

空軍衛星氣象作業應有的自我期許

劉廣英

空軍氣象聯隊

一前言：

西元1960年4月1日世界第一枚氣象衛星「泰諾斯—1」號由美國佛羅里達州的卡那威爾角升空，開創了氣象的衛星遙測時代。近三十年來，不但氣象衛星與其觀測技術有了長足的進步，資料分析與應用亦日趨廣泛。今日的氣象從業人員恐已很難想像如果沒有這種遙測資料，他們的工作將有多大的困難。

我空軍氣象業務一向優良，早年的裝備亦獨步國內。像台中的氣象雷達以及台北的衛星接收站，就都會是同類氣象儀器的翹楚，在颱風、鋒面以及雷雨等天氣守視與預報上留有不少輝煌記錄。不過，隨著時代的進步，我們的傳統氣象雷達（民國63年出廠的WSR—74C）即將由新換裝的都卜勒氣象雷達（DWSR—88D）所替代，此種可同時觀測雲雨及風場的電子利器，毫無疑問會給我們更大幫助。另外，衛星站則已換裝完畢，新系統不但可接收軌道與同步衛星的高低解度資料，並能透過控制電腦及各種軟體做各種影像處理。尤有進者，分散式的簡易衛星系統，更已將彩色雲圖直接送到各基地天氣室，如能善加利用，則對任務之遂行必有甚大幫助。

二氣象衛星與衛星氣象

簡單言之，攜帶有關儀器從事大氣因子觀測的人造衛星稱為「氣象衛星」。在過去卅多年中僅美國就已發射了五十枚以上的此類衛星，這中間包括

泰諾斯（TIROS: Television and Infra Red Observation Satellite）1至10號、艾沙（ESSA: Environmental Science Services Administration）1至9號、尼巴斯（Nimbus）1至7號、諾亞（NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration）1至11號等軌道衛星，以及ATS（Application Technology Satellite）1及3號、SMS（Synchro Meteorological Satellite）1及3號、SM S（Synchro Meteorological Satellite）1及3號、GOES（Geostationary Operational Environmental Satellite）1至7號等（地球）同步衛星。它們攜帶的儀器自簡單的電視攝影機，至極高解度輻射儀，可說應有盡有，其功能則自雲的觀測至風場與垂直溫度分布的觀測無所不能，對氣象人員提供不少資料。

然而自儀器規則、資料蒐集分析，到運用有關成果以製作各式天氣預報，則是另一門學問，那就「衛星氣象」。在不停運轉的地球上，天氣變化無分晝夜，早期的氣象衛星僅在白天可拍得雲系分布，自是不符需要，於是有了利用溫感且可在夜間工作的紅外線探測儀器；天氣變化與大氣垂直結構密切相關，於是有了利用極高分辨率輻射儀，偵測各種頻道的輻射，而後反求大氣的垂直溫濕分布，再配上利用雲塊追蹤所求得的風場，就對天氣預報很有幫助了。以諾亞11號氣象衛星而言，它就裝有最新極高分辨率輻射儀、高分辨率紅外線探測儀、平流層探測儀、微波探測器等精密裝備，具有很強的垂直觀測能力。這一切都是氣象學家基於專業知

識提出需要，而由電子工程專家所設計製造的，也也衛星氣象重要課題之一。其次，氣象衛星所給我們的第一手資料就是雲圖。如何由雲圖中抓出重點，並用以掌握現在天氣進而預報未來天氣，無異是衛星氣象的另一重要課題，但就我們空軍氣象部隊而言，此亦是大家惟一必須重視的課題。

三氣象衛星資料的利用

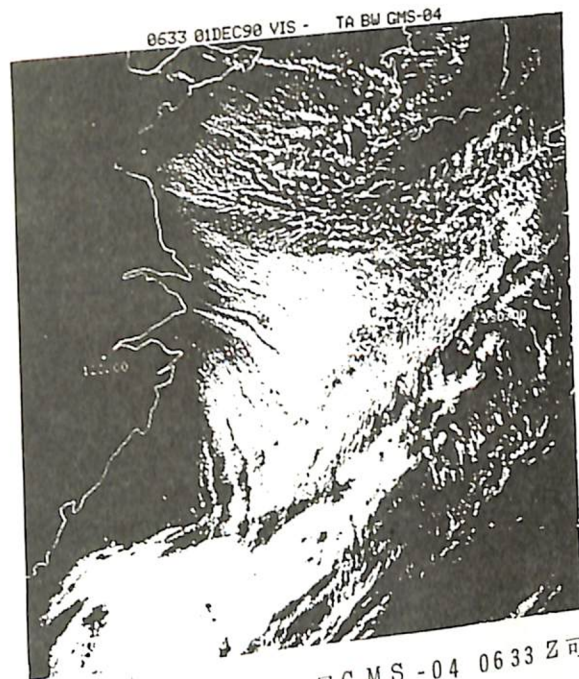
衛星雲圖是氣象衛星所提供之資料中使用最廣泛也是最方便的一種。我空軍氣象人員自民國五十五年就經有「自動圖片傳輸」（APT）系統中接觸或使用軌道衛星所拍得的雲圖資料，至民國六十八年更有了同步衛星雲圖，可說已有很長久的經驗，先進們更將寶貴的心得撰成專書（曲克恭等，1968、1969），貢獻良多。然而如果要深入理解一份雲圖，分析者應熟悉（Anderson, 1990）1.各種氣象演化（meteorological processes）的全部尺度；2.解釋影像（image interpretation）的基本要素（basic elements）；3.地氣間輻射傳導過程；4.增進雲圖使用的數據化技術；以及5.顯示影像所需媒介（media）的能力。準此，我們要想在衛星雲圖運用上得心應手，恐怕得好好下一番功夫！

根據多年的經驗，氣象衛星資料對綜觀尺度天氣系統、颱風、地區性豪雨、中尺度對流系統，以及對航空等交通工具具有影響的低雲與濃霧均有很好指示，不過如何能充份利用這些指示，除了前述五項基礎知識外，另外還各有其學理上的要求。譬如說欲充分掌握在綜觀尺度系統中站重要地位的中緯度低壓及其鋒面，就必須熟知挪威學派以及後續研訂的概念模式；要預報颱風就非得將Dvorak（1984）技術運用自如不可。至於如何抓住豪雨系統，分辨出低雲及濃霧，亦均有前人努力的成果可資運用，因此一位稱職的現代氣象從業人員實在不能不在衛星氣象上多下功夫。

以下就讓我們共同看看下面的實例：

（一）寒潮爆發

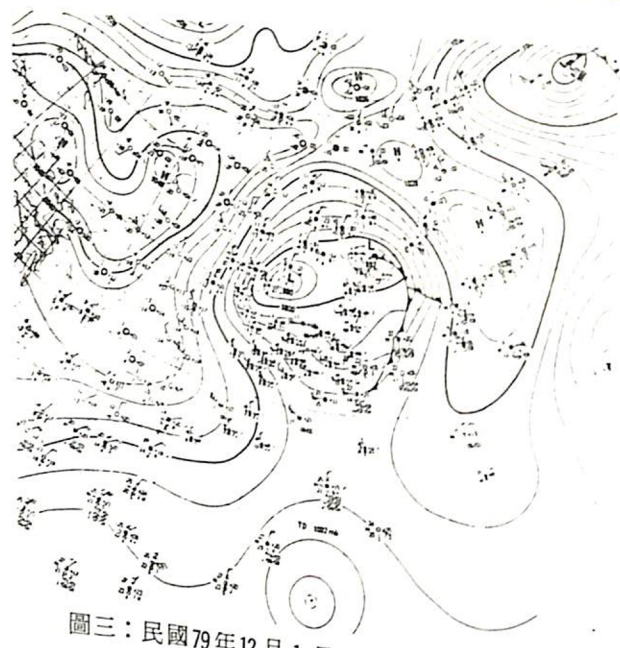
圖一是民國79年12月1日0633 Z GMS-04的可見光雲圖，圖二是同時間之GMS-04的紅外線雲圖，圖三是當日的1200 Z



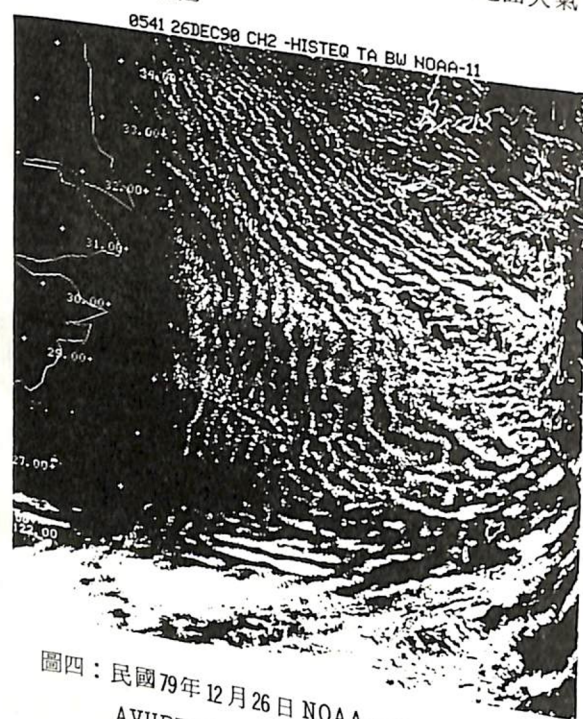
圖一：民國79年12月1日GMS-04 0633 Z可見光雲圖



圖二：民國79年12月1日GMS-04 0633 Z紅外線雲圖



圖三：民國79年12月1日1200 GMT地面天氣分析圖

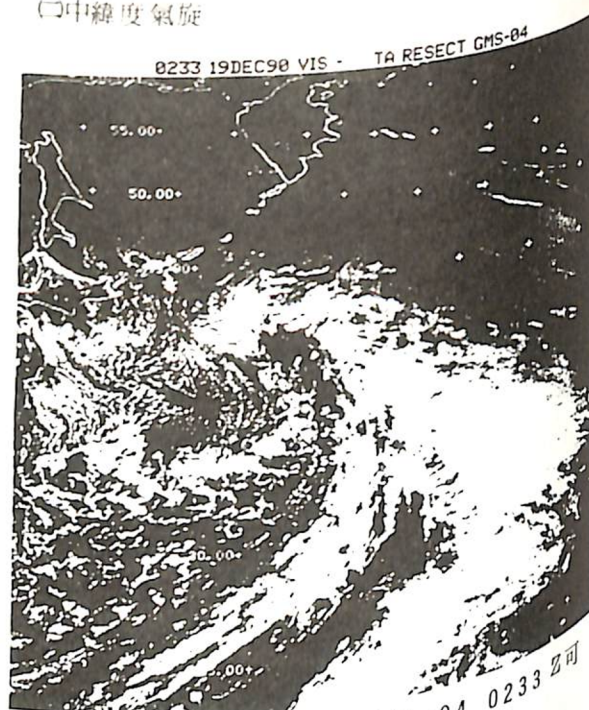


圖四：民國79年12月26日 NOAA-11 0541Z AVHRR可見光雲圖

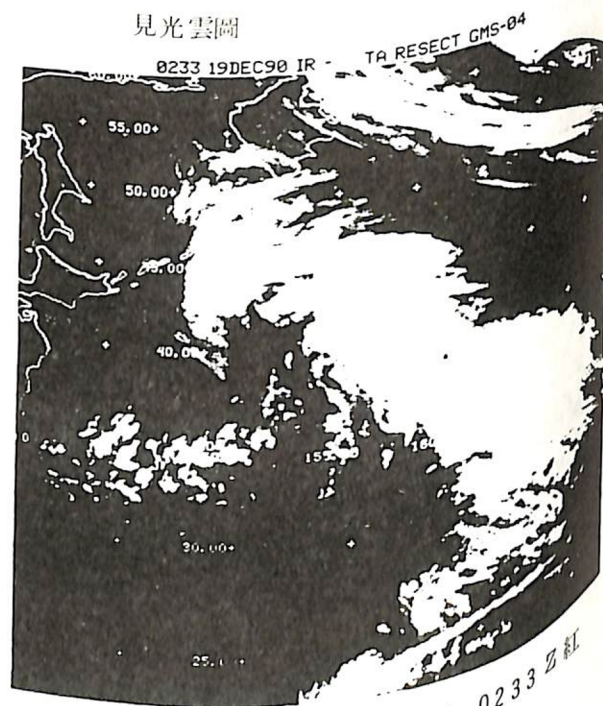
地面天氣圖，主要的系統是在日本東南方的中緯度氣旋，明顯的深厚冷空氣由華北經華中衝入東海及渤海，圖一及圖二中有明顯地冷空氣自大陸地區流入海洋上之特徵，海岸線由於冷空氣流入暖海面前尚未有明顯地雲系組織生成，因而清晰可見，條狀的雲街（cloud

street），開放性圓型雲塊、閉鎖性圓型雲塊等均可由雲圖中辨認，圖四則是民國79年12月26日0541Z NOAA-11 AVHRR可見光觀測之雲圖，上述的諸項特徵由於解析度高達1.1公里故而尤其清楚。

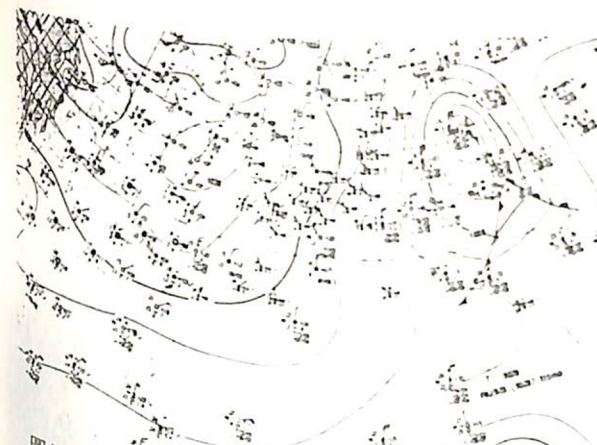
中緯度氣旋



圖五：民國79年12月19日 GMS-04 0233Z可見光雲圖

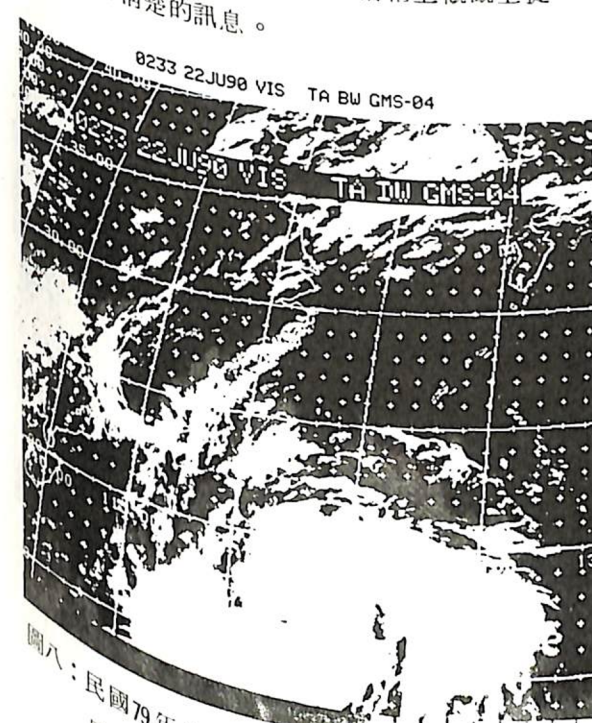


圖六：民國79年12月19日 GMS-04 0233Z紅外線雲圖



圖七：民國79年12月19日0000 GMT地面天氣分析圖

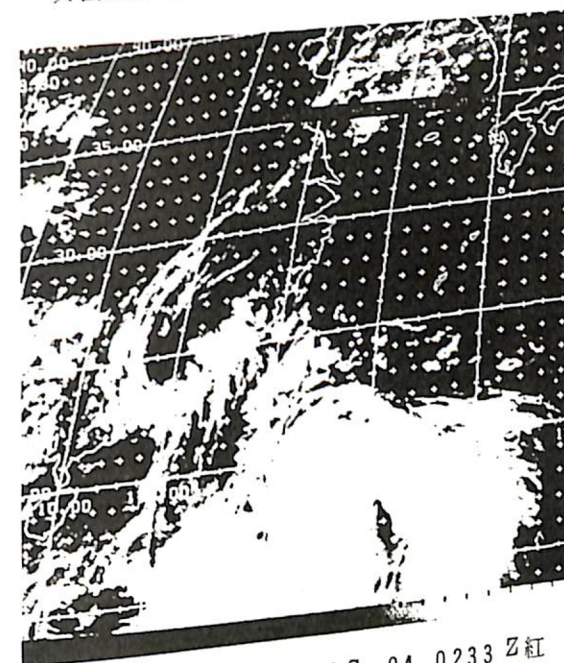
圖五是民國79年12月19日0233Z GMS-04可見光觀測之雲圖，圖六則是同時間之紅外線雲圖，圖七則是同日0000Z之地面天氣圖，主要的系統乃在於日本東方的已發展成熟之綽綽有餘，從衛星雲圖上來看，除在海岸附近有明顯冷空氣外流出海之外，位於綽綽有餘上之低層雲與高層雲分布可從比較圖五及圖六中一目了然，雲系在垂直結構上完整的情形亦可由圖中看出，此對於系統發展及結構上概觀上提供了十分清楚的訊息。



圖八：民國79年6月22日 GMS-04 0233Z可見光雲圖

（三）颱風

圖八與圖九則分別是民國79年6月22日0233Z GMS-04可見光及紅外線雲圖，位於台灣東南方的颱風雲系是歐菲莉颱風，在其西北方華南華中一帶十分明顯的冷心低壓



圖九：民國79年6月22日 GMS-04 0233Z紅外線雲圖

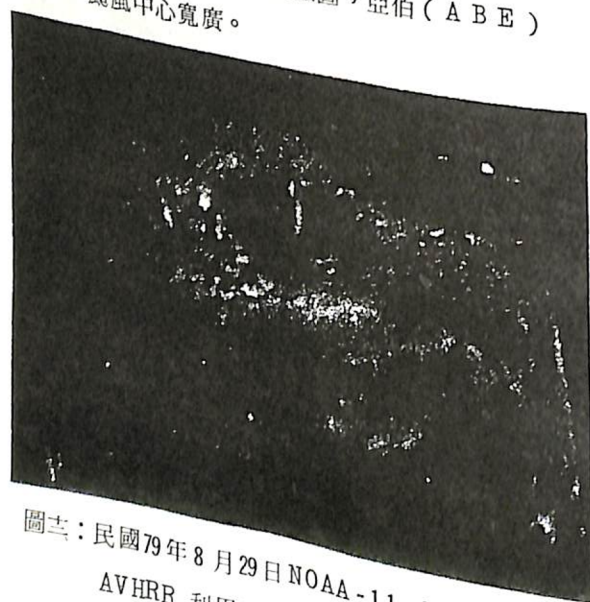


圖十：民國79年6月28日 NOAA-10 1048Z AVHRR紅外線衛星雲圖，波西颱風雲系及眼清晰可見。

雲系，在傳統作業上由於探空觀測時間之不夠細密，因此類似如此兩種系統如何彼此在相互影響之過程，唯有透過衛星觀測下之守視方才得以順利完成，圖十是民國79年6月28日 NOAA-10 1048Z AVHRR 紅外線雲圖，由是可見在颱風中心定位上，透過影像處理及正確的步驟，作業上可以使用於決定颱風



圖十：民國79年8月29日 NOAA-11 0548Z AVHRR 紅外線衛星雲圖，亞伯 (ABE) 颱風中心寬廣。



圖十一：民國79年8月29日 NOAA-11 0548Z AVHRR 利用紅外線及可見光雲圖所製作之亞伯 (ABE) 颱風三維立體圖

中心的位置，當颱風中心不明顯時 (如圖十)，作業則需應用各種方法配合對颱風結構瞭解以及過去移動之持續性，正確地定出颱風中心的位置。除此之外，運用連續時間的動畫 (animation) 處理或三維處理技術 (如圖十一)，作業人員對於颱風強度、路徑及其影響比較以往有了更直接且可靠的資料可以參考。

四、中尺度對流系統

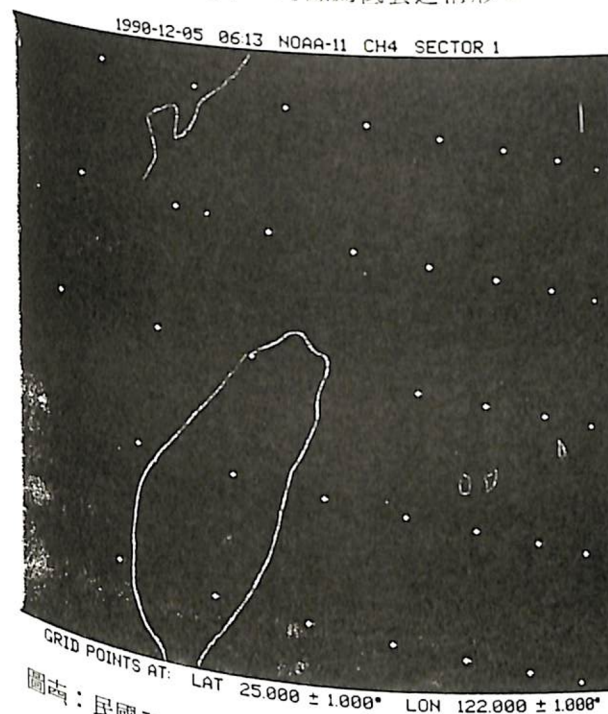
圖十二則是民國79年8月1日2359Z NOAA-10 AVHRR 可見光雲圖，由於太陽角度及旺盛對流使得雲圖上有許多陰影出現 (texture)，許多獨立的旺盛對流泡不僅可由雲圖中可見，完整的中尺度對流系統於華南海繼續組織與成長，透過衛星雲圖逐時的守視，不僅可以及時預警有關機構預防火、豪雨之發生，更可以對航空器於航路上的諸項危險情況，提出警告以增進飛航安全。



圖十二：民國79年8月1日 NOAA-10 2359Z AVHRR 之可見光雲圖，圖中主要為中尺度對流系統

低雲及霧

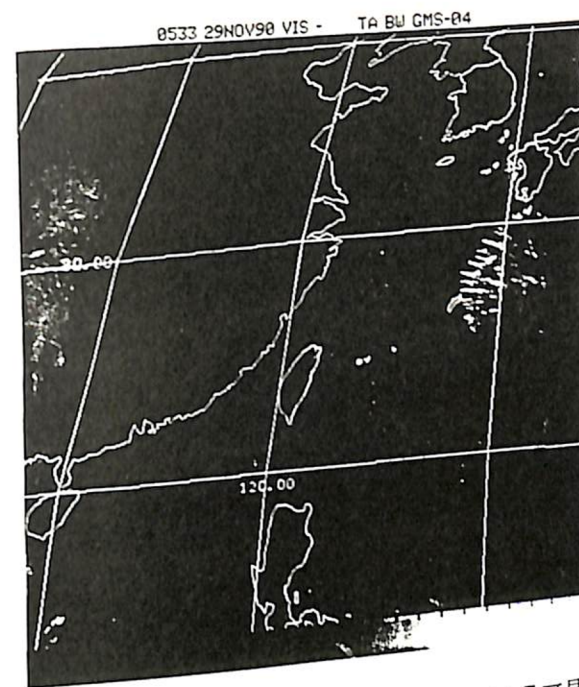
透過多頻彩色影像處理 (Multispectral Image) TIROS-N AVHRR 雲圖，作業人員可以分辨出低雲及霧，國外許多研究甚至將衛星應用於霧區認定及消散時間之預報等，圖十三為民國79年12月5日0613Z NOAA-11 AVHRR 紅外線雲圖，台灣北方的帽狀雲在仔細分析之下，可知為低雲之情形。



圖十三：民國79年12月5日 NOAA-11 0613Z AVHRR 之紅外線雲圖，台灣北方之帽狀雲系為低層雲。

其它

許多較小尺度的天氣系統是無法由傳統觀測所解析的，然而卻可以從衛星雲圖上一覽無遺，諸如海陸風所造成之海、陸風鋒面，中尺度渦旋、乃至於不同尺度天氣系統彼此間的交互作用等等，圖十四及十五是民國79年11月29日 GMS-04 0533Z 之可見光與紅外線雲圖，位於日本南方的颱風是佩姬 (PAGE)，從雲系上可以看到類似重力波的帶狀雲條由內而外頻傳，此一特徵在衛星雲圖上表現的尤其明顯。



圖十四：民國79年11月29日 GMS-04 0533Z 可見光雲圖，主要雲系為佩姬 (PAGE) 颱風雲系



圖十五：民國79年11月29日 GMS-04 0533Z 紅外線雲圖，主要雲系為佩姬 (PAGE) 颱風雲系

四、衛星氣象作業的自我期許

衛星氣象作業在本軍已有29年的歷史，在各項戰演訓任務中，無論對颱風守視或危險天氣警告均曾發揮極大的功效，現階段衛星氣象作業更已邁入了另一個新的紀元，在資訊化的支助下作業人員除可針對影像予以處理外，更可以將數據化的資料做進一步的分析及應用。我們身處在目前正值氣象作業轉型的時候，各氣象從業人員應深自期許，善用各項資源、掌握機先、正確地、及時地將氣象資訊提供予使用人員，至於在工作上、人員上、裝備上及服務上切實應做到以下的幾項要求：

- (一)妥善應用、運用氣象衛星資源，發揮裝備最大效能，以保證不中斷作業得以遂行，圓滿達成氣象支援戰演訓及確保飛地安全的任務。

(二)精進本職學能，認真努力學習，從日常作業上找尋問題，再從研發中尋求解答，配合不斷更新改進之技術及方法，增進預報之準確率。

(三)精研使用本套系統及如何配合即時預報作業的方法，並先由定性的掌握進而到定量的估擬，使衛星資料在未來的數值預報模式中亦可以提供迅速、正確的資料。

(四)將虛心誠懇的態度融於工作之中，務必要求不但服務品質高更要服務態度好，以與使用者打成一片圓滿達成所負使命。

如同先前所言，此時本軍氣象作業正處於一個十分關鍵的時期，我全體同仁應本「不經一番寒澈骨，焉得梅花撲鼻香」的心態，繼續努力，為空軍的氣象服務開創一個嶄新的紀元。

