

# 氣象科學與天氣預報

劉 廣 英

我國以農立國，天氣變化影響國計民生甚鉅。殷墟甲骨資料中就有豐富的氣象卜辭和記錄，而東漢張衡製相風銅烏以測風。較歐洲候風雞早一千年以上，可見我國先民及政府對氣象之重視（有關資料參閱劉著中華氣象學史）。惜與其他科學一般，由於長時期的忽視，多年來我們的氣象科學反落後歐美甚多，深值吾人反省並急起直追，以提升天氣預報的水準。在我國氣象界，尤其是軍中，「氣象預報與分析」季刊聲譽卓著，很多名家在上面發表過很重要的論著，不但對天氣預報有直接的幫助，在學術上也有其不可磨滅的貢獻。當此滿100期時，本人願以一個氣象從業人員的立場探討一下我們今後應有的努力以供參考，並祝「氣象預報與分析」永遠欣欣向榮。

## 一、近代氣象科學的發展

公元1860年旋轉地球上的運動方程及熱力學第一定律引進氣象科學中，並由而建立了「氣旋熱對流理論」(the thermal or convective theory of cyclone) (Kutzbach, 1979)，可為近代氣象科學的開始。1860年至今我們又可將之分為三期：(一)公元1904年以前的發展時期。此期內物理及數學家，以及航海家都試圖給觀測現象以合理的解釋。(二)公元1950年前的理論期。至公元1900年氣象科學已建立了相當好的數理基礎，促使V. Bjerknes於1904年發表一重要的著作，指出氣象預報是力學與物理學的問題，理論上是可「計算」的。其間英國物理學家Richardson曾真正的計算過，可惜是失敗的。(三)公元1950年後的數值預報時期。這中間美國數學家Charney(1948)的「大氣運動的尺度分析」不但解決了Richardson的問題，也導致了數值預報的成功。自此以後一方面靠了氣象科學的發展，一方面靠了電腦科技的不斷開發，作業化數值天氣預報得以成為氣象業務的主流。

## 二、天氣預報的實際困難

氣象科學已發展到相當程度，但天氣預報的成效去理想尚遠，此種差異與困難來自以下諸方面：

### (一) 氣象預報與天氣預報的差異

前面提到氣象預報有足夠的數理基礎，也就是說氣象預報似可達到完全成功的地步，實際上當然不行（見後文），即使氣象預報是完全成功的，天氣預報還是會有問題。所謂氣象預報簡單地說就是天氣圖的預報，所預測出來的是氣象上的因變數（ $u, v, w, p, T, \rho, e$ ），而天氣預報則是對天氣現象也就是天氣要素（陰晴雨雪等）的預報，兩者顯然有很大的差異。我們常有「天氣圖類似但某地發生的天氣現象並不相同」的感覺，其理即在於天氣預報有異於氣象預報。

### (二) 開始時的條件不充份

要有良好的天氣預報先需有良好的氣象預報，而良好的氣象預報要靠良好的計算。計算有三個要素即起始條件、模式及工具。所以起始條件對預報效果影響很大。由於大氣中有小到幾公里的雷雨也有大到涵蓋我國北方大陸的西伯利亞高壓，充份而精確的觀測難以獲得，使得預報一開始就有誤差存在，後續的問題當然更多。

(三) 模式中有很多假設與簡化

模式就是一組數學與物理，透過它們及初始條件，推算未來的天氣圖。大氣中許多物理過程（如輻射）由於缺乏完整的數學或數式太複雜，而必須以參數代替，也就是利用簡化的方式處理，對預報一定有影響。

(四) 大氣系統交互影響

大氣運動方程等均有非線性項，在數學上這是很難處理的問題。同時，不同尺度的大氣運動間存在著交互作用，處理也就很不容易，這也會影響天氣預報的準確度。

(五) 電腦容量與計算時間

天氣預報必須在天氣真正發生前做出來才有效，而大氣運動及天氣均甚複雜，雖超級電腦亦不容許我們把全部問題都以精密數式計算，即電腦亦帶給數值天氣預報作業上的限制。

三、精進天氣預報之道

(一) 測報自動化

測報自動化可使資料正確性提高，且可增加傳報速度，為提高天氣預報準確性的基礎。

(二) 發展數值天氣預報

根據美國氣象學會評估結果可知，作業化數值天氣預報系統可將天氣預報的技術得分（skill percent），由原來（即無主觀預報）的40提升到接近80。因而將數值預報作業化為提升天氣預報水準的當務之急。

(三) 預報員與機器協同作業

數值天氣預報開始作業後，預報員的地位一度因氣象病的問題而發生嚴重問題。所謂氣象病即預報員變成了將數值天氣預報結果公佈或提出供人使用的機器，不再在預報上下功夫，這一方面來自主管領導上的偏差，使預報員處於一種「好了獲不到應得的獎勵，壞了却受責難」的不公平地位，使他們寧願唯機器是賴；另一方面却是預報員只忙於例行的工作而無力在預報上下功夫或懶得下功夫。美國目前正盡力克服此一問題。我們在數值天氣預報上是後進，有迎頭趕上的優勢，一開始就應採取人與機器充份配合（man-machine mixed）的作業方式，以提高預報效果。

四、作業化數值天氣預報應具備的條件

所謂作業化數值天氣預報就是能擔負日常天氣預報的作業系統，其中包括資料蒐集、資料處理與分析、初始化、客觀分析、預報、傳報、顯示等部份，這些部分的工作都由電腦執行，而成品則由預報員來加以充份使用。為了充份執行任務，此系統必須具備下述條件：(一)自動化；(二)自動導向（self-monitoring）；(三)工作有彈性；(四)保證作業無失；(五)有改進能力；(六)速度要夠；(七)容易維護；(八)符合預報需要；(九)具有研究發展的工作能量。

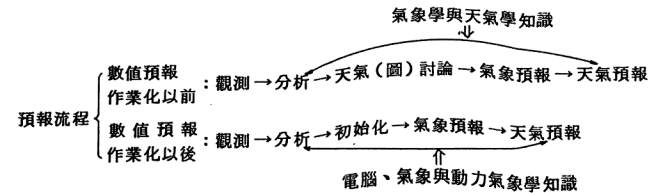
這些條件一方面在使日常作業不致停頓或發生誤差，一方面在使預報水準不斷升高。我們都知道氣象為發展中的科學，而數值天氣預報是在工作中求進步的技術，因而有研究發展的工作能量是很重要的一環，

否則不但難以進步亦難充份發揮作業系統的能力與提高預報水準。所謂研究發展的能量包括兩方面，一是要有合格的人，一是電腦的工作量與自動導向能力要足，缺一不可。中央氣象局配合數值預報成立「研究發展中心」的理由即在此。

五、氣象工作人員應有的努力

數值天氣預報對我們的日常作業有以下影響：

(一) 對預報作業的影響：



(二) 預報效果大幅提高，而用者的要求亦更嚴格。

(三) 趨向定量預報。

針對上述影響，個人認為我們所有的氣象工作人員均應做以下的努力：

(一) 充實基礎學識。今後的氣象人員在數理、資料處理及數值方法等方面均應有良好的基礎。

(二) 增進氣象尤其是動力氣象的學識水準，以提升天氣預報作業能力。

(三) 增加對電腦的認識及使用電腦的能力。

(四) 不斷從事研究發展工作，絕對避免「氣象癌」上身。

六、結語

空軍氣象部隊及「氣象預報與分析」季刊均有優良的傳統與績效，今後我們應更加努力，將「資料自動化，預報數值化」的目標在短期內實現，以發揚傳統進而爭取更大的績效。