概念出發的^[3]: (一)同一氣團內空氣性質是比較均勻的。(二)鋒面是氣團之間的界面,是個物質面。(三)空氣的運動基本上是絕熱的(除了蒸發凝結放出的潛熱外)。根據這些概念出發,具體的鋒面上下界限就可以用規定氣團特性的參數來描寫。這種參數一般採用某種位溫,例如相當位溫或濕球位溫等等。因此鋒面的上下界限就可以用等相當位溫面來表示。在剖面圖上鋒面就應該和一定間隔的等相當位溫的綫平行或幾乎平行。這種結論對鋒面的分析顯然很有幫助。

這些概念對許多鋒面也是正確的。可以在 J. Bjerknes 和 Palmén 等許多經典性的鋒面分析圖表^[4-7]中看到,鋒面上的相當位溫(一般用假相當位溫)幾乎是均勻的^{**}。因爲事實上這些鋒面分析的概念本來是在歐洲總結出來的。Nyberg^[11]雖然注意到了鋒上 θ_{se} 值的不均勻性,但是不均勻性仍是不大的。因爲在 J. Bjerknes 及 Palmén 的例子

* 1957 年 11 月 12 日收到。

** 美國方面的剖面圖沒有見到畫 θ_{se} 綫的,但是從等位溫綫分析看來,鋒上 θ_{se} 的梯度已可能大一些(見[8][9][10])。

中鋒面 θ_{se} 梯度是 $3^{\circ}\text{C}/1000$ 千米，而 Nyberg 給的也只是 $5^{\circ}\text{C}/1000$ 千米^[11]。

然而，在東亞情形就不一樣一些。最近的一些研究^[12]證明情形比過去^[13]的瞭解複雜得多。鋒面上的 θ_{se} 值不但不接近常數，並且變化很大。在我們日常作的一些剖面圖中也有同樣情況，因此這情形還是比較普遍的。

東亞鋒面上的這種性質顯然不能符合過去的這些概念，這樣就發生了這問題，即是原來的一些概念究竟準確到什麼程度呢？在各種具體情況下又有什麼不同？

既然鋒面與等相當位溫面並不一致，那末我們鋒面分析方法又如何改進？同樣重要的是，各天剖面圖上不同的鋒面又如何辨識？是不是有別的具體工具幫助？既然鋒面上相當位溫並不大致保持常數，那末，它的分佈和變化的規律又是如何？

如前面所說所有這些問題，不但是有天氣學的重要性，並且也是數值預報工作所需要瞭解的。

這些問題並不是一下子就能解決的。但是適當的工具可以有很大的幫助，爲了研究以上這些問題，我們提出鋒面假相當位溫圖。

鋒面假期相當位溫圖（以後簡稱鋒面 θ_{se} 圖）是描寫鋒面上界或下界上 θ_{se} 分佈的一種天氣圖。它的作法和鋒面形勢圖相像。如果鋒面大致就是等 θ_{se} 面，這種圖自然是不必要的，但是由於東亞鋒面上 θ_{se} 變化很大，這種圖就非常需要了。

不難瞭解，通過各天的鋒面 θ_{se} 圖，配合其他圖表我們可以瞭解下列問題：

- 一、逐天鋒面上 θ_{se} 的分佈以及如何變化。
- 二、通過這些變化可以瞭解鋒面發展的各階段，鋒面是否保持爲物質面或者運動保持絕熱（除了原有水汽蒸發凝結之外）的程度。
- 三、即使逐天同一地方的剖面圖裏鋒上 θ_{se} 有較大變化時，也可能由鋒面 θ_{se} 圖幫助把鋒面辨認出來（連續性）。
- 四、配合鋒生前後氣團中 θ_{se} 的分佈（例如作各等壓面上的 θ_{se} 分佈圖），可以瞭解鋒面上 θ_{se} 不均勻的生成過程。

爲了分析的方便我們在鋒面 θ_{se} 圖上按分析的需要添加以下各項內容：

- 一、鋒面的氣壓高度，包括地面鋒面的位置。
- 二、鋒面高度上的風速風向，特別是主要等壓面高度上的。
- 三、特殊天氣如雷雨等等。
- 四、鋒前地面的 θ_{se} 分佈。

按照我們的經驗這些材料常常是有用的。

下面我們利用一些中國寒潮冷鋒實際材料作爲例子來說明鋒面 θ_{se} 圖及其使用，一方面也可以由此瞭解中國寒潮冷鋒演變的一些性質。

二．兩個中國寒潮冷鋒上界變化的分析

寒潮冷鋒是比較清楚的鋒面，特別是它的上界。同時它的上界在地面上也就是作爲寒潮前鋒的地面冷鋒，比較重要。因此我們這裏分析一下中國寒潮冷鋒的上界和它的變化。

第一例：這是 1957 年 4 月 7—12 日的一個寒潮。這次寒潮強度並不太大，但是鋒面

還是很清楚的。冷空氣的南下分成兩次進行。第一次冷空氣在 7 日由新疆東來，一直到東北，到 9 日那天隨着甘青間小槽的東移在甘青一帶又有一次冷空氣的南侵。因此鋒系雖是一個，但冷空氣是分別南下的。在這兩次冷空氣之間(8 日的陝甘之間)，有着類似錮囚鋒的構造。也可以分析做錮囚鋒^[14]，但是這構造愈來愈不明顯即“暖舌”愈來愈寬，不久(10 日)江南一帶在小槽下方就形成了一個寒潮鋒系上的鋒面氣旋，而第二次南下的冷空氣也就成爲在我國東部南下的主要冷空氣。

寒潮冷鋒是一直向東南推進的。由於資料關係我們從 8 日開始分析。圖 1 是 8 日的

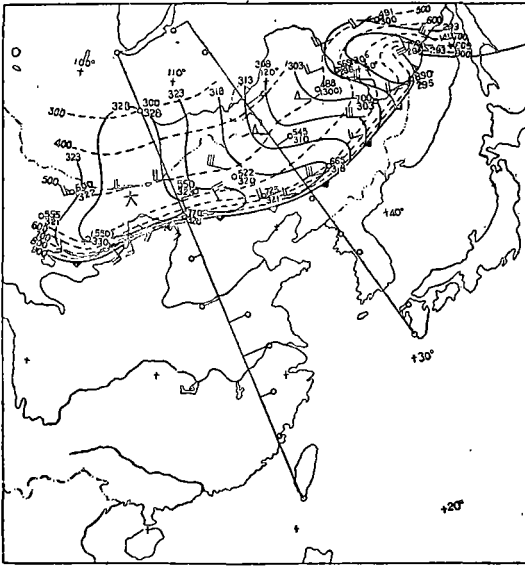


圖 1. 鋒面上界 θ_{se} 分佈圖。1957 年 4 月 8 日 00z, 實綫是等 θ_{se} 綫($^{\circ}\text{C}$), 虛綫是鋒面等高綫(mb), 箭頭表示該高度的地轉風, 直實的綫是剖面位置, 測站上方的數字是鋒面高度(mb), 下方是鋒面 θ_{se} ($^{\circ}\text{C}$), 加括號的 θ_{se} 值由露點場內插的露點求出, 原記錄濕度缺測

鋒面上界 θ_{se} 圖*, 圖上清楚的表示在這寒潮侵入我國的早期, 寒潮冷鋒上界已經是不均勻的。這鋒面絕不是等 θ_{se} 面。鋒面上 θ_{se} 梯度已經相當大, 平均約 $\partial\theta_{se}/\partial s = 15^{\circ}\text{C}/1000$ 千米 (s 是沿鋒面等高綫方向的曲綫坐標)。方向是西南—東北, 大致與地面鋒平行。地面上 θ_{se} 的分佈說明這數值比地面上的 $\partial\theta_{se}/\partial s = 20^{\circ}\text{C}/1000$ 千米是小了一些。但上面提到過在歐洲這數值是要小得多。大致不超過 $5^{\circ}/1000$ 千米^[11], 在暖鋒上這梯度稍小一些, 在冷鋒上大一些^[7, 15]。此外我們這邊剖面圖上鋒面坡度比等 θ_{se} 綫坡度來得小, 歐洲典型的分佈是鋒面坡度要來得大些, 這和我國大陸南北地面溫度梯度很大、冷空氣南下時迅速變性有關。

可以指出在這時由於鋒上等 θ_{se} 綫幾乎是與鋒面等高綫正交的, 因此在一般所

作的跟地面鋒面正交(也大致與鋒面等高綫正交)的剖面圖裏, 鋒面和等 θ_{se} 綫幾乎仍然是平行的。

鋒面上界上面 θ_{se} 的不均勻性, 與氣團裏 θ_{se} 的不均勻性有着直接的聯系。由於上面所說的原因, 7 日從伊爾庫次克到鄭州的剖面圖上(圖略)不論在冷鋒前方的暖空氣裏或鋒面上界上面 θ_{se} 還是比較均勻的。但是如果我們另外用一個圖表來表示, 就可以清楚的看出暖空氣中的 θ_{se} 不均勻性。圖 2 是 7 日(00z)那天在 8 日(00z)鋒面上界的那個空間曲面位置上暖空氣中 θ_{se} 的分佈圖。它可以表示鋒前暖空氣區域中與當日鋒面大致平行的傾斜曲面上的 θ_{se} 分佈。從圖中顯然可以看出, 即使在同一氣團中, θ_{se} 也是很不均勻的。圖上 θ_{se} 的梯度平均也已大到 $10^{\circ}\text{C}/1000$ 千米。這比歐洲的情形要大得多(見[7]的圖 17 或[15]的圖 5。這兩圖記錄較多, 較可靠)。正是因為氣團本身 θ_{se} 由南到北有很大的梯度, 所以在氣團所形成的鋒面上 θ_{se} 也可能有大的 θ_{se} 梯度。

這兩個事實清楚地說明, 氣團及鋒上 θ_{se} 的不均勻性。由於氣團及鋒面分析中氣團

* 鋒面的定法討論及上升曲綫實際例子見第三節。

及鋒上 θ_{se} 均勻性的概念仍然常常有人沿用；上面的事實特例值得強調。譬如說在這情形下即使沿着與鋒面正交的某一固定剖面圖裏，鋒面上界的 θ_{se} 值也不能不隨時間而發生巨大改變。因此難於用某一個 θ_{se} 值來辨認鋒面。

從 8 日到 9 日(圖 3) 鋒面上 θ_{se} 梯度仍然很大,但等 θ_{se} 綫已不完全與鋒面氣壓等高

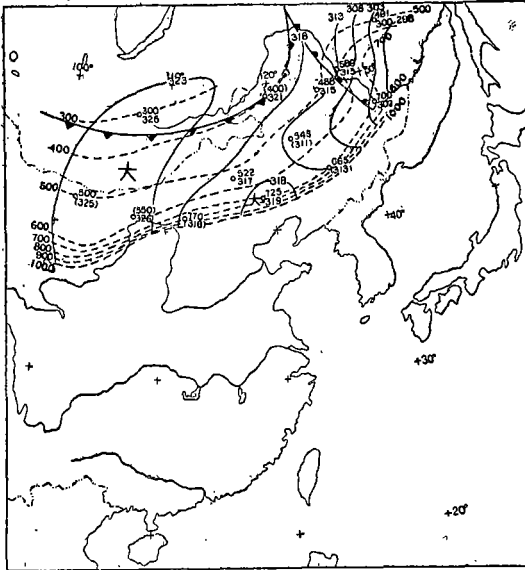


圖 2. 1957 年 4 月 7 日 00z 在 4 月 8 日 00z 鋒面上界位置上暖氣團裏的 θ_{se} 分佈。實綫是 4 月 7 日的 θ_{se} 綫,虛綫是 4 月 8 日的鋒面等高綫。地面鋒是 4 月 7 日 00z 的位置

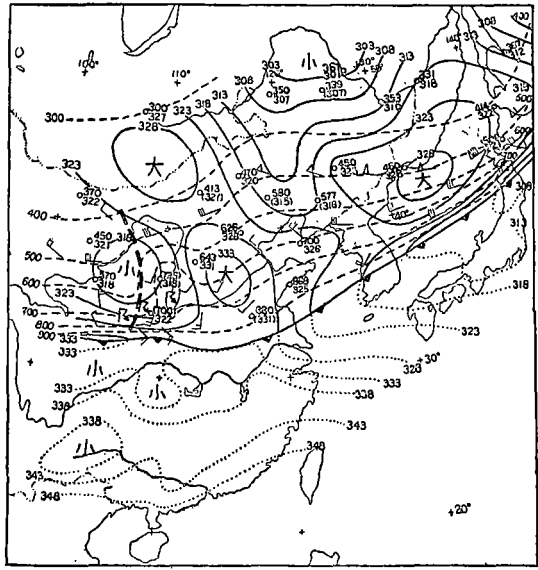


圖 3. 鋒面上界 θ_{se} 分佈圖。1957 年 4 月 9 日 00z, 粗虛綫是鋒面高度上小槽的位置, 鋒前點綫是地面上的等 θ_{se} 綫,其他說明同圖 1

綫正交。這時在與鋒面正交的剖面圖上,鋒面上界的 θ_{se} 值梯度已經不小(圖 4)。

鋒面上的 θ_{se} 高低中心(在 700 mb 高度附近)向東移動極快,24 小時中平均移了 2000 千米,中心數值沒有多大變化(但日本海上沒有記錄,又低中心已移出圖外,未畫在內)。值得注意的是在河北、山東、山西一帶以及河套以北出現了新的 θ_{se} 高中心。這個高中心是否從西邊移來,還是局地生成不能肯定。但下面幾點事實是值得注意的。第一,這 θ_{se} 高中心出現時 850—700 mb 上恰有一個小槽向東移到陝西。 θ_{se} 高中心位在小槽的前方(即偏南風區域)。第二,由 7 日到 8 日鋒前地面暖空氣是南退的。從兩天的地面 θ_{se} 分佈可以看出。從 7 日到 8 日 $\theta_{se} = 323^\circ\text{A}$ 綫最北部分就從河套向南退到河南一帶(圖略)與鋒面南移的距離接近。由 8 日到 9 日(00z)地面 θ_{se} 綫向南移動就不多。但在 8 日由鋒前這些地方的西安、延安、蘭州等地探空可以看出對流層下部 650—850 mb 層中本來已有 θ_{se} 的極大區域,中心 $\theta_{se} = 333—335^\circ\text{A}$ (圖 7)。從這些方面看來,似乎隨着小槽的東移,鋒面前 750 mb 附近的二千米高度中鋒前的 θ_{se} 極大區域被併入了鋒區,造成了這鋒區上界的 θ_{se} 最大中心。從剖面圖(圖 4)來看似乎也有這種現象。

如果實際上就是這樣一種過程,那是很有意義的。這說明,不但鋒面上 θ_{se} 並不均勻,並且鋒上 θ_{se} 的極值也是有很大變化的。

這種過程在 9 日到 10 日的實際發展中得到了確實的證明,從 9 日到 10 日(00z)(圖 8)。

陝西上空的小槽東移。在它的下方長江中游形成一個氣旋並沿長江出海。同時原來鋒面上界 θ_{se} 高中心在河北、山東、山西之間，現在已在長江口上空即氣旋的西部，而中心的 θ_{se} 也從 334°A 增到了 349°A 。原在秦嶺的 333°A 中心，現在移到了廣西南部（見圖上風向）， θ_{se} 增加到 349°A 左右。沿着中國大陸上這鋒面在低空裏的 θ_{se} 也都普遍的增加 $5-10^{\circ}$ （只原在河套以北的 $\theta_{se} = 328^{\circ}\text{A}$ 高中心移到東北中部上空，強度沒有改變）。由此可見，鋒上 θ_{se} 中心或極值的確有很大的變化*。

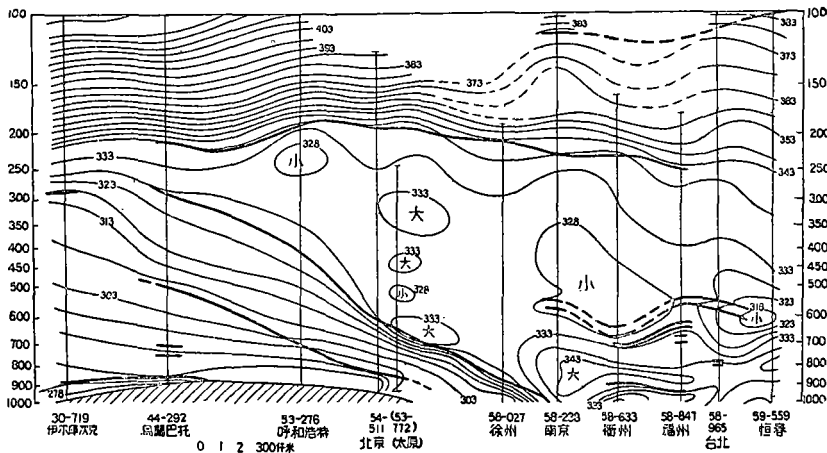


圖 4. 由伊爾庫次克到恆春的剖面圖。1957 年 4 月 9 日 00z, 粗線是鋒面界限、逆溫層及對流頂, 細實線是等 θ_{se} 綫($^{\circ}\text{A}$)

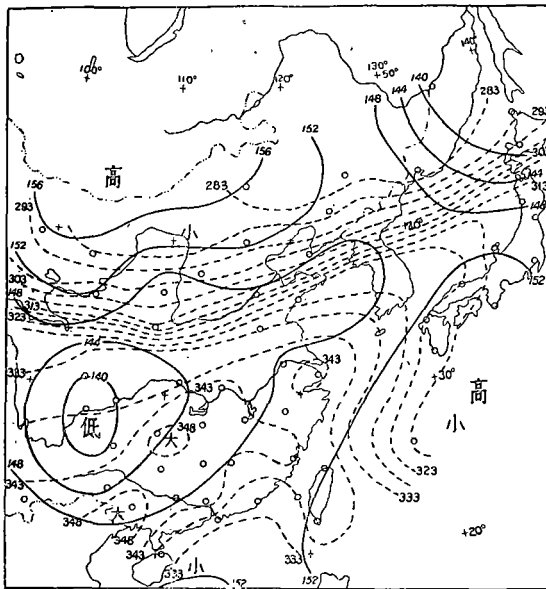
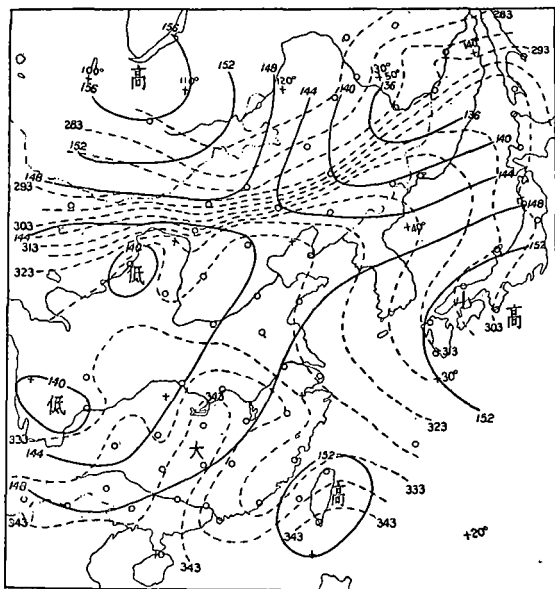


圖 5. 850 mb 圖。1957 年 4 月 8 日 00z, 實綫是等高綫(位勢十米), 虛綫是等 θ_{se} 綫($^{\circ}\text{A}$), 圓圈表示測站位置

圖 6. 850 mb 圖。1957 年 4 月 9 日 00z, 說明同圖 5

* 觀測誤差在這邊是解釋不了這變化的。例如上海 10 日 (00z) 鋒面上界溫度如果有 10% 的誤差的話, θ_{se} 仍有 343°A , 而與 9 日 θ_{se} 高中心仍差 10° 之多(9 日 θ_{se} 高中心受溫度誤差影響更小)。

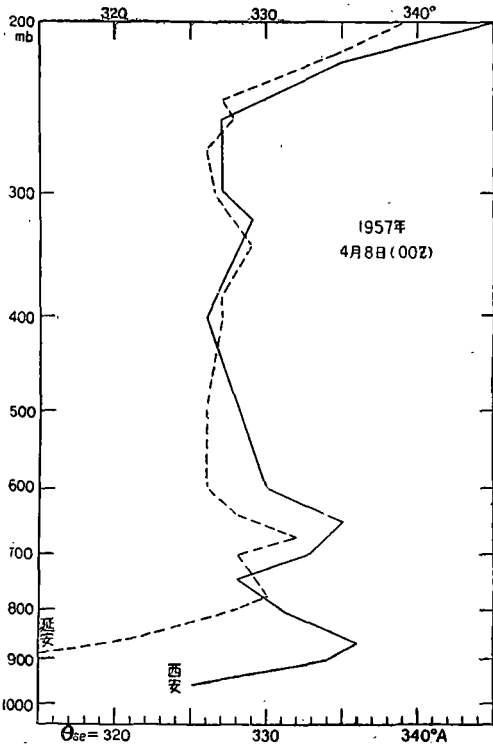


圖7. 西安和延安的 θ_{se} 垂直分佈. 1957年4月8日00z

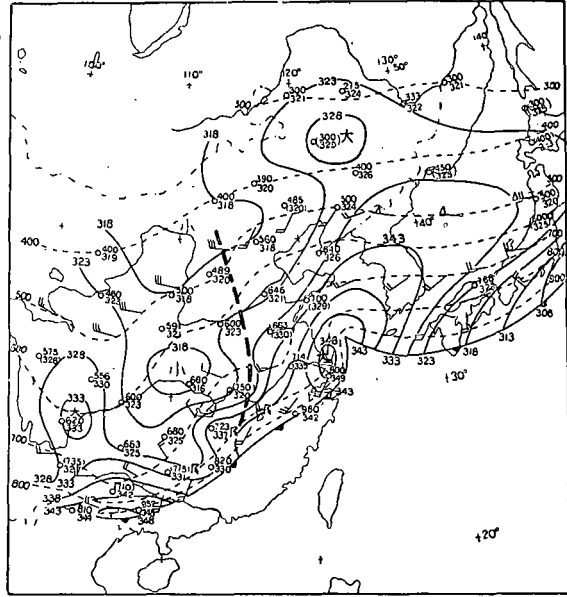


圖8. 鋒面上界 θ_{se} 分佈圖. 1957年4月10日00z, 說明同圖1

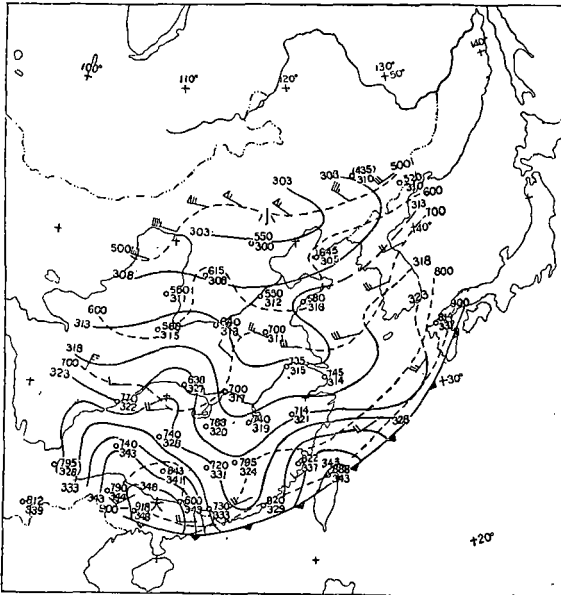


圖9. 鋒面上界 θ_{se} 分佈圖. 1957年4月11日00z, 說明同圖1

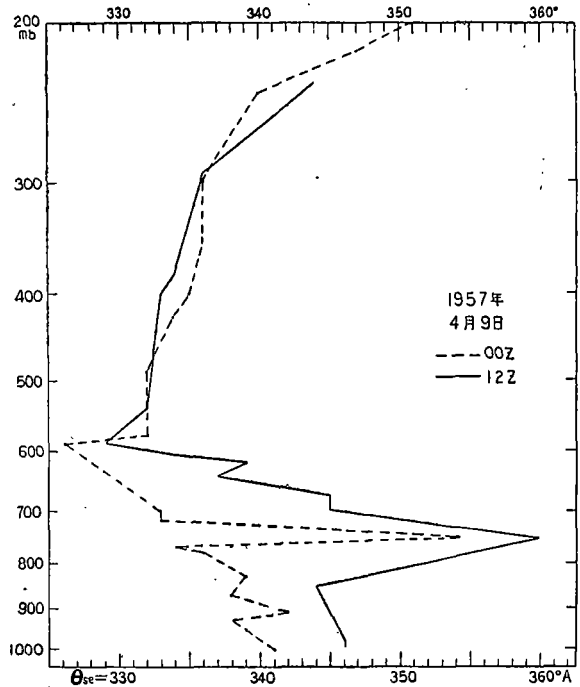


圖10. 贛州 θ_{se} 的垂直分佈. 1957年4月9日00z及12z

這種變化的形成與8—9日的情形也是相似的。在分佈位置上跟9日一樣 θ_{se} 高中心一般在鋒面高度上的槽綫(或偏南風區)的前面, θ_{se} 最小值在後面(或偏北風區),與鋒面高度本身則很少有關係。一般說來,在鋒面上界偏北風的區域中,鋒面上界的 θ_{se} 中心(極值)變化也小,幾乎保持不變。例如9日陝西上空的以 $\theta_{se} = 318^\circ A$ 為最後閉合綫的 θ_{se} 低中心,在10日移到了宜昌一帶,中心閉合綫仍是 $\theta = 318^\circ A$ 。地面上的 θ_{se} 向北推進很少,甚至南移。9日地面上 $\theta_{se} = 348^\circ A$ 的綫,最北的部分各遠在廣東南部及福建南部。

10日上海上空的 θ_{se} 高中心與9日在贛縣附近低空出現的 θ_{se} 高值區域(圖10)比較更接近(地面冷鋒已過上海,所以近地面層上海 θ_{se} 是降低的),後者並且也是向東北移去的。由此看來似乎在鋒面逼近這 θ_{se} 高值中心時後者就被併入鋒區了。

這種演變過程只是一種現象,但它對我們了解鋒上 θ_{se} 極值變化的原因很有幫助。因為鋒面上 θ_{se} 極值的不守恆只有兩種可能解釋。一個是鋒面或鋒面的界限雖是物質面,但 θ_{se} 並不守恆。另一個則是 θ_{se} 是守恆的,但鋒面並非是由固定原點組成的物質面(當然也可能 θ_{se} 既不守恆,鋒面也並非由固定的質點組成)。大家知道 θ_{se} 是一個準守恆量。它只因非絕熱變化而改變。在我們這例子中 θ_{se} 中心數值改變很大,且在高到850 mb高度的地方,天氣又是陰天,因此 θ_{se} 的改變顯然不是輻射加熱的結果。高層降雨蒸發造成水汽的增加可以使 θ_{se} 稍為增大。但是在這情形中因為在鋒區以上高空中並沒有達到飽和,鋒後降水區雖大但降水量小,飽和層薄(10日上海南京700 mb上就都沒有飽和)不可能有降雨下落蒸發而使鋒面上界的 θ_{se} 增加。

另外,固然 θ_{se} 中心數值改變很大的區域可能有比較大的上升運動,但它不在雷雨區內,湍流垂直混合及對流混合造成的 θ_{se} 也不能很大。只有在廣西的 θ_{se} 增加區域可能是這種作用的結果*。因此,從各方面看來 θ_{se} 雖然有改變,却並沒有很起作用的因子使 θ_{se} 不保持守恆。所以,我們認為這種 θ_{se} 極值的巨大改變只能是鋒面並不保持為固定質點

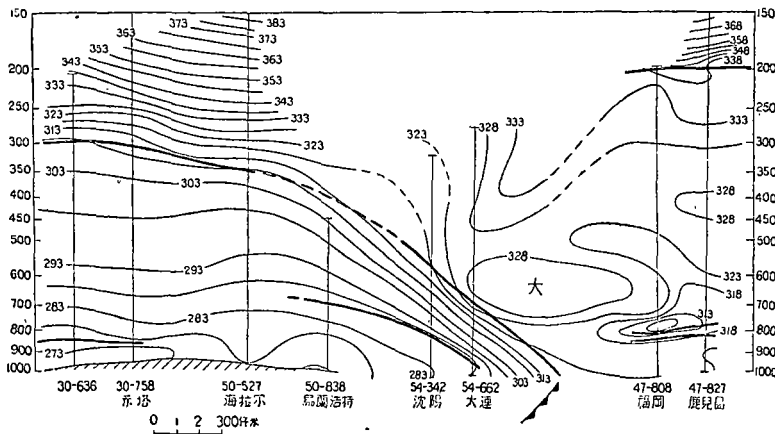


圖 11. 由西伯利亞(30—636)到日本鹿兒島的剖面圖。1957年4月9日00z

* 事實上這種作用要引起下層 θ_{se} 的均勻化,鋒面上界以下的 θ_{se} 要減小,對江南部分這是不符事實的(見圖12,鋒下 θ_{se} 綫更密集)。還值得注意,對廣西這部分接受了湍流混合輸送這因素也就同樣否定了鋒面是由固定質點組成的物質面這性質。

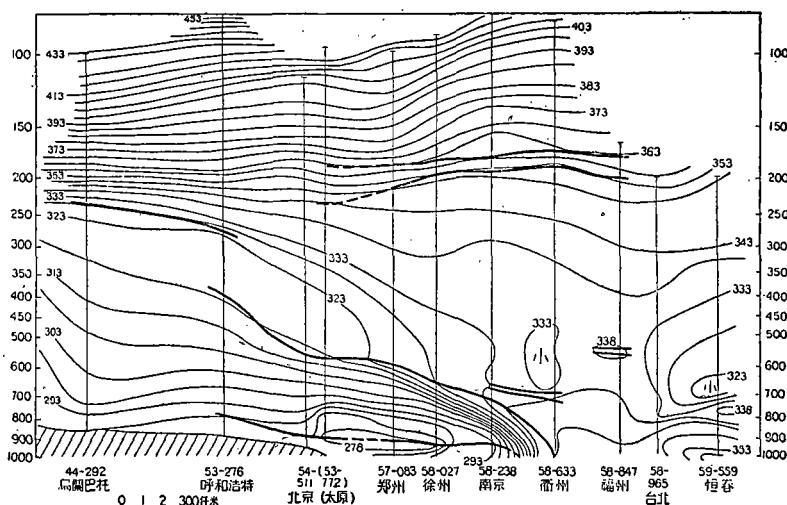


圖 12. 由烏蘭巴托到恆春的剖面圖。1957 年 4 月 10 日 00z

組成的物質面的結果，即使是在 24 小時這樣短的時間中。

什麼機構作用使鋒面不保持為由固定質點組成的物質面呢？自然我們也不能理解，鋒面會像槽綫那樣可以讓空氣質點迅速不斷穿過。在我們這例子中 θ_{se} 場的變化中也沒有反映氣流穿越鋒面的現象，這可以由剖面圖及鋒面 θ_{se} 圖看出(圖 4, 11, 12 中的原來在鋒區中的 θ_{se} 綫始終仍在鋒區中)。但是整個過程表明，鋒前暖氣團中的 θ_{se} 高中心幾乎水平地併入了鋒區中去*，即鋒面不斷的有一層層的鋒前空氣加上去，並且成為鋒面的一部分。這種鋒生作用在各個圖表上也可以看得出來。例如在 850 mb 上(圖 6)顯然有一個變形場存在，而西半段擴展軸就在我國大陸上。不難看出東徑 105—110° 以東等 θ_{se} 綫的分佈與氣流的關係表明在 850 mb 高度上這區域是一個鋒生區域。就是 8 日 850 mb 上也是如此。因此 8 到 10 日鋒面經過這區域中發生上面所見到的現象也是可以理解的。在這例子中垂直方向上也可能有鋒生。從 9 日和 10 日的剖面圖可以看出 10 日鋒區中等 θ_{se} 綫比 9 日的更多更密集了。同時在最南邊的 250 千米中垂直厚度就減少了約 1/2 千米。應該指出，不但是在鋒前有 θ_{se} 綫進入鋒區，就是在鋒的後面也有 θ_{se} 綫進入鋒區(見圖)，的確鋒生區是很廣闊的。注意 10 日剖面不像 9 日的剖面那樣經過 θ_{se} 高中心的中央，而是偏在西邊一些，因此 10 日通過 θ_{se} 高中心的剖面上等 θ_{se} 綫事實上可能比剖面圖上的還要密些。

然而鋒生也並不是均勻的，不但在這種情形下 500 mb 以上這種作用並不明顯，就是在 500 mb 以下的高度上，也有些地方沒有鋒生作用，9 日到 10 日的 $\theta_{se} = 318^\circ\text{A}$ 中心就是如此。這可能是鋒前及鋒上都是差不多強度的北風、沒有鋒生存在的緣故。注意這中心在 700 mb 以上，也自然不受 850 mb 高度上的鋒生的影響(在 500 mb 左右暖空氣中的 θ_{se} 梯度本身就比較小)。

總之，鋒面決不是一個簡單的由固定質點組成的物質面。相反的，鋒面是一個在不斷

* 比較圖 12 與圖 13，可見 θ_{se} 沿鋒面上界向上伸展的構造也與這種過程有關，說是沿鋒上升運動的結果^[12]似乎不大合適。

發展的東西，根據具體的風場、溫度場構造的關係，一般說來整個溫壓場中到處不斷的有着不同程度的鋒生、鋒消過程，因此鋒面前後不斷的經歷着鋒生、鋒消過程，從而使鋒面的上、下界一層層地加厚或一層層地剝蝕。這種過程是連續的，與整個鋒面鋒消而在鋒前（或鋒後）一個距離之外經過鋒生另外形成一個完全新的鋒面的過程不同。它代表的是一個鋒面本身的新陳代謝的過程。並且即使在 24 小時這樣短的時間中這種過程都是很明顯的。

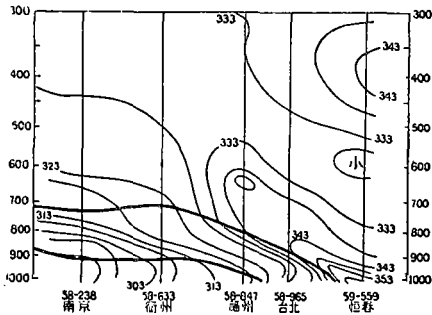


圖13. 由南京到恆春的剖面圖。1957年4月11日00z

還可以附帶指出，在鋒前暖區的 θ_{se} 高中心併入鋒區以後，鋒面上界的 θ_{se} 綫就逐漸改變了走向。在 10 日或 11 日的圖上可以看出鋒面上界的等 θ_{se} 綫已經不是與鋒面等高綫正交而是大致比較更接近於平行了*。在這時候即使在與鋒面正交方向上的剖面中，也可以看到鋒面界限與等 θ_{se} 綫相交成比較大的角度(圖 4, 11, 12)，不論鋒的上段或下段穿過鋒面界限的 θ_{se} 相當多。這與 8 日的情形已經很有不同。

也許在我們這例子中鋒生也是比較強的。但這種例子還是比較典型的。當對流層下部的低空裏西南低壓比較強的時候，北方下來的寒潮冷鋒一般都可以有這種過程。此外即使沒有西南低壓時，仍然有各種有利於鋒生、鋒消的構造，使鋒面的界限換成另一批空

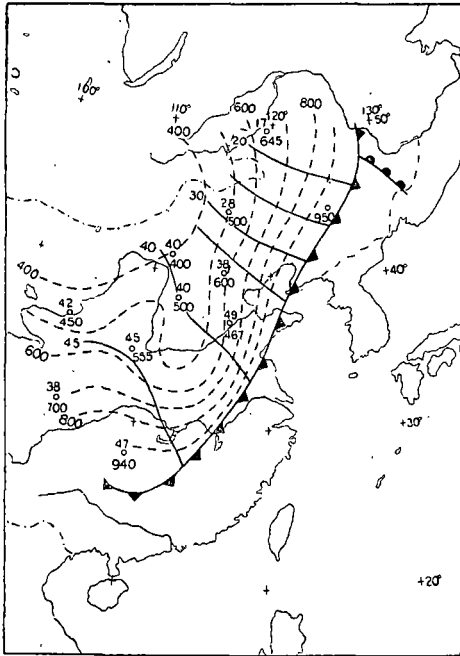


圖 14. 鋒面上界 θ_{se} 圖。1955 年 11 月 14 日 15z

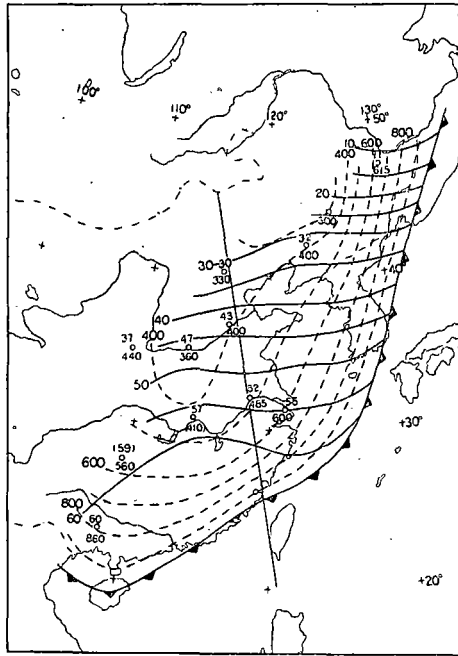


圖 15. 鋒面上界 θ_{se} 圖。1955 年 11 月 15 日 15z

* 根據計算在這鋒上 θ_{se} 梯度更偏於南北方向時，南北濕度的差異對 $\nabla\theta_{se}$ 有較大的貢獻，而 8 日的 $\nabla\theta$ 幾乎與 $\nabla\theta_{se}$ 一樣。

氣質點來組成， θ_{se} 因而也發生變化。下面就是一個例子。

第二例 這是 1955 年 11 月 13—16 日的寒潮*。這寒潮比前例的強一些，冷鋒移動也更迅速。暖空氣活動較弱，鋒上沒有氣旋很快地形成。在 14 日冷鋒已經進入我國黃河流域。在 14 日的鋒面上界 θ_{se} 圖(圖 14)上可以看到等 θ_{se} 綫大致與鋒面等高綫垂直。 θ_{se} 梯度平均約 $12^\circ/1000$ 千米。第二天(圖 15)在鋒面的南段，等 θ_{se} 綫與鋒面等高綫已接近平行， θ_{se} 梯度也加大。在北緯 35° 以南地區，鋒面上的 θ_{se} 值一般約增大了 10°C 。值得注意的是與各高度水平風向的分佈聯系來看，可以看到 35° 以北的地區鋒上主要是西風，但 35° 以南地區鋒上多是偏北

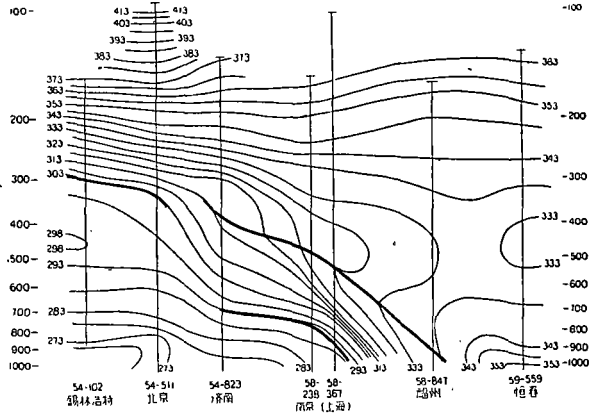


圖 16. 由錫林浩特到桓春的剖面圖。1955 年 11 月 15 日 15z

風，空氣是下沉的。然而即使在這種情況下， θ_{se} 也是加大的。由此可見，湍流性垂直交換，輸送和降水蒸發的可能性是不大的，而鋒上 θ_{se} 的增大應該是因為鋒面本身不是由固定質點組成的物質面的關係。由於 θ_{se} 在這區域是向南增加的(見[16]中 14 日的剖面圖)，可見鋒面前方有空氣不斷進入鋒面。這裏就可能有鋒生過程存在。當天 700 mb 等高圖上也的確可以看出這種鋒生的存在(見[16]附圖)。

三. 討 論

分析上面兩個例子所得的一些結果，使我們對鋒面的一些概念不能不加比較重大的修正。顯然這些概念上的修正不能不影響到東亞鋒面的分析方法和數值預報上對鋒面的考慮。

從鋒面分析的觀點來看，我們得考慮一下方法上的改變：

(1) 由於在東亞鋒面與等 θ_{se} 面絕不是重合的，依等 θ_{se} 綫來分析剖面圖裏的鋒面一般就不可靠。辨認是否是同一個鋒面，不能靠固定的一個 θ_{se} 值來決定。

(2) 由於鋒面不是簡單地由固定質點組成的物質面，鋒上 θ_{se} 並不保持不變。因此逐日之間鋒面的辨認也不能依據 θ_{se} 值來作(當然，固定位置上逐日的剖面圖本來也不是同一質點組成的，因此它們之間的差異也並不表示同一物質面上的時間變化)。

(3) 由於鋒面上各方向 θ_{se} 分佈的不均勻性，某一方向上的單一剖面不能完全代表鋒面的溫壓場構造。譬如在東亞寒潮冷鋒的早期，與鋒面正交方向上的剖面中，儘管鋒面與等 θ_{se} 綫近於重合，但鋒面事實上與等 θ_{se} 面遠不是重合的。

(4) 由於鋒面不是等 θ_{se} 面，不是一個簡單地由固定質點組成的物質面，而是連續不斷地變化、發展着的構造，鋒面上一些現象就有着一一定的複雜性，而要瞭解和揭露這些複雜性，鋒面 θ_{se} 圖是一個比較有用的工具。分析逐日的鋒面 θ_{se} 圖，聯系鋒上的氣流、天氣

* 本例過去已有分析^[16]，但本文中參照各高度局地溫度的變化及暖空氣中可能有的斜壓性等情況重新確定了鋒面的位置，所以與過去分析的位置不一樣。

等來加以研究,可以對鋒面分析得到新的幫助。

除此之外,其他一些由鋒面作為物質面所推得的一些結果,自然也要重新考慮。

鋒面上 θ_{se} 分佈既不能用來作為分析鋒面的依據*, 那末分析鋒面又依據什麼呢? 依據的東西還是有的,譬如說,在許多情況下,逆溫層是很清楚的。在逆溫層不清楚的情況下,各高度上局地溫度變化的分佈也是幫助決定鋒面位置的重要幫助。Palmén 等曾多次用到過這個辦法。我們在這兩個例子的分析中覺得這也是很有用的。當然這牽涉到鋒前暖空氣斜壓性大小的問題。

有些情形下鋒面是比較難定的。例如 1955 年 11 月 15 日南京的探空上從下到上逆溫層逐漸轉成遞減率比較大的氣層,其中難於定出明確界限,這種情形下就可能定成幾個鋒區,形成各層的鋒面。其實恐怕這還是湍流混合作用多少破壞或模糊了原有的明顯的鋒面。把它認為多層鋒面恐怕不大合適。一般說來,這混合層也算成是鋒區的一部分。如果定在混合層下方,鋒面上更要出現新的 θ_{se} 最小區域。當然有些情形下,這氣層顯然不是混合作用的結果,而是鋒前暖氣中斜壓性的結果,這時就不能不把這氣層的下界作為鋒面的上界([15]中的圖 3 裏 Kiel 的探空就是一個例子)。但在我們的分析中定鋒面上界時已經總是定得使鋒面上 θ_{se} 的差別儘量縮小,以免發生人為的鋒上 θ_{se} 的不均勻性(圖 17 是一些重要測站的上升曲線和所定鋒面上界位置,可供查對)。

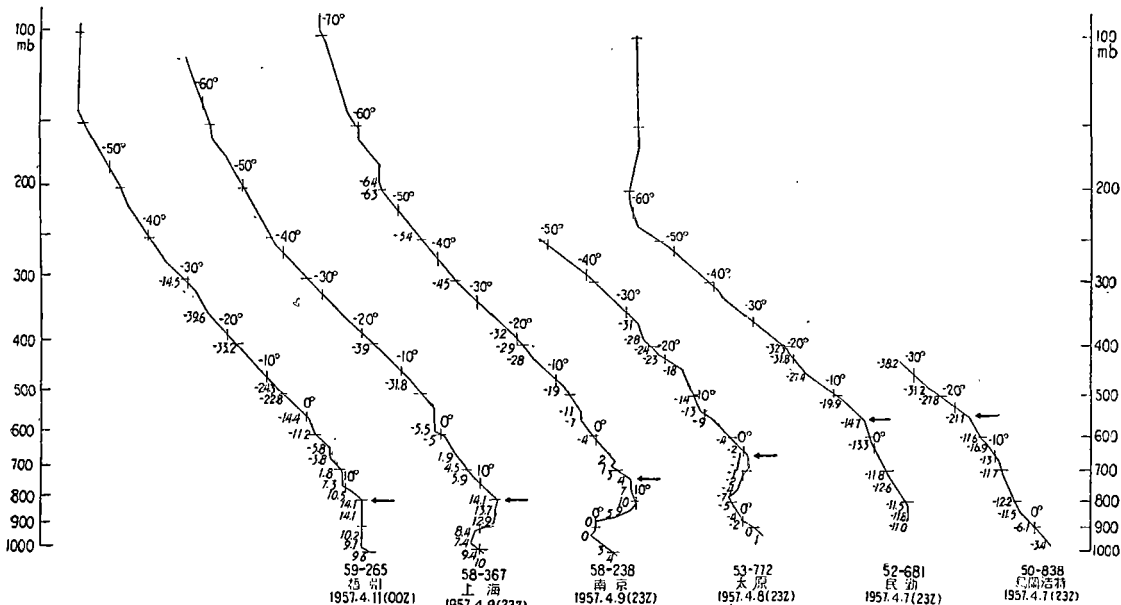


圖 17. 若干上升曲線, 箭頭指明鋒面的上界, 旁註數字是露點(°C)

從數值預報的觀點來看,我們的結論是:

(1) 由於東亞鋒面與等 θ_{se} 面始終不是平行的,因此用等 θ_{se} 面來表示鋒面是不合適的。

(2) 由於鋒面前後都連續不斷地有着鋒生、鋒消的作用。鋒面不是一個簡單地由固定質點組成的物質面。鋒面上的 θ_{se} 值也不是保持不變的,因此來考慮鋒面影響的預報

* 如果有前一時間的鋒面 θ_{se} 圖的幫助,結合運動情況把 θ_{se} 作為分析鋒面的一種參考材料是可以的。

模式中，用一個固定的物質曲面 $F(a, b) = c$ (a, b, c 是 Lagrange 坐標) 來表示鋒面是不合式的。或者更簡單一些說，用

$$\theta_{oc} = F(a, b)$$

之類來描寫鋒面放入模式是不合適的。

(3) 由於鋒面前後都連續不斷地有鋒生鋒消作用，不是一個簡單地由固定質點組成的物質面，因此在模式中對未來鋒面的預報不能單純的用組成原來鋒面的物質面的位移預報來解決問題，而必須進行鋒生的預報，必須預報鋒面本身的這種新陳代謝的發展。

由此看來，在東亞的數值預報中考慮並且預報鋒面還不是非常簡單的事。現成的一些方法是不合適的。在經過更進一步的普遍研究，對東亞鋒面這些性質得到更為確定的結果後，我們應該根據這些具體性質研究出東亞所合用的考慮並預報鋒面的數值預報方案。

* * * *

本文的一些填圖及計算由陸恩任、黃月英等同志完成，製圖是由高美德同志完成的。

參 考 文 獻

- [1] Садоков, В. П., *М. и Г.*, 1956, №7, 14—19.
- [2] 陳雄山等，氣象學報，**28** (1957), 275—281.
- [3] 大致見 Хромов, С. П., *Основы синоптической метеорологии*, Ленинград, 1948, 共696頁.
- [4] Palmén, E., *Mitteilungen Met. Inst. Univ. Helsinki*, No. 57, 1946, 47 pp.
- [5] Bjerknes, J. and E. Palmén, *Geof. Publ.*, **12** (1937), No. 2, Oslo, 1937, 62 pp.
- [6] Bjerknes, J. and collaborators, *Veröff. Geophys. Inst. Univ. Leipzig*, II. Serie, Bd. XII, Ht. 1, 1939, 107s.
- [7] Nyberg, A. and E. Palmén, *Geograf. Ann.*, **24** (1942), 51—93.
- [8] Staff members, Dept. Met. Univ. Chicago, *Bull. Amer. Met. Soc.*, **28** (1947), 255—280.
- [9] Palmén, E. and K. M. Nagler, *J. Met.*, **5** (1948), 220—226.
- [10] Saucier, W. J., *Principle of meteorological analysis*, Univ. Chicago Press, 1955, 438pp.
- [11] Nyberg, A., *Geograf. Ann.*, **26** (1944), 273—394.
- [12] 謝義炳等，氣象學報，**27** (1956), 1—24.
- [13] Hsieh Y. P. and Y. C. Chen, *J. Chinese Geophys. Soc.*, **2** (1951), 279—297.
- [14] 某氣象處，天氣月刊附刊，1956年，3月，1—6.
- [15] Palmén, E. and I. Hela, *Mitteilungen Met. Inst. Univ. Helsinki*, No. 48, 1941, 23pp.
- [16] 仇永炎，氣象學報，**28** (1957), 13—26.

FRONTAL θ_{se} CHART AND ITS APPLICATION TO
THE ANALYSIS OF UPPER BOUNDARY OF
COLD-WAVE FRONT IN CHINA

KOO CHEN-CHAO, CHEN YUNG-SAN and SHU YU-FUNG

(Institute of Geophysics and Meteorology, Academia Sinica)

ABSTRACT

A newly designed chart—fronal θ_{se} chart is presented as a tool for frontal analysis. This tool is applied to the analysis of the upper boundary of cold-wave fronts in China for two cases. It is found that the θ_{se} over the upper frontal boundary is far from uniform and the θ_{se} value of maximum changes rather considerably with time. By means of this the authors try to demonstrate that the frontal surface is not a simple material surface always consisting of same set of air particles, but rather a structure with its own mechanism of metabolism, subjecting continuously frontogenetic process. The significance of this findings for frontal analysis and numerical forecasting is also discussed.