



空軍氣象勤務發展的途徑

黃惟敬

Further Development of Weather Service

一、前言

氣象科學雖然僅僅具有百餘年的發展歷史，但是自從二次世界大戰以後，因為實際之需要與受到其他科學突飛猛進的刺激和協助，亦有了長足的進步。譬如太空氣象的探測，電子計算儀的利用，氣象衛星的施放，以及氣象雷達等新式電子觀測儀器的發展；此外研究空氣分子運動與變化的理論方程因為電子計算儀容量之增加，使簡化方程時的假定盡可能的減少，因而合理的接近於大氣實際變化的狀況，使氣象科學第一個首要的目標——「天氣預測」——能以增加其準確性。至於另一個「控制天氣」的目標，雖然因為人類產生的能量與大氣能量相差的懸殊，困難更多，但是也在不斷的嘗試，開始起步，其成效當然不可能一蹴而成。

我空軍氣象部隊居此世界氣象科學日新月異的潮流中，不進則退。如不力求進步，何能肩負支援作戰，維護飛行安全及保障設施裝備之重大任務，願在此分析世界氣象科學的進展並列舉我氣象勤務發展的途徑，與我氣象部隊全體人員互策互勉，努力邁進。

二、氣象科學發展遭遇的困難

自然科學研究的對象有大至宇宙間的星體，小至組成物質的分子、核子，多數可在實驗室中完成一定的研究，即使衝力達千萬磅之太空火箭亦可以模型研究其性能；唯氣象科學處理的大氣現象，除受各種物理能量與力的支配以外，更遭遇氣體之體積可變性、局部地形影響、日射變化、水汽變量及內外摩擦等目前無法徹底解決的因素，不但使氣象科學的研究不能在實驗室中完成，即使以地球上廣闊無涯的空間為我們的研究室，在觀測方面亦不能達到理想的標準。

約佔地球面積三分之二的海洋乃設立觀測網的唯一困難，今天海洋上的氣象資料來源，主要的是航行於海上的船隻，但其分佈很不均勻，約有四千艘商船測報天氣，但其中百分之八十九在北半球，

而且集中於較低的緯度帶。此外船隻本身的輻射熱，不規則的航行運動，海浪的沖激，更加簡單的儀器，人為的錯誤，使船舶報告很難有準確的紀錄。為了保障航行的安全，在兩大洋上點綴了十二艘觀測船，太平洋上三艘，大西洋九艘。此外因特殊需要而增加的氣象研究船，這些觀測紀錄較為準確，可是少數的報告很難代表整個海洋空氣的狀態。

很坦白的說，我們對氣象科學研究的對象——大氣——認識的還不够清楚。因為種種的困難，所謂客觀的定量預測氣象要素，定時的預測天氣變化還只是一個開端。

三、世界氣象勤務的發展

雖然氣象科學的發展曾遭遇觀測，研究以及定量定時預測氣象變化的困難，但是人類是尋找問題，克服困難的動物，仍要本着百折不撓的精神，一點一滴的克服它。

氣象科學的發展是世界性的，絕不是一個人，一個組織，甚至一個國家所能單獨從事或完成的事業，因此國際間氣象資料，研究成果必須相互交換，方能收事半功倍之效。今日世界氣象勤務以及氣象研究的發展趨勢已經非常明顯，針對以往遭遇的困難，除過發展各種新式的觀測儀器，增加觀測網的密度與加強國際間的密切合作以外，主要的是向太空發展和利用電子，機械等儀器以補觀測和計算的人力不足。氣象衛星與氣象火箭的施放，無線電探空站之增設，高速電子計算儀之資料統計和計算，電動觀測儀器的普遍使用，氣象雷達之利用等皆為上述發展目標之例證。

四、我們應該努力的途徑

舉凡一種成就都是一絲一毫辛勤的累積，我們絕不能忽視自己的貢獻。我空軍氣象部隊過去經常的天氣測報與預測工作，對作戰之支援，飛行安全之維護方面已有優異的成就，但是這種榮譽的保持必須要百尺竿頭更進一步，否則我們就不可能與世界氣象科學發展的潮流相配合，而長期落後。

在此列舉四點目標，願與我氣象部隊全體人員共同努力邁進。

1. 把握國際間合作的成果，充實氣象學識

我們對包圍地球與人類生活有切身利害關係的大氣並未澈底認識，對主宰大氣運動的因素仍有許多未能解決。世界氣象科學的合作計劃正謀解決之途，當然並非一朝一夕可以成功，但是必須認清一點，氣象學識是時間和空間的累積，我們要不斷的介紹與吸收他人的觀測與研究成果，充實自己的氣象學識。

在氣象科學的研究方面，我們有國際間合作所獲的資料，有我們自己保存的歷史資料與每日經常所觀測的資料，除過研究氣象支援作戰，維護飛行安全的問題以外，更應向瞭解大氣現象的途徑邁進。譬如我們有能力接收氣象衛星所傳送的雲層照片，同時我們知道目前各國對雲層判別的方法並未達盡善盡美的地步，所以我們除過利用雲層照片以外，尚應從經驗中發掘增進判圖的知識和技術，甚至研究氣象衛星照片在應用上的限制等。這種研究不但頗具價值，如果能以國際間交換更可提高我氣象勤務之地位。

猶憶我氣象部隊過去對颱風預測方法之研究成果，曾享譽中外；而且配合國際間交換的預測方法和資料，使我們能有今日對颱風預測之成效，可為借鑑。

2. 認識測報成果的重要

氣象的測報作業並非止於當時之應用。我們知道氣象科學的研究現在仍分兩個方向進行，一方面是最近二十餘年來之數值計算，氣象學家希望應用電子計算機解決複雜的氣象方程，預測大氣的運動，以及計算大氣能量的交流，性質的判別；另一方面仍在利用統計方法解決大多數的應用問題，雖然電子計算機發明增加了統計的速度，但是其原理仍舊不變。不論數值預測，數值計算，或是統計方法，都不能捨棄原始觀測之資料。尤其許多受氣象要素影響最大之民生經濟設施，例如水庫的修建，海港之開闢，機場之修建，農業之改良等等都需要更長時期之統計資料，我們不能因臨時需要而獲得必須的資料，而是經過長年累月的觀測，紀錄和妥善的保管，這些資料的可貴非金錢可以計算。同時，長期資料統計之錯誤是逐漸累積的，一次觀測的微小誤差，也許在當時不會發生重大後果，可是積數十年的一些微小錯誤，其影響所及非

我們可以想像。

我們今日準確的測報天氣，除過有助於飛行安全 and 作戰任務的完成以外，尤其更不可忽視往後使用此種資料之可靠性，修正過去的錯誤紀錄非常困難，且化費很大人力，一個在偏遠地區辛勤工作的雨量觀測人員，他的功勞是使國家的百年大計受惠。

儘管今後能發展成完善理想的數值計算方法，資料統計的結果和氣象人員經驗的累積仍然具有其不可忽視的價值，我們應該使氣象資料絕對的正確，而且要有妥善保管和使用方便的措施。

3. 觀測紀錄的整理

總括世界氣象科學之發展，不外「太空化」、「電子化」及「機械化」，一方面使氣象探測進入太空，明瞭高層的情況，同時憑藉氣象衛星的觀測補救地面觀測之不足；同時利用各種電子及機械儀器以觀測及計算各種氣象要素。

我們必須分析事實，量力而為，不要在這氣象科學發展的主流中落伍。我們自己所有的一些電子及機械裝備得來不易，要妥為維護，發揮其最大的效用。譬如衛星接收站複製接收後的雲層照片，使國內氣象機構分享此成果；維持現有的無線電探空設施，除供經常業務之需求外，並能繼續完成國際間氣象資料交換之諾言。

目前，我們紀錄的整理仍在使用人力，利用算盤計算，其速度實不可應付今日的需求，一次臨時需要的統計資料，至少要十幾天方可完成，而國軍機械處理中心的設備正適合我們統計資料之需要，我們應該立即研擬一種可行的方法，一面先將每日經常的觀測資料製成卡片，一面補製過去資料卡片，使成一有系統的資料檔案。如此，我們有任何統計資料之需求，可在數分鐘內完成。在支援作戰，氣象研究和資料保管方面都合乎效率的要求。

同時，設法利用國內現有的電子計算機以解決預測天氣圖之製作，今天我們一張正壓模式的 500 mb 預測圖，需要兩人合作，三小時完成，如何談到時效？當然，利用電子計算機解決氣象預測及統計問題會遭遇一些困難，但是我們總不能固步自封，使能有希望完成的事業失之交臂。

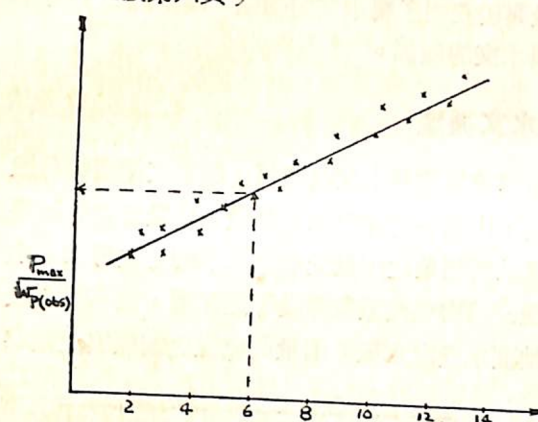
4. 小範圍天氣之研究

天氣預報作業中，概括性的大規模天氣預測已經不能適應供應對象的需求，雖然小範圍局部性的天氣變化承受大規模天氣現象的支配，但是因為

空氣分子運動軌跡的不同，顯著地形的影響，一支大範圍的氣流會形成不同的天氣現象，而這些現象的預測非電子計算機所能完成。

對氣象科學發展的貢獻是多方面的，同時配合我們當前的需要，估計自己的能力，則研究地區性的氣候資料，發展特殊地區性的天氣預測方法可收事半功倍之效果。這種研究，過去亦曾有很好的成績，我們應該更加研究的效果，在應用中逐漸修正，並且將特殊地區性之預報方法擴及全國。

(上接第六頁)



(圖二) 降雨時數與 $\frac{P_{max}}{W_{p(obs)}}$ 關係圖

圖二 降雨時數與 $\frac{P_{max}}{W_{p(obs)}}$ 關係圖
即， $\frac{P_{max}}{W_{p(obs)}} \times W_{p(est)} = P_{max}(6)$

(上接第廿六頁)

在完成風與氣壓力的原始平衡之後，連續方程及流體靜力方程再以適當的邊界條件積分而獲 ω 及 gz 。然後再把這些值導入運動方程與溫度方程，此類方程係以 10 分鐘時間間距之積分而給出 u 、 v 及 θ 的預報，且重新促成一組原始狀況而開始新的時間間距。

O. 為現在及未來的美國家氣象中心之研究工作簡介

該中心有設備完全的實驗室設施並大量運用科學化計算機，以處理有關預報問題的研究工作。此外，有為解決診斷問題而特設之觀測及預報資料的圖書館。

採取正壓及有限推廣應用的斜壓模式已有好的開始，而現用模式及其預報應用尚需稍假時日以作進一步改良、精煉及推廣。所有該中心之研究被導

五、結論

在自然科學中，氣象這一學門因受種種因素的限制，雖然與人生有最密切的關係，但是其發展與進步較其他學門為緩。今天，電子科學的發達及太空科學的開展，正是氣象人員充實自己事業領域的良機，尤其我氣象部隊更應深體所負任務之艱鉅，把握國內可資利用的設施，時地制宜，選定目標，努力前進。

以上之計算方法必須以個別地區為對象，亦即每一地地區有其特殊之 P_{max} 與 $W_{p(obs)}$ 之比值，有時並可加入地形阻礙之因子。

五、結論

氣象與水文有密切的關係，但是二者皆需要更進一步研究發展，使之成為健全的科學。晚近，雨量站之增設，水文站之成立，使我們有機會更明瞭其間的關係。尤其國家的經濟有賴於水利工程積極的建設，今後需要氣象與水文紀錄之處有增無已。

聯合國協助各國發展防洪與開發水資源以外，並鼓勵各國繼續研究，相互交換研究成果。在未來的「水文十年」中必會有輝煌的成果。

(完)

向短期及展期預報之改良。目前該中心所留而未決之問題計有：

- (a) 短期數值預報模式中地面的包容及潛熱問題。
- (b) 數值分析及預報中之衛星輻射和雲資料的涵蓋問題。
- (c) 增加模式的垂直解法及對流層頂的包容問題。

短期預報中從基本模式到大規模的雲與降水——包括定量降水；高空飛行之風及意義重大之天氣現象；深海及淺水面；颶風運動及小規模現象。

長期預報中的環流及天氣，包括地球與大氣間相互作用的大氣環流之研究；全球範圍能量回哺的經驗研究及其對易於構建發展大規模環流型之影響；以及在製作月環流及溫度預報的高級統計技術運用。(完)