

氣象衛星的運用與價值

劉懷智譯

Application & Value of the Meteorological Satellites

想描寫氣象狀況的人，常費盡心機揣摸氣象但結果仍如「瞎子摸象」似的陷於困境——他祇發現大象的小部份。在天空中，有六〇〇兆噸空氣包圍行星——有些地方熱，有些地方冷；有些地區密雲滿佈，有些地區却碧空無雲；而且氣象通常總在變化無常，但偶然也有靜止的時候。總之，大氣是一部巨大的熱能機器。我們要知道，北極的氣象與赤道的氣象關係最為密切。因為北極與赤道均為單一氣象系統的一部。如我們可能祇需知道全球目前的氣象動向，那麼我們的問題便較預測明天的氣象動向簡單得多了。

而且，如果科學家知道氣象正在作何變化及為什麼要變化，那麼我們便可能對氣象作適當的控制——至少在某種情況下可能控制——因為氣象涉及大量的熱力乃至於小暴風——其力量較最大的氫彈力量還大的關係，所以目前我們對氣象的變化似乎是不可能控制。但，美國氣象局局長羅欽得佛爾（Francis W. Reichelderfer）認為，由於我們對暴風雨的開始階段有所瞭解，因此我們能夠料想將來可能使用相當小的力量便可使暴風雨的方向偏向，或使其分裂成較小的妨害。羅氏曾告訴我們，以美國的季節性陸上龍捲風言，她可能在我們束手無策下的不定路線及時間下隨時發生。但也許有一個足以防止暴風雨發生或減低其激烈程度的機械裝置不會為我們所發現。

祇要氣象人員的一切預測活動被限制於地球上，那麼他們便祇有極小範圍而不準確的氣象視界。甚至他們祇知道其氣象站週圍小地區所發生的氣象狀況。氣象人員除與其本身範圍內各氣象站直接保持接觸外，並間接與世界各氣象站保持接觸。但他們對各站之間，實際的氣象情況，仍然會一無所知。而且幾乎所有氣象站均集中於陸上，構成地球表面30%的氣象資料，其餘尚有五分之四的氣象資料是稀少或不存在。由於各種暴風雨及主要氣象系統的發展常向海洋作極大的擴張，所以海洋氣象資料的祇能從船隻及飛機傳遞。但船隻及飛機航路以外的地區極為廣濶，所以在長期時間內不能提供氣象資料。

從一個衛星上，氣象人員就可以窺視整個天象。泰洛斯（Tiros）氣象衛星，對地面氣象站電傳氣象資料，並能够使氣象預報人員觀察一千哩高度的雲資料。氣象預測人員以各種氣象情況加以銜接結合便可能產生展向整個海洋的氣象全貌。羅氏說「有泰洛斯氣象衛星，氣象人員就可以對月球作目視觀測，但我們並不曾知道此種觀察具有如何重大的意義存在」。

美國第一個氣象衛星已經實驗。泰洛斯一號於一九六一年四月一日從甘迺迪角發射，其發射的企圖是希望能夠完成兩種氣象目標：第一個目標乃是促使從太空上攝取遮蔽地球的雲幕照片，並以極快的速度傳送至氣象人員，俾使氣象預測時能產生資料上的價值。第二個目標乃是獲得一些能夠協助科學家對氣象研究工作更有瞭解的照片，以改進氣象人員的預測技術，進而可能發展有關氣象控制的多種理論。泰洛斯氣象衛星，除完成上述兩種目標外，並能夠對每日氣象預報產生「即時」價值的豐富預報資料。泰洛斯衛星，在初期四個星期的飛行期間，從太空攝取的一張熱帶氣旋及在德州與奧克拉荷馬州的陸地龍捲風照片已顯示出其對氣象預測的價值。目前，美國的運輸工業，需要極詳細的短期氣象預測資料，以期能安全運送旅客及貨物。準確而可靠的氣象資料，顯然人為任何國防上重要因素之一。一般人為日常行動方便起見最需要氣象的預測——而且氣象預測與生命財產均有密切的關係。

如果氣象人員能夠實現長期的氣象預測，則將產生更深遠的利益。預先數個月準確的季節性預測，更能斷定農作物的收成。知道下一個冬天的生活是否將艱苦或安逸，對工業上具有同樣價值——最顯著的例子是雨鞋及車胎鏈製造廠——美國商務部副部長谷德曼（Edward Guderman）認為準確可靠的長期氣象預測，實際上可能減低各工廠製造此種季節性商品工人定期性的失業問題。

世界上合作交換氣象資料已有悠久的歷史。一八一七年，世界的各氣象勤務機構，組成國際氣象組織，該組織復於一九五〇年改組為「世界氣象組織」機構，並為聯合國特別機構之一。儘管世界上

冷戰氣氛及國際上緊張局勢如何，氣象資料仍在正規的基本前提下，向全球發佈。當國際氣象系統創立時機來臨時，世界氣象組織，準備一項最顯著的媒介，交換從衛星所蒐集的氣象資料。

雖然，第一個氣象衛星屬於美國，但俄國也有發展氣象衛星的興趣。一九六〇年秋，大概在第一個泰洛斯氣象衛星發射後六個月，蘇俄一位科學家曾建議一項全球性的氣象衛星系統。美蘇俄大使館一位教授鮑克威斯基 (George I Pokrovsky) 在美國刊物上所發表的一篇文章曾估計說，如果氣象衛星的長期預測能夠實現，則可以挽救因氣象影響而損失的大半農作物。據其估計可節省五千億盧布，他並且說此種數字為全世界耗費於火箭總費用若干倍。鮑克威斯基教授說「全球系統是一種「必需」的措施，因為衛星不可能為蘇俄或美國而作單獨的氣象預測，甚至而也不可能專為歐亞或美洲作單獨的氣象預測。此種系統應該成為所有國家的一種聯合計劃」。但鮑克威斯基顯然是站在自己的觀點說話。蘇俄政府並沒有對他的觀點表示堅決同意。

三個月後，甘迺迪總統在第一次聯合文告中曾作類似的建議。並曾邀請所有國家，包括蘇俄，共同為衛星氣象預測作各種和平的努力。此種建議，於一九六一年五月聯合國執行委員會的世界氣象組織在日內瓦會議時開始發生效果。羅氏及俄人蘇洛托亨 (Andrei A Zolotouhin) 曾就如何能使用此種系統作相當時間的私人商談。這是蘇俄代表第一次願意討論氣象衛生的第一位。以前，蘇俄各代表會對美國在偵察衛星發展方面組成一項「控制」的合作建議加以拒絕。同時蘇俄政府已拒絕參加預定一九六一年夏，討論對泰洛斯三號所攝取的各種照片運用於國際方案的建議。

這裡或可用一句話總結其原因，此即有關氣象與偵察衛星之間技術上有其本質的不同。但美國不論蘇俄是否誠心合作，本身已邁向其氣象衛星系統的建立中。此項系統的發展，除研究與發展開支外，對系統的作業每年約需六億元。美國政府認為單就對美國本身各種利益言，確值花費這筆經費。颶風於每年夏秋兩節襲擊東岸及沿海港灣，如使用衛星，當能追蹤颶風的準確航向，而且沿海岸地區受威脅的人民能夠及時警告逃避。羅氏說「從各種颶風及颶風而引起的水災是最大的危險，受疾風風力本身所造成的死亡極為微小。在最近幾年來，東巴基斯坦的兩次颶風巨大浪濤造成成千成萬人沒頂的

大災禍。如果氣象預測能以六小時的預測警告——此種預告時間運用衛星系統極易提供——則大部份的生命能夠獲救。

氣象衛星，像許多其他太空探測的情形一樣係發源於科學的虛構。但，其第一個重大的建議係由美國的研究與發展公司 (Rand Corporation) 於一九五一年致空軍的機密文件中所發源的。氣象局氣象研究處處長威瑟拉 (Harry Wexler) 於一九五四年在美國費城曾作一次公開談話。他的談話是在美國墨西哥白沙發射一枚太空蜂 (Aerobee) 火箭前幾個月，雖然當時地面各氣象站的傳統網路僅能提供小量的暴風指示，但該火箭已可以攝取一種已形成的暴風中心，該中心在美國的東南方已造成廣泛的氾濫，其後又在墨西哥造成極大水災。

泰洛斯計劃，係於一九五八年開始，當時國防部的高級研究計劃機構 (ARPA) 已開始多種用途的衛星方案，以研究在衛星上運用電視為獲得氣象資料的工具。

第一個氣象衛星，係於一九六〇年四月一日發射，其軌道傾斜度與赤道成 48.3° ，該衛星攜帶其全部地球上所需的零件在緯線 48.3° 之間飛行，在其七十八天的飛行期間，所有電視裝備均保持正常工作。總共攝取兩萬兩千九百五十二幅雲蓋照片，而可用照片超過 60%，並均發送至地面氣象站。

一九六〇年四月十日，泰洛斯一號，第一次為人類提供對熱帶旋風發展情形的觀察資料。泰洛斯，以寬角度鏡頭的照相機攝取澳洲布里斯班 (Brisbane) 以東八哩的氣旋。其後一個月，氣象衛星會接近德州奧拉克荷馬城沿線於發生一連串龍捲風及電暴後約兩小時以內，攝得一張極為光亮而帶方形的雲質照片——祇由於偶然的運氣而證明其為雲質——氣象局的衛星實驗所所長詹森 (David S. Johnson) 認為：將來當不平常的雲能夠加以探測時，則對龍捲風可能發生的情況及路徑，將可能提出預測及警告以減少災害。

泰洛斯所攝取的照片，已對地球表面以上大部份的雲形系統作顯著程度的揭露，尤其是海洋地區。氣象人員已證實過去那些認為熱帶旋風的構成係旋轉的，被羈絆的，而且在迴歸線外面也有此種旋風的現象存在等的一種理論性的概念。熱帶旋風的直徑可能從數百哩至一千哩。在迴歸線外面，其螺旋的構成可能伸展而超過整個海洋。氣象專家發現

旋風構成的直徑越大，風力也越小。雖如此，但現在很明顯的確定整個系統是整體的。

在陸地上，事情就不那樣簡單了。因為地面上的山嶺，湖澤及各種變化而吸收及反射太陽的熱力，並構成各種複雜的情況，使吾人對氣象的瞭解更為困難。但氣象人員均有信心認為不斷的研究還是可以獲得各種答案。當然，衛星是用於研究有關基本氣象處理的唯一工具。地面各種觀察；火箭及汽球的各種探測；視力上的權衡；無線電波的散播與氣象追蹤觀測等均為提供決定大氣正在作何種變化的詳細方法。但衛星的各種觀察可能受各該詳細的方法加以連結——觀察整個樹林及個別的樹木。

電視不是衛星儀器中能夠協助觀測及瞭解氣象狀況的唯一方式。另外一種重要的權衡是從地球上所產生的輻射程度。如果氣象人員能夠決定從地球上所接受的熱力量及其返回太空之反射與輻射量，他們便能夠簡單的以任何已定區域所接受的熱力中減去輻射量而確定所接收之量。地球上所輻射出來而進入太空的熱力，係根據其波長，地面性質，雲的形態及雲量以及宛若溫室的大氣層等的構成而變化。大氣層是透明的，其可以看見的光線使地面發生熱力。而地面復反射一些可以看見的光線回至太空，並輻射出一些由大氣層所吸收的熱力進入紅外線波長內。所以部份太陽的熱力便留存在地球上。

每一種物體均會射出某種電磁的輻射。波長的分佈係由氣溫所決定。太陽是極酷熱的，而在極短的紫外線及可見波長中發射出輻射。而地球表面較冷，故在較長波的紅外線地區射出輻射。任何物體的溫度，均可以預先由其各種不同的波長輻射相對密度中衡量而決定之。

大氣構成的微小變化能使「花房效應」有顯著的改變，二氧化碳及水蒸汽各僅構成百分之一的大氣成份，且均為紅外線的強烈吸收器。二氧化碳及水蒸汽兩者的輕微變化，對溫室效應有極大的變化。例如，如果空氣乾燥時，將不致吸收許多紅外線輻射，因此在一個乾燥的氣候中，由於地球輻射出熱力進入太空受到最少的阻擾，故在晚間氣溫極快下降。

各種輻射的衡量對氣象人員處理氣象時提供許多新資料。當然如果可能時他們會從輻射中獲得地球表面的資料。在國際地球物理學年期間，美國的科學家曾量得從太陽所接收的熱力；輻射回到六個南極站的熱力；以及兩個北極站與美國夏威夷的

納亞火山 (Mauna Loa) 的熱力。但為攝取大照片，需要衛星的衡量加以輔助。

一九五九年二月十七日所發射的前鋒二號上，裝設一付電光管 (Photoelectric Cell)，這是美國首次企圖從太空獲得地球的輻射情形。他們旨在對遮蓋地球的總雲量作概略衡量並不是為特定方面而蒐集準確的資料。

一九五九年十月十三日，美國所發射的探險家七號，攜帶一部由威斯康辛大學教授蘇歐米所設計的精確輻射平衡實驗器。該平衡器產生許多能使蘇歐米對有關雲量分佈研究所需的豐富資料。在好些地區因雲很厚或在極高的高度，所以從地球上所失却的熱力很低。在沒有雲的地區，就有很多的熱力被輻射。所以如果以紅外線的方法衡量時，他表示可能在晚上觀測雲量，當然，電視祇能用觀測地球日間的一面。

最初，太空機構計劃在第一個泰洛斯拉上裝置紅外線測量裝備，此即泰洛斯原名拼成之來源。一九六〇年十一月二十三日所發射的泰洛斯二號攜帶各種儀器，旨在於五個波長的波段中測量紅外線及可以目視的輻射情形。

據物理學家報告說，經由一個波長的波道而獲得的最有趣資料是蒸汽不能夠從八至十二微米迅速地吸收一個「水汽窗」。因為此種輻射並未猛烈地被吸收，而使得能對地球的表面或在雲朵的頂點提供一項比較準確的溫度衡量。當衛星從某一地區向另一個地區移轉時，其所記錄的溫度突然下降，可能表示是開始進入一個有雲的區域。所以八至十二微米波道顯然是地球黑夜的一面測量雲量最適當的時機。該等波道亦可能對雲高作概略估計。如果地球表面的溫度已從各明朗區域測知，則溫度的下降量係表示雲的概略高度，在預測龍捲風時是極有價值的一些資料。我們知道，大多數龍捲風係從那些較平常的雲高很多的積雲中所產生的——通常在 30,000 及 40,000 呎之間，有時可能更高。各氣象人員正在繼續不斷的研究從泰洛斯二號所獲得的紅外線資料及其後續資料，以期能在雲，空地及洋流邊緣間作適當的區別與劃分。輻射資料可能在氣象預測中還有其他的運用。

泰洛斯氣象衛星有兩個主要的限制，第一個限制是其軌道與赤道的傾斜約為 48° 亦即其視界僅約緯度 55° 間的地球區域範圍。他們無法達到北緯 48° 或南緯 48° 的任何一點。第二個限制是其本身的關

係引起在太空的導向問題。

為克服泰洛斯衛星的各種限制，美國太空機構已開始發展一種更為複雜的寧巴斯或雨雲(Nimbus)氣象衛星以順應氣象作業系統要求。寧巴斯是打算離開極地 10° 向赤道約 80° 的傾斜軌道飛行，因此幾乎可達到南北兩極而使得在某一個時間或另一個時間實際觀察整個地球。

寧巴斯將裝置電視照相機作日間觀察，及紅外線儀作雲的夜間觀察，以及可能有一些儀器用於測量從太陽所產生的各種不同波長的輻射情形。其次便是雷達，用以協助商用飛機預測航程中的天氣狀況，該雷達由降落的雨滴中而跳出不良好天氣的信號，而且晝夜均可使用，並能夠認清是否正在實際下雨，所以能夠實施被雲罩住而不能完成照相的各種任務。另外一個使人迷惑的儀器為紅外線分光計。在密州工學院的卡甫萊(L. D. Kaplan)所策劃的精巧計劃下，氣象局的科學家相信可能在大氣層若干高度內獲得溫度的準確測量。卡甫萊建議使用一分光計——使紅外線的“光”從大氣中分成若干個接近十五微米長的波長，在此波長中，大氣的二氧化碳輻射相當強烈。茲假定二氧化碳一項已知率內於大氣中被混合，卡甫萊暗示謂從一連串數學公式的解答，便能夠在不同的各種高度中獲得大氣的溫度。卡甫萊於一九五九年在科學雜誌所發表的宏文章曾提及使用十次衡量法便能在十種高度中產生各種溫度。

除寧巴斯外，美國太空機構已計劃一種與同步式通信衛星一樣的二十四小時赤道飛行的愛洛斯或飛行家(Aeros)氣象衛星，該衛星將不斷使用蘇馬式(Zoomer-type)鏡頭在特殊的風暴區域追蹤風暴路徑。但因該衛星將遠離地球22,300哩，故具測速鏡頭。需具測速鏡頭。

(上接第16頁)

氣象衛星的能量及其複雜性，在此漫長的十年中將產生不斷的改進。寧巴斯衛星的大改進將超過泰洛斯。後期的寧巴斯比早期的寧巴斯執行更多的氣象觀察使命。而且將愛洛斯衛星加入寧巴斯衛星內，則氣象衛星系統將可達到我們現在所能預見的最終目標。但氣象預測人員均不願在當前的氣象衛星系統能夠為其預測工作貢獻許多作為之際而去等待五年的時間或俟一更精密的系統來臨。

關於氣象資料的發佈是極為複雜的問題，世界上僅有極少數的富有國家能夠花得起建立充份裝備的接收站以接收從衛星所發佈的氣象資料。其餘的國家即使以地區為劃分彼此團結一致共同建立接收站，仍多半屬於無此能力之國家。且如準備將同樣的氣象資料發佈至一個接收站以上時，則在衛星上的裝備必須更為複雜。氣象局研究處處長威瑟拉曾對資料的發佈建議一項解決辦法，即不斷發佈同樣資料諸如局部雲圖，而將其餘的資料讓主要機構去處理，從主要機構才可以選定資料，並在其所望的任何詳細資料及耗費下向全球分佈。美國陸海空軍已向歐洲以傳真的方法發佈雲蓋的分析資料，而且英德二國的各氣象台亦拷貝此等信息。但南半球則以文字的方式接收其資料。美國氣象局向澳洲的墨爾本國際南極分析中心發佈定期的氣象消息，從該分析中心再向澳洲的氣象局傳送。

威瑟拉認為即使有極好關係的國際間對發射氣象衛星的資金亦將不可能完全實施。他說「各發射國家，應自己負擔其發射經費，並以必需的各種直佈說明各種發射的提供意向。如果有任何美蘇的協議，則可能使用同樣的頻率及類似的說明，並為樂觀的涵蓋而發射對等的衛星進入軌道」。

譯自America on the moon

根據表四和表五的新方法

崔絲Trix	93	17	174	13
范迪Wendy	98	26	183	22
艾妮絲Agnes	103	14	139	11
貝絲Bess	129	46	246	32
卡門Carmen	98	24	19	19
黛拉Della	157	15	—	—
艾琳Elaine	179	5	338	2
平均及合計	116	147	198	99

新方法的預報誤差似乎要比老方法小，因此修正的迴歸方程式有希望成為一種裨益於實際工作的預報工具。

原文載Journal of Applied Meteorology
Oct. 1964