

以氣象衛星照片預報寒潮之爆發*

徐 寶 箴

The Use of Satellite Picture in Forecasting the Cold Air Outbreaks

Pao-chin Hsu

Abstract

From previous data and weather maps in the period of September 1969—April 1970 and September 1970—April 1971, The properties and indications of the cold air outbreaks from Siberia were analysed. By using the satellite APT pictures received by CAF weather central during the above mentioned period of time, the cloud patterns produced in the cold advection over China mainland were compared with that produced in the ocean. Some special cases in Spring, Winter and Autumn respectively were studied. Some useful conclusions have been drawn as follows:

1. Cloud patterns produced by the cold air advection in The continent is completely different from that produced in the ocean.
2. Cloud systems produced by the cold air outbreaks in China mainland have the following characteristics:
 - A. The edges of the frontal cloud band are not as smooth as smooth as that formed in the ocean.
 - B. Although the frontal cloud band is usually mingled with local cloud systems in the continent, it is still recognized by continuity and other features.
 - C. To the rear of the frontal cloud band, the low clouds (or fog) are usually observed and when in high latitude dust storm can be seen. No cloud lines or cellular clouds as seen in the ocean were formed.
 - D. The frontal cloud band is shorter and narrower when in high latitude than in the lower.
 - E. Usually there is a large cloudless area between the Yellow and the Yantze River, after the outbreak cold front arrives in SE China coast.
3. The interpretation of the satellite pictures should be a great aid in the analysis and forecasting of the cold air outbreaks.

一、引 言

臺灣之天氣，多受季風之影響，夏季半年盛行南來季風，（南風，東南或西南風）南來之風伴來溫暖潮濕之天氣，有時颱風入侵，可伴來狂風暴雨，造成極大之災害。冬季半年，盛行北來季風，西北風帶來之空氣比較寒燥，其經北方或東北海洋而來之空氣，秉性寒冷而潮濕，冬季時，此種自北方來之強烈冷空氣稱之為寒潮。凡受寒潮侵襲之地區，天氣有顯著之突變。冬季時，此種寒潮之來與不來，其移動速度之

快與慢，停留一地之久與暫及其範圍之大小，均為天氣預報人員所必須考慮之問題，如研判錯誤，可能造成冬季天氣預報之嚴重失敗。

寒潮之前端為冷鋒，通常稱之為寒潮冷鋒，鋒面上有特殊之雲帶。鋒面之後方，為冷氣平流，此種冷氣平流生成有特殊之雲系。海上所生之寒潮雲系，研究發表之文章圖片甚多，陸上寒潮所生之雲系，與海上者不同，一般雜誌書本均少有介紹論述，本研究欲以每日所得之衛星照片，作為認識及研判東亞地區來

* 本著作之完成，曾得行政院國家科學委員會之補助。

自西伯利亞大陸寒潮之爆發，追蹤其行動，以為分析及預報冬季天氣之用。

二、本研究之對象

冬季時，凡北方地區之冷空氣突然南侵，均可稱之為寒潮。本研究所指之對象寒潮，僅限於東亞之中國大陸及其以北地區。以時間言，僅包括1969年9月至1970年4月，及1970年9月至1971年4月。凡在此兩段時間以內，中國大陸及其以北地區爆發之寒潮，不論其範圍大小，歷時久暫，及其影響是否及於臺灣地區，只要有衛星照片可以比較研究者，均為研究之對象。

三、本研究所用之資料

本研究所用之氣象衛星照片，包括二部份：

1. 中國空軍氣象中心所收集之每日氣象衛星照片。
2. 澳大利墨爾本世界氣象中心所接收由美國經計算機整理後，經由太平洋衛星轉播之氣象衛星照片。

本研究所用之地面及高空天氣圖，及其他紀錄係採用本局繪製及接收到者。此外亦採用日本氣象所印製之地面及高空天氣圖。

四、亞洲寒潮之特性

(一) 寒潮之通性：

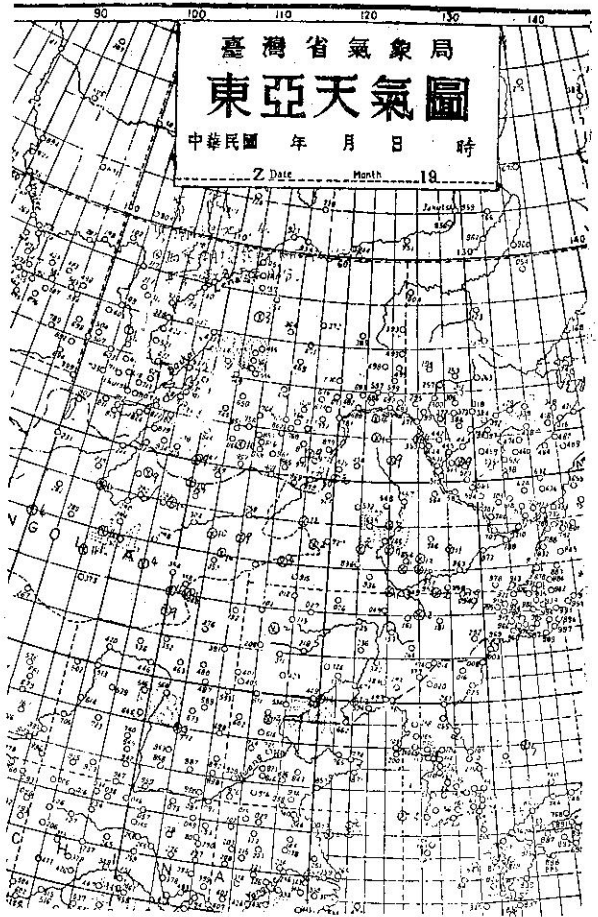
亞洲寒潮之主要源地為西伯利亞，冬季時該地區，晝短夜長，空氣寒燥凝重，造成地面極高之氣壓。寒冷之空氣經長時期之積聚後，或因堆積過厚，或因高空槽之導引，向外溢出；其向我國方向溢流者，是成為我國冬季之寒潮。寒潮南侵由於北方空氣較寒冷而凝重，可使南方較暖之空氣逼升於其上，使南方地區之天氣，發生極大之變化，寒潮所到之處，常氣壓急升，氣溫突降，風向轉北，西北或東北，風速大增。在北部乾燥地區，可引發沙陣塵暴；南部潮濕地區，可降雨雪或雷暴。

(二) 寒潮之源地：

寒潮之主要源地，當然為西伯利亞，但西伯利亞面積極大，每次寒潮爆發並非皆由同一地點而來，再經冷空氣南侵到某一地區，並經停留一段時間後，可造成該地區之另一個新高壓中心，如有槽經過，可引導該處之冷空氣成為寒潮之新源地，再度爆發南侵，故寒潮之爆發並非限於同一地點。

寒潮冷鋒之北端，常為氣旋之中心，中心之西方

或西北地區應為寒潮最北源地。茲將1969年9月至1970年4月及1970年9月至1971年4月兩段時間內與寒潮爆發有關之氣旋中心（即第一次發現寒潮冷鋒之低中心），繪點於地圖上，可知寒潮爆發之源地，多集中於北緯44°及54°，更經100°及130°間之地區中。在公緯35°至45°之間，多集中於110°及120°兩經度線左右，如第一圖所示。



第一圖 寒潮源地分佈圖。潮爆發時低壓中心位置其旁之數字表示月份

(三) 寒潮爆發之頻率：

按照本次研究時間內所用資料統計結果，各月寒潮爆發之次數如下第一表所示：

第一表 各月寒潮爆發次數統計表

年	月								統計
	9	10	11	12	1	2	3	4	
1969—1970	4	5	4	2	2	3	3	5	28
1970—1971	4	4	4	2	2	4	5	3	28

由上第一表可知，兩個寒潮爆發季，共 16 個月

，共爆發寒潮 56 次，平均每 8 日爆發一次。九月至十一月為西伯利亞高氣壓勢力漸形增強，太平洋高壓漸向東方退縮之期，亦為中國地區南北向氣壓差別最大之時，故寒潮爆發較頻，源地可遠發生於北緯 50° 以北及東經 100° 以西，自發生至抵達臺灣，中間行行停停，可需時十數日以上。自 12 月至次年之 2 月，中國大陸經常為冷性高壓所籠罩，寒潮發自西伯利亞直接侵達華南及臺灣地區者較少，有適當之高空槽經過華北或以北地區時，可引導該等地區之冷空氣南侵而造成寒潮。故在此三箇月中寒潮之特性，其發源地較前三個月者偏南，由於源地空氣之溫濕與南方地區者之溫濕性質相差較小，故寒潮經過一地前後之天氣（包括氣溫氣壓等）較少懸殊。三及四月之間，由於中國大陸上之高氣壓，已漸形衰弱，寒潮活動之情況，頗與 9 至 11 月者相似，惟爆發次數略形減少。

四、寒潮南行之速度及其到臺灣所需之日數：

在本研究之兩個冬季時間內，共爆發 56 次寒潮，如第一表所示，其中有 39 次曾侵入臺灣，約佔總數之百分 67 強。在此侵臺 39 次之寒潮中，自爆發到臺灣所需之日數，在各月之分配如第二表所示。由表可知到達臺灣之寒潮以三月為最多，9，2 及 4 月次之，以 12 月及 1 月為最少，其原因似與前節所述寒潮爆發頻率有密切之關係，3 月份之所以侵臺寒潮最多乃由於太平洋高壓尚未伸展到臺灣地區，而中國大陸高壓已漸消去，但西伯利亞高壓仍頻頻南下有以考之。

第二表 寒潮自爆發到達臺灣之日數統計

		(9 月 1969—4 月 1970)													
		(9 月 1970—4 月 1971)													
月份	日數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計	
9				2	1				1				2	6	
10					2				1					3	
11				3		1								4	
12					2									2	
1			2											2	
2			3	3										6	
3			3	5	5									13	
4			2	2	1	1								6	
統計		8	10	11	7	1	2						2	39	

寒潮爆發後未能奔向臺灣之原因約有以下數端：

1. 寒潮之行動，多受高空氣流（500 或氣流 700 mb）所操縱，故低指數時，每可導引寒潮自西伯利亞

直奔華南臺灣；於高指數時，每經華北或黃河一帶由海逕向日本。

2. 長江一帶停留有高氣壓時，可使南下之寒潮受阻不能南行。

3. 華南一帶，有深厚強烈之西南氣流時，可使南下之寒潮轉向東北行。

4. 太平洋之高氣壓已伸展到臺灣一帶，寒潮多已無力再入侵。

五、寒潮爆發之徵兆

寒潮之爆發可由以下各種途徑，尋找其徵兆：

1. 高空槽所引發，其中以 500mb 或 700mb 之槽最為重要，槽後西北或北風愈強，寒潮之爆發亦愈猛，槽之南北向伸展愈長，寒潮南行亦將愈速。

2. 高空等溫線：等溫線表示空氣溫度之分佈，寒潮南下時，北方空氣南行，高空等溫線必定向南方突出。依據本研究二段時間內天氣圖中等溫線分析之結果得知，每次寒潮南下 700mb 或 850mb 圖中槽後之等溫線，均成波浪形向南方突出或者是最寒冷中心區，向南方移進。前節所述高空槽後方之北或西北風，表示該處可能有寒潮發生，本節所述等溫線槽或最冷中心區之南移，係表示現在或過去短時間內有寒潮南侵。

3. 地面鋒：北方冷空氣南下，與南方不同溫濕，性質之空氣相遇，必可生成鋒面，即所謂寒潮冷鋒。寒潮冷鋒為寒潮之前端，由鋒面之雲系之性質及其行踪，可以推知寒潮性質及其行踪，此種由雲系分析寒潮之方法比較以天氣圖分析寒潮為完整及實用，故以氣象衛星照片分析及追蹤寒潮冷鋒，頗為有用。

4. 冷氣平流之雲系：

寒潮冷鋒之後方有冷氣平流，冷空氣南行，自地面吸收熱量及水氣，使低層空氣原為穩定者變為不穩定，因而起對流及發生雲類。由於不穩定之性質及程度不同，其產生雲類亦頗不同。

海上冷氣平流之情況，依據 GRAHAM 等之試驗結果，證明與實際衛星照片所見者相同，則由冷氣平流所造成之初期不穩定 Initial instability 與後期穩定情況 Steady State 下所生之雲類，有顯著之不同，由冷氣平流而起之雲類形態及構造，可以推知寒潮之性質，對冬季時之天氣預報有極大幫助。

六、衛星照片中之寒潮雲系

寒潮南侵，其前緣部分，由於空氣寒冷凝重，必沿地面而行，伸入南方暖空氣之下方，迫使暖空氣上

升而生鋒面雲系，在鋒面之後方，空氣南行，自地面受熱及水氣增加，氣團變為不穩定而生氣團性之雲類。不論前者之鋒面雲系或後者之氣團雲系，均須視冷空氣流經之地面為海洋或為大陸有極大不同，茲分述如下：

1. 海上寒潮雲系：

寒冷之大陸空氣進入溫暖潮濕之海洋，接近海面之薄層空氣，因為溫濕增加，造成所謂初期不穩定之空氣層，初入海洋，常因為太乾燥不能造成相當大之雲塊，須待海洋中所行數小時後，才有扁平之積雲出現。通常此種快行之淺層空氣，由於磨擦作用，常有垂直向之風切。依照理論及實際均可以證明，只有無垂直向風切時，才有三向度發展之細胞狀雲系。故有垂直向風切時，因對流而造成之雲類，只有沿風切向量方向，排列成二向度之型式，造成所謂線狀排列之積雲。此時該層空氣之上下風切之向量約與該層空氣之平均風平行。

此種成行之積雲，其高度及體積向平均風下游方向漸漸增加，在衛星照片中，可見風初離海岸時無雲，須離海岸一段距離後，才漸見微細之積雲條紋，條紋積雲線漸漸變粗，然後再變為細胞狀之雲系。細胞狀之雲系有兩種，即空心細胞狀及實心細胞狀兩種，前者係由於強烈地面加溫而起，為空氣極不穩定之象徵；後者係由於中度或輕度之地面加溫而成，是空氣層僅有中度不穩定之結果。

自細胞雲再向下游前進，或有一段無雲之空間，係由冷空氣下降所生成。過後，即為鋒面雲帶，鋒面雲帶係由於冷空氣前進抬升暖空氣而成。由於海面情況比較均勻，故不論低層冷空氣之前進邊緣，或是被

逼上升暖空氣之邊緣，均比較有規則而圓滑，故海上鋒面雲帶有比較清明圓滑之輪廓。海上寒潮所生之線狀排列積雲或層積雲，細胞雲系，及鋒面雲帶如第二圖所示。

2. 陸上寒潮雲系：

中國之寒潮大多來自西伯利亞，來自西伯利亞之冷空氣南侵，開始時，其所經之地面多乾燥而寒冷，空氣增溫增濕不多，故氣團之初期變性不大，當亦無如海洋上之條狀積雲，或細胞雲系之發生。

經檢視本研究所用每日衛星照片之結果；知每次寒潮南下，在冷空氣與南方空氣相遇之鋒面上，均有鋒面雲帶。惟此種鋒面雲帶，視緯度及地面性質而有不同；通常在黃河以北地區時。鋒面雲帶較短而狹窄。過黃河後，鋒面雲系將較長而寬。

冬季時，四川盆地長期籠罩着低雲，每與南下寒潮雲系混和或相連一起。

寒潮雲系到達長江流域，或到達華南地區，雲區更擴大。此時，甚易與由西南氣流而生之雲系相混淆不清。須視雲系之前後演變及配合其他資料而判別之。

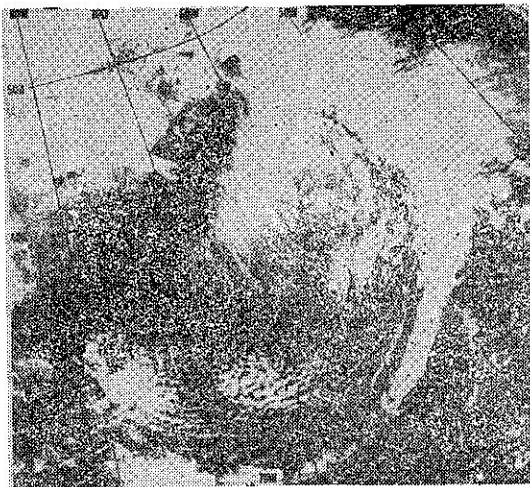
寒潮亦可沿河谷或海岸南流；有此種情況時，可發現沿河谷或海濱之雲系。

關於寒潮南下時，大陸上之雲系，將按以下春、冬、秋各季之例分述之。此外，尚有一例說明西南氣流造成華南一帶雲區之情況。

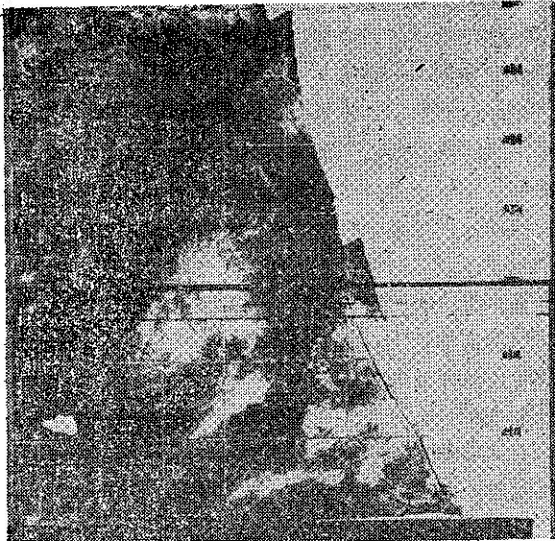
七、特殊範例分析

(一)春季之例：民60年3月20日。按該日地面天氣圖，有高氣壓在貝加爾湖之西方，中心位置約在東經90°，北緯48°處，中心氣壓為1040mb。另有數個低壓中心，位於我國之東北及華北一帶，有一冷鋒自東北方之低氣壓中心，經華北之低氣壓中心向西南方延伸至河南省一帶。

按該日之700mb天氣圖，有一低壓槽約在東經122°。又按該圖中之等溫線，有一低溫槽在東經110°。由以上之高空及地面天氣圖，均可知已有寒潮，在東經110°以西之地區南侵。按該日氣象衛星照片，如第三圖所示，（此照片係由單號愛沙衛星所攝，經美國以電子計算機處理後再由衛星ATS轉播給世界各處應用者）。很明顯有一寒潮鋒面雲帶。自華北向西南方延伸達河南西部及東經106度北緯31度。與該日地面天氣圖中之鋒面位置相合。惟華北一帶之空氣比較乾燥，鋒面上之雲系並不濃密及寬大，鋒面後更無



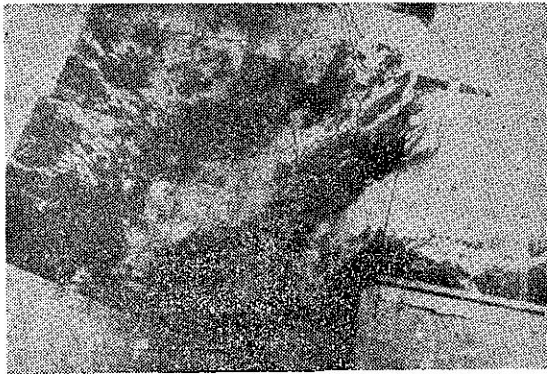
第二圖 海上寒潮雲系



第三圖 春季寒潮鋒面雲系在華北及黃河中游一帶時之例
60年3月20日經美國 ATS-1 衛星轉播之照片。

線狀排列之積雲或細胞狀之雲系。惟在東經 100 度至 110 度之間，有一與高層平均風平行之高層雲，此種雲系之分佈，可為寒潮到達華北地區時之代表，與通常一般海上寒潮所有者完全不同。

自 21 日以後，寒潮已漸向東南方伸展，22 日，寒潮冷鋒已到達我國東南沿海如第四圖所示，鋒面上雲帶已比較在華北時為寬為長，蓋華南沿海一帶水氣比較華北一帶為豐富。圖中之黃河流域下游已出現晴天，是表示該地區已多下降氣流，亦表示該一帶之冷氣平流已不顯著。



第四圖 春季寒潮鋒面到達東南沿海之例
60年3月20 0000Z ESSA 衛星照片。

由以上之例可知，雖由天氣圖及衛星照片均可追蹤寒潮冷鋒之行踪，但在衛星照片中鋒面上雲系之分佈組織等資料，可有完整圖片可以比較研究，對天氣預報可有極大之價值。此外在寒潮鋒面之後方，更可由衛星照片中，推知冷氣平流之情況，對未來天氣預報更提供寶貴之資料。

如果一旦天氣報告受到阻碍，天氣圖不能繪製時，衛星照片乃成為天氣預報惟一用以為依據之工具。平時如果對衛星圖片之判讀具有經驗，即一旦無天氣圖時，以衛星照片仍可以製作天氣預報。

(二) 冬季之例：

在 1969 年 12 月 4 日 1200Z 之 700mb 天氣圖中由等溫線知最冷中心在貝加爾湖之東北方，最低氣溫為 -30°C ，同月次日 (5 日) 同時之 700mb 圖中，最低氣溫之中心在貝加爾湖之南方，最低氣溫為 -33°C 。六日同時該等壓面之最低氣溫中心，又南移至北緯 46° 度及東經 111° 度一帶，且溫度比前更低，為 -36°C 。又查五日 500mb 之天氣圖，在貝加爾湖之西北方盛行北及北北東風，六日之 500mb 圖中，顯示在該湖之南方，亦已變為北風，由以上所述 500mb 圖中風之變化，及 700mb 圖冷氣中心之南移，是很明顯表示西伯利亞寒潮已自五日開始南下。

按 12 月 5 日 0000Z 之地面天氣圖，高氣壓在

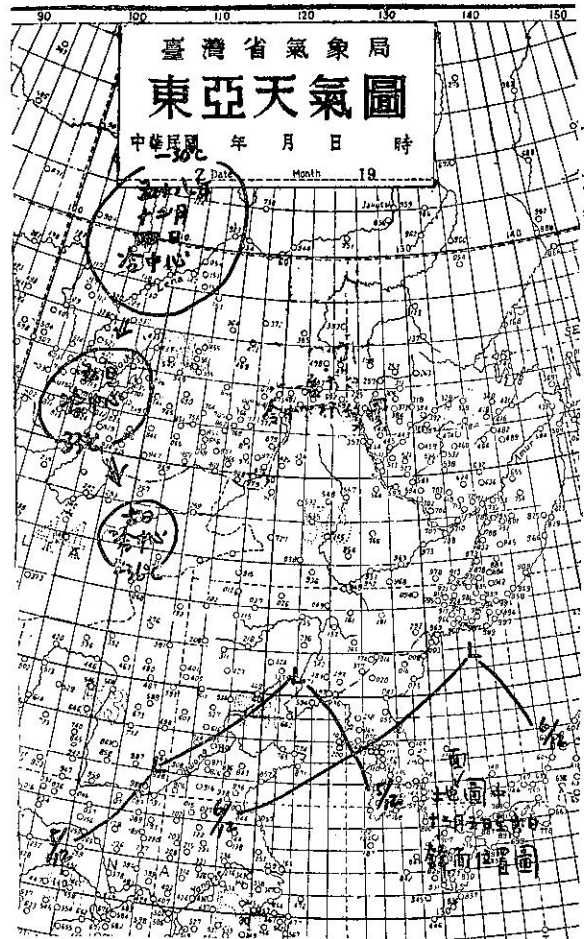
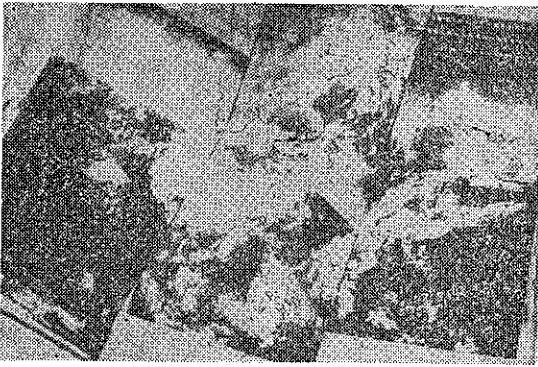


圖5. 700mb圖中四日至六日冷中心位移圖

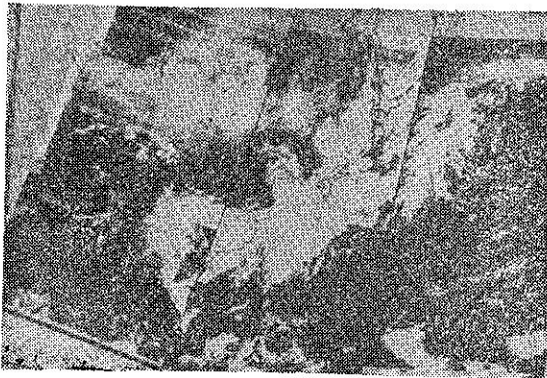
貝加爾湖之西北方，中心氣壓為 1042mb，有二個低壓中心，一約在東經 121° 度，北緯 41° 度。另一中心約在東經 115° 度，北緯 36 度；有一冷鋒連貫兩個中心，並向西南方延伸。自五日開始，寒潮前端在地面上南行情況，可由寒潮冷鋒推知之。四日至六日 700mb 圖中冷中心之位移及五日 六日地面天氣圖中寒潮冷鋒之位置，如第五圖所示。

六日寒潮時之衛星照片，如第六圖所示。大陸上所生之寒潮雲系，常與地方雲系相混合。由照片可知川康一帶地方性之常駐低雲，沿東南沿海一帶因南方空氣北行經冷海面而成之霧或低雲。華南有因西南氣流上滑而成之低雲。惟黃河下游南方之鋒面雲帶，仍清晰可別，鋒後有與地面層平均風平行之低雲或沙土。



第六圖 冬季寒潮南行雲系與地方雲系混合之情況
69年12月6日照片

第七圖為八日之衛星照片，由照片可知寒潮前端已過臺灣。在渤海及黃海一帶條狀之積雲，可見仍有強烈之西北風冷氣平流。可知此次寒潮範圍之廣，延續時間之長。在黃河及長江之間，已接近高氣壓中心地帶，多下降氣流，故無雲。

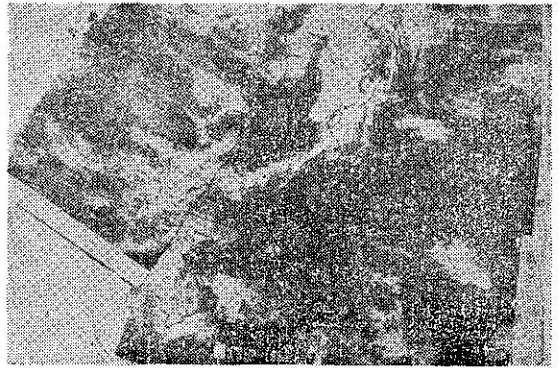


第七圖 58年12月8日照片
冬季寒潮到達東南沿海時衛星所攝雲系之例

(三) 秋季之例：

1969 年 9 月 2 日 0000Z 之天氣圖，高氣壓在青海，中心氣壓約 1020mb，低氣壓中心在東經 115° 度，北緯 35°，有一寒潮冷鋒自該中心向西南方延伸。由同日 1200Z 之 700mb 天氣圖，知有一槽線在東經 118° 度，在同時之 850mb 圖中有顯著之等溫線槽線在東經 117° 度，可知在該經度以西，已有寒潮南侵。

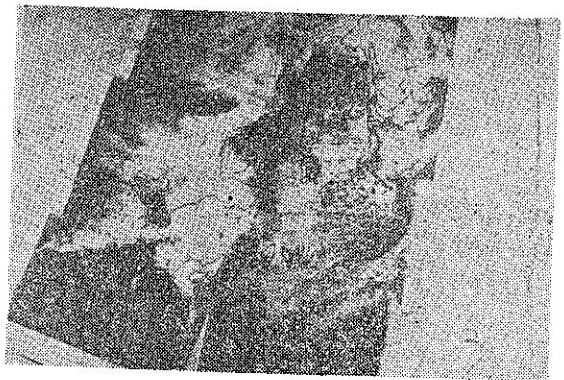
9 月 3 日之衛星照片，如第八圖所示，此次之寒潮冷鋒雲帶特別清楚，由於陸地地面高低不平，故雲系之前後邊緣均參差不齊。由於空氣乾燥及風亦不大，故鋒面後方之低雲或沙土均不顯著。秋季時，通常寒潮之勢力較弱，有時不待抵達長江流域，便已消失。是為秋季寒潮之特徵。



第八圖 58年9月3日照片
秋季寒潮雲系，在長江一帶之例

(四) 寒潮雲系與西南氣流造成雲系之區別

60 年元月 27 日 0000Z 時地面天氣圖中，高氣壓中心在西伯利亞之貝加爾湖附近，整個中國大陸及其沿海均在此高氣壓範圍之內，寒潮前端已遠達菲律賓一帶。按該日之 700mb 及 500mb 天氣圖，整國中



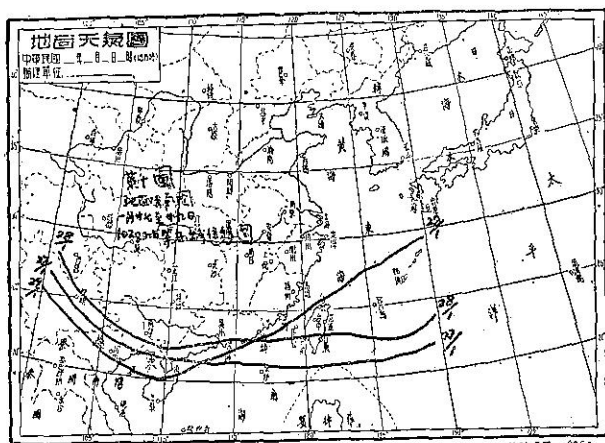
第九圖 60年1月27日照片
冬季冷氣平流，在海上及陸上造成雲系之例

國大陸及其沿海均在西北風之冷氣平流中。第九圖為元月 27 日 ESSA8 衛星照片。照片之海洋部份，為一標準之寒潮雲系照片，有標準之寒潮鋒面雲帶在菲律賓之東北方，其後方有細胞狀雲系，再後方在黃海一帶有標準線狀排列之積雲。在中國之黃河及長江中上游均有雲層，沿海地區因為空氣自較高之地下沉增溫，故雲量減少。

由60年元月 29 日 0000Z 地面天氣圖，知前(27)日之高氣壓已再南移。有兩個高氣壓中心，一在貝加爾湖附近，中心氣壓 1054mb；一在華北，中心氣壓為 1048mb，該日華南普遍降雨。按27，28，及 29 日 0000Z 地面天氣圖中之 1020mb^f 之等壓線分佈，如第十圖所示，可知華南地區該三日之氣壓並未上升，且有普遍下降之勢。此可說明該日華南之陰雨並非由於寒潮南侵之結果。



第十一圖 60年1月29日 西南氣流造成雲系之別



第十圖 地面天氣圖一月廿七至廿九日
1020mb 等壓線位移圖

按同日 1200Z 700mb 天氣圖，槽線在東經128度，其槽之南方界限為北緯28度。等溫線槽在 126 度，其南方界限在北緯 26 度，由上可知雖有冷氣平流，僅限於長江以北之地區。在華南普遍降雨區域，在 1200Z 之 850mb 圖中多微弱之東北及北風，溫度梯度小。在同時之 700mb 圖中有強大之西及西南風，等溫線成東西平行走向，如此較冷空氣之上，有溫暖而潮濕之空氣滑移，當可造成雲雨。29 日之 ESSA8 號衛星照片，如第十一圖所示，華南及東京灣一帶全部為雲層所佔有，此種雲為暖空氣上滑冷空氣及西南高地而成，與寒潮時因冷空氣南侵而成之雲系不同，且前者常停留一地甚少移動，後者係隨寒潮冷鋒而行，且海上有冷氣平流雲系，華南山地雲少。

八、結 論

- (一) 大陸上寒潮雲系與海洋上所見者完全不相同。
- (二) 大陸上寒潮所生之雲系有以下諸特點：
 1. 寒潮鋒面雲帶前後之邊線，由於地面粗糙不平，並無清明整齊之輪廓。
 2. 寒潮鋒面雲帶，雖有時與地方雲系相混，但其存在與移動仍可明顯辨認。
 3. 寒潮雲帶，在高緯度時，比較短及狹小。且南方部份與北部者雲系有別。
 4. 寒潮鋒面雲帶之後方，常有低雲或霧，在高緯度時，常有黃沙，並無海上冷氣平流所生之線狀排列積雲或細胞雲。
 5. 寒潮鋒面雲帶移出我國東南沿海之後，在黃河長江之間常有廣大之無雲區域。
- (三) 以衛星照片分析寒潮雲雨系統，比較憑天氣圖分析所得者為完整而詳細，對冬季時之天氣預報有極大之價值。
- (四) 如因故不能接收大陸上之天氣報告時，以衛星雲照片可知來自大陸之寒潮性質及動態，對天氣預報之助益更大。

參 考 文 獻

1. James C. Sadler & Bairy E. Harris "The mean tropospheric circulation and cloudness over S. E. Asia and neighboring areas". 1970.
2. Vincent J. Oliver some thoughts on use of ATS data to improve short range forecast. 1969.
3. WMO Technical Note No. 75 "The use of Satellite pictures in Weather Analysis & Forecasting". 1966.
4. Lester F. Hubert "Mesoscale Cellular Convection". 1969.
5. Vincent J. Oliver "Some application of space observations to Meteorology Oceanograph & Hydrology". 1967.
6. T. Kamiko & M. Okana: "Cellular Cloud Pattern". Geophysical Magazine, JMA Tokyo Vol. 35.
7. A.M. Graham "Shear Patterns in An Unstable layer of Air" S. T. R. S. London 1933.