

中緯度天气預报

H. 銳尔等著

科学出版社

中緯度天氣預報

H. 銳爾等著
程純樞譯

科學出版社

1958

03644

Herbert Riehl

and

J. Badner; J. E. Hovde; N. E. La Seur;

L. L. Means; W. C. Palmer; M. J. Schroeder;

L. W. Snellman and others

FORECASTING IN MIDDLE LATITUDES

Meteorological Monographs Vol. I, No. 5

Published by the American Meteorological Society

June 1952

內 容 介 紹

本書討論了中緯度 1—3 天的天氣預報，介紹了天氣學文獻里關於預報的種種方法，並摘錄了理論文獻中的計算方法，以及著者認為有用的或是值得試做的一些想法。

在前言里敘述了各種不同的預報方法，指出預報圖方法是當前最恰當的方法，並指出 24 小時以上的預報最合理是先作高空預報，然後根據若干計算和一些規則與模式，再進行地面預報。因此在第二章里敘述了高空預報，第三章里討論了地面預報方法，第四章里舉出了實際預報的例子。最後，在附錄里詳細地介紹了第二章和第三章里所用種種計算方法。

本書可供氣象業務工作者，尤其是預報員在工作上以及大學氣象專業師生在教學上作為參考。

中 緯 度 天 氣 預 報

H. 銳爾等著

程純樞譯

*

科學出版社出版（北京朝陽門大街 117 號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 號

科學出版社上海印刷廠印刷 新華書店總經售

*

1958 年 4 月第 一 版

1958 年 4 月第一次印刷

(滬) 0001—1,364

書號：1112 印張：4 1/8

開本：850×1168 1/32

字數：100,000

定價：(10) 0.80 元

目 录

第一章 前言	1
§ 1. 预报方法	3
§ 2. 繪制预报圖的一般办法	4
§ 3. 预报工作程序	8
第二章 高空预报圖	11
§ 4. 大形势和趋势	11
§ 5. 長波	19
§ 6. 阻塞系統和高空閉合环流	29
§ 7. 区域性的急流	35
§ 8. 短波	45
§ 9. 繪制 48 小时预报圖的步驟	47
第三章 地面预报	50
§ 10. 气旋的形成和加深	50
§ 11. 地面系統和鋒的移动	58
§ 12. 48 小时地面预报圖的制作	65
§ 13. 溫度预报	66
§ 14. 降水预报	70
第四章 实例	78
§ 15. 緯圈环流	78
§ 16. 北半球天气形势	78
§ 17. 急流	81
§ 18. 大形势与北美天气	82
§ 19. 预报	85
§ 20. 天气预报	90
§ 21. 事后檢查	93
附录	94
1. 緯圈風廓綫的計算和表示法	94

2. 連續圖的制作法	97
3. 長波計算	98
4. 高压脊的动力稳定度計算法.....	102
5. 24 小时 500 毫巴預報圖的計算	104
6. 急流分析.....	109
7. 24 小时急流預報的計算	111
8. 高空渦度場的計算.....	115
9. 地面气压变化与高空渦度变化之关系.....	119
10. 路徑法定位移.....	120
参考文献	123

第一章

前言

天气的预报从創始以来已有很大的演变。在这不断的演变过程中，將以往的成就和近来的趋势加以記述，这是有益处的。在目前是編写这样一个提要的有利时机，因为自第二次大战以来，主要的观测方面的工具增加了（广大地区的高空資料和半球圖已有了好几年），而且某些工具应用时期亦不算短，已經完全可以对它們加以評論了。

本書只想討論中期的（1—3 天的）天气预报。这个时限也是目前大部分预报人員所从事的。对人民的、对軍事和民用事業的预报多是三天以內的。这里准备介紹的是天气学文献里有关预报的种种方法，和理論論文里所举出的一些計算方法，以及現在流行的一些我們認為有用或值得一試的想法。

只要查看一下篇幅巨大的气象学文献，便很快就發現，能够直接应用于日常预报要求的著作实在少得很。在这少量的著作中，大多数是論气旋的，反气旋却很少研究。并且天气現象的预报研究也是很少的。許多著作者用不同的字句对同一件事加以重复。有許多预报原理未清楚地表达出来，而且有許多論文在提出预报規則时也沒有交代規則在那些特定条件下才可以应用。另外有些提法也很成問題，在对某些实况的解釋便是如此，往往只是事后諸葛亮的說法。在理論的文章方面，有些假設也并未做到証明明确是对一系列事实的唯一的解釋。天气学論文里，有时会把資料曲解，以致对某些不严格使用的物理術語作出了表面的論証。这样只会造成混乱，阻碍科学的进展。我們認為气象学的研究工作对于在天

气圖上發現現象的原因上使用了过多的力量，而对于控制这些現象演变規律的發現工作便因而作得少了。对于預报目的來說，了解某种規律的由来原因，是不必要的——虽然能了解到固然是好。必要的是認識規律的应用以及这些規律的限度。而正是这些，在文献里常常是不談的。

本書試圖將事实与想像分別开。对于文章中各种方法所依据的那些物理过程在这里一般都不提。虽然如此，目前要写一本預报書而完全不沾上面提到过的那些毛病，还是不可能的。我們选取題材时还不可能以客觀性的証驗結果为基础。到現在为止，通常应用的預报程序(步驟)經過良好証驗的还是極少数的。將現有的一些观念和方法介紹得尽可能地清楚，以便于大家作恰当的推敲和評價，这也是本書的目标之一。

凡是有可能，本書均着重于計算步驟。我們并非不知道，預报是一件不持久的“易坏品”，預报時間紧，計算又費時間。可是，只要对近来气象学研究趋势一經有过簡略的查考，便会了解定性的天气学自 1950 年以后是愈来愈显得陈旧了。大家可参考 Compendium of Meteorology^[7, 19, 78] 和 1951 年 1 月英国气象学会季刊里的一些綜合性文章，以便了解預报前途的多方面問題。預报工作中定量的工作程序無疑的將步步挤到定性工作的前面。当然，沒有必要讓每个气象台都照本書的建議来繪制种种圖表和全部計算。但是，这些圖表和計算可以从中央機構播送給各气象台，这样預报員便能够应用这些以新的資料为基础的預报技术。

虽然強調了計算，但在目前預报显然还是很定性的，仍旧在相当大的程度上得依靠那些难以用严格語言写下来的經驗。事实上，这也不是什么遺憾的事。即便是建筑工程师，如果只有了書本和算尺而沒有“实际經驗”(know-how)，大概也造不出好房子。当然造房子可以用“安全因数”，可是在天气預报上是沒有这种“安全因数”的。要能够恰当地运用本書所討論的种种計算，也是需要

更多的“实际經驗”，这亦表示预报工作是具有較大的定性的性質的。有些問題——类如貝得遜 (Petterssen)^[42] 所称的“出現時間的估計”和“不肯定区”，即使預報員对預期出現的事項的一般过程已經掌握得很好，但也还不算就是解决了。

§ 1. 預報方法

一开始討論預報問題，不免要問：从大处着眼，气象学家以往究竟是采取哪些途徑来进行預報的？我們發現，曾采用过或提出过的方法有以下几种：

(1) 繪制預報圖(構想的，或正式的)——根据經驗，經驗規則以及一些运动学的或动力学的計算。天气分布是根据种种模式的应用而画在預報圖上的，在預報同时也借一些热力学計算的帮助。

(2) 用数值方法繪制預報圖。

(3) 用形式类比法或天气型方法作預報圖。

(4) 用經驗公式或圖解(根据許多选好的初始条件进行統計的結果)，来預報一地点或小地区的天气。

(5) 根据高層大气或日射記錄进行預測。

在这些方法之中，第一种方法是本書將討論的。大多数預報都采取这一途徑，而且也适用于預報工作的改进研究方面。对于采取繪預報圖这一方法，曾有过頗严厉的批評和反对，尤其是指摘說，即使有了完美的地面气压分布預報圖，仍很少可能作出如意的天气分布。这种反对是不公平的。預報員在进行預報时主要关怀的是時間上怎样一步步地进入預期的气压形势。我們估量一个預報員如何在預報圖上报天气的技巧时，必須充分重視这种時間因素。高空預報圖也是主要的，因高空与地面情况的配合才决定天气怎样。而且根据良好的預報圖來計算天气，已有些技术日漸在發展中。本書也將介紹一种預報降水型式的技术。我們認為采用預報圖的方法不是錯誤的，这一途徑是頗有前途的。

本書對其他各種預報方法，將只簡單地提一下。數值預報要靠高速的計算機器。近年來這類器械日趨完美，因此引起數值預報方法的研究熱潮，其試用成果還有待將來證明。

天氣型類比方法，除了應用在某些區域問題^[8, 20]之外，到現在其成就有限。雖然如此，相似形勢的類比問題還是迫切需要解決的，因為現在預報員繪制預報圖時很大一部分是在他心裡進行類比的。本書對這個問題也將提出一個新的着手辦法。

統計預報方面的方法，在文獻中提到一些，主要在幫助地方的和區域的預報。我們將舉一些例子。既然是屬於某些區域方面應用的問題，因此就不算是在本書範圍之內。本書同樣也不論列氣候紀錄的應用，以及所有地方性地區性的特殊事項。

除對長期預報以外，關於高層大氣和日射紀錄應用的可能性問題，在文獻中不常有。克萊頓 (Clayton)^[12] 曾樂觀地提起，用每日日射紀錄應用於南美的短期預報，但沒有人繼起做這類試驗。現在一般傾向都不考慮日射影響。雖然如此，近年來有幾位作者^[26, 76] 曾討論過日射活動和低層大氣間的可能關係。也曾經找到一些相關情形^[13, 65]，因而不容我們忽視日射因子在短期天氣變化上可能有其一定的作用。但目前還未見實際應用，尚有待今后的研究和試驗。

§ 2. 繪制預報圖的一般辦法

挪威、德國、英國和美國四派各有特點，我們曾試圖從其中融合成一種有條理的步驟。現在先分別簡括地介紹一下四種有代表性的技術。有的文獻根據已陳舊，可能已不能代表原作者目前的看法。

貝得遜^[42] 選取海平面氣壓作為一種簡單的量的預報的根據（預報時間不得超過 24 小時）。他如此選取的理由是：氣壓觀測比其他氣象要素準確得多。除海平面訂正和山脈動力作用的問題以

外,海平面气压是唯一对天气形势有完全代表性的要素。

基本的工具是計算气压場上各系統的位置。貝得遜將这些系統作出数学的定义,找出速度和加速度的运动学公式。在圖上出現了有代表性的必要导数时,就可以根据这些公式进行計算。另一方面也根据这些公式列出一些供定性考虑用的規則。

第二种工具是“加深的”傾向,即三小时变压中不屬气压移动所致的部分。这种傾向在气压場中平流傾向是零的地方容易求得——此处三小时变压就是加深傾向。查看了加深傾向的分布能了解到現有气压系統的强度的改变和新的發展情况的象征。这些象征也組成一些作定性应用的規則。

此外,貝得遜也推荐应用气压系統的外推(路徑法),和应用地轉風与鋒正交的分速(打过折扣后)来預报鋒面的移动。

以上的方法如用得合理,可以繪制地面 24 小时形势預报圖。形势所相当的区域天气闡釋办法是主觀的。降水区应用挪威气旋模型,以及气压系統的一些特点,例如沿鋒等压綫的曲度,貝氏認為对預报区有关的气团需詳加分析。根据探空纪录和高空分析,了解到的气团性質和它的时间变化能指示出未来的天气。此外当然还要加上局部的天气变化。

歇哈格 (R. Scherhag)^[64] 提出一个半定量的 24 小时地面和 500 毫巴預报圖制作法。主要的工具是:(1)地面(或 1000 毫巴)圖;(2)24 小时海平面变压圖;(3)500 毫巴等压面高度圖;(4)1000—500 毫巴厚度圖;(5)連續性。在工作时最方便的办法,將(2)和(3),(1)和(4)分別重画在一張圖上。这样就只用兩張圖就包括了所有的情报,这是个大优点。

先將 $4p_{24}$ 区用 500 毫巴梯度風的一半速度沿 500 毫巴等高綫移动。这时候也要考虑到 500 毫巴形势的可能改变情形。注意变压中心的位置是在入口区方面还是在三角区方面,斟酌变压中心强度的变化(參見第二章),同时也比較最近的三小时变压。將变

压預告加到現在的气压場上，这样求出初步的地面預報圖。这时候还應該將一些和經驗不相符合的气压系統的形狀加以修改。在預報圖上适当的所在处（槽綫）定出鋒綫，同时亦用垂直于鋒的分速度來計算鋒的位移。

第二步，应用原来的和預報的地面圖來定出等厚度綫的位移。这时要定性地顧到垂直运动和冷暖热源（冷空气在暖水面上，等等）的影响。并且將厚度綫按照地面鋒的位置加以适当調整。最后，將这預報的厚度形势加到 1000 毫巴預報形势上，得出 500 毫巴的預報圖。

至于天气怎样推測，歇哈格的方法中沒有提到。

这是目前繪制預報圖的最客觀的方法。与貝得遜的方法一样，这个方法只能应用于 24 小时預報。这方法中还有一些含糊之处。例如，如何在制作地面預報圖時顧到 500 毫巴形势的变化（因为 500 毫巴預報圖是在最后制作的）。我們建議在开始时先用 F. 台芳（F. Defant）的方法作出一張 500 毫巴預報圖（見附录 5），然后照歇哈格方法进行，最后用圖解減法求出厚度圖以作檢驗。

斯塔（V. P. Starr）^[66]所建議的是下面的四个預報步驟：

- （1）預報上層气流的运动（高空預報圖）；
- （2）单独地預報地面气流运动（地面預報圖）；
- （3）用靜力学公式檢查二者有否矛盾；
- （4）說明在預期的运动下天气是怎样的。

斯塔是第一个提出將高空气流的預報作为預報的第一步。高空圖預報所根据的动力学計算方法后来也就是美国方面在正式中期預報中所应用的^[1, 53, 54, 77]。在預報工作中应用动力学計算这还算是新鮮的事，这种动力学計算方法的采用在預告方法中的被采纳是很迟的。到目前，它的重要性已經很快地被体会到了。

这里对斯塔的高空圖預報法不再作摘錄介紹，因为本書第二章將扩充他的方法。要指出的是，这一方法的計算是为長于 24 小

时的预报而設的。至于地面流型的独立预报主要有如下几种工具：

- (1) 辨别圖型属于高指数或低指数；
- (2) 將气压場上的各个系統按貝得遜方法作位移；
- (3) 用地轉風方法定鋒的位移；
- (4) 考虑“标准的”气旋和反气旋路徑；
- (5) 可能时应預測新的气旋波的發生。

关于地面系統的预报法，大家可进一步參閱 G. E. 邓(Dunn) 的报导^[19]。

斯塔認為应用靜力学檢查法，这是一个主要的而且也是重要的步驟。气压系統预报出来，也就包含着有了厚度場变化的预报，这种变化必須跟由平流計算(加上气团变性方面的斟酌)所得出的厚度变化相一致，不相矛盾。这样檢查才可揭發地面预报圖和高空预报圖之間的矛盾。

根据预报的气压圖怎样去預測天气，斯塔举出如下的途徑：

- 降水：(1) 考虑因地形和有限止的水汽来源所形成的降水型与挪威式模型的差异；
- (2) 应用等熵面圖；
 - (3) 估計与輻散輻合型变化的关系；
 - (4) 經驗。

温度：(1) 預期的气团和它的性質；

- (2) 关于地方性影响方面的經驗。

奥力弗(V. J. Oliver)^[36] 后来曾扩充斯塔的方法。孚茲(D. Fultz)^[22] 用同一观点，而以繪制常定絕對渦旋度为主的办法。本書將不时联系这两个文献。

斯脫克列夫(R. C. Sutcliffe)等^[68-71] 認為在预报气压系統时，考虑大气的斜压性是最重要的。他提供了一个理論，說明气旋和反气旋的發展可以用 1000—500 毫巴間加热成風場的相对渦旋度来

預報。所应用的圖表是 1000—500 毫巴厚度圖和 500 毫巴圖。預報的步驟如下。

先將地面系統按熱成風場推移 24 小時。然後根據經驗修訂上述位移，即估計厚度場形式在 24 小時內的變化。主要根據是平流加上氣流沿途的溫度變化，垂直運動，以及運用厚度綫的氣候學。最後，斟酌調整地面系統的強度（包括新系統的生成），根據渦旋度以及實在的和預報的熱成風場的變化等的考慮。24 小時 700 毫巴和 500 毫巴預告圖根據厚度預報圖和地面預告圖而繪制出來。

作較長期的預報時，仍按上述步驟連續做逐日的 24 小時厚度圖和地面預報圖。這方法對四天以上的預報不好用。

以上是近來幾種預報步驟的簡單介紹。可注意的是，高空預報圖傾向於着重起來。因為本書企圖處理長于 24 小時的預報和着重 48 小時的預報，因此將循斯塔的途徑，此外還將介紹幾種定量的技術。

§ 3. 預報工作程序

根據上面所講的，可見合理的程序是先做高空預報，再做地面預報，然後預報天氣分布。可是我們並不將高空和地面預報作為兩個獨立步驟來處理，而後再加矛盾檢查。按照奧力弗的主張^[36]，我們着重高空流場的預報，然後用一些計算並根據規則和模式，將高空預報轉釋成為地面預報。

一本預報書上能夠介紹多少條規則，這是很難說的。預報員必須掌握大量的知識。這個要求顯得十分苛刻。因此如鄧氏^[19]所說：“對於預報員來說，規則太多了容易搞糊塗，他在很短時間內，可能想不起那些規則對他當時的情形下是可以应用的”。在很多情況下，這句話是正確的。顯然，在預報員所迫切需要做的工作中，並不是去設計新技術，而是要整理現有的技術，使能付之實

用。本書所引用的規則將尽可能限止到最小的數目，並且盡量加以整理。

在整理時，我們根據一個早期預報員們所具有的、並且近年來又在抬頭的觀念。某一地區中的某一事項（例如，一個大氣旋的形成）只是部分地決定於這地區內的大氣結構。主要的控制是大形勢（占半球的大部分）。揭露大形勢最清楚的是高空氣流。許多的地面的發展情形如果從半球布局來看，就很容易了解。這個看法早已是長期預報工作者的指南^[31]，他們也曾經慫恿短期預報員也採取同樣的道路。

我們相信這是改進預報的道路，我們的步驟就是建立在這一傾向（想法）上的。我們認為這是重要的：預報員要認識半球上的主要事項，且至少要做到通盤地注視着它們的演變。因此在以下各章中我們假定每一預報中心都有半球的高空（500 毫巴）和地面圖。

預報員所必須的圖表資料要盡量少到一個最小的數量。韋立特 (Willet)^[78] 指出，目前最需要有分析的標準化，並減少許多圖的重複，這是重要的。前面已經說過，歇哈格和斯脫克利夫的方法，完全只用 500 毫巴和地面圖以及由這兩張圖推論出來的厚度圖，特別是變壓圖。但是近來的研究工作明白地表示，對於流層上部風場的研究，可以使預報有所改進。這種高空風場的特性每每不是 500 毫巴圖所能表示的，但在 300 和 200 毫巴圖上却很清楚，因為風的最大垂直切度是集中在 500 毫巴層以上。所以我們認為這兩種圖（300 和 200 毫巴）應作為附加的工具。

有下面這些理由說明採用 500 毫巴圖作為基本圖，比 700 毫巴圖或其他圖要合適些：

- (1) 許多國家的經驗（英國、德國和瑞典等國家）；
- (2) 幾乎所有海洋上的長途偵測飛行是近這個高度；
- (3) 高空氣流的主要系統在這層上最清楚。這層所受到下層

环流（暖低、冷高）和大山脉的影响而变形的程度比 700 毫巴小得多。

我們建議以下各章所述的工作每天一次，由兩個預報員做。做預報最少應該有兩小时時間，不包括編写預報和發布工作。这是工作中實現全部步驟所需的最短時間。同时，預報員用来考慮形勢的時間最多也只有兩小时。在預報時思想要快，并且要高度的集中——時間化得过多会不利于預報的效果。

在上面提出了北半球的資料是有价值的，又提出在預報的步驟中須要有次序，所以最好首先应考虑大形勢中的主要系統，然后逐步縮小範圍到本地区的詳情。其步驟如下：

- (1) 大形勢和趨勢；
- (2) 長波；
- (3) 阻塞系統和高空閉合环流；
- (4) 区域性急流；
- (5) 短波。

第二章

高空預報圖

§ 4. 大形勢和趨勢

我們所觀測到的天氣系列是無限的，但是這些系列並不是混亂的。我們第一步的目標是要斷定某些情況（諸如寒流爆發或晴好天氣等）是否容易在今後幾天的形勢發展下出現，或者是否只是一個萬一的机会而已。

研究北半球圖的特點和趨勢，主要是用“指標特性”（index characteristic）^[1, 77]，最近更進而用“指標趨勢和循環”（index trends or cycles）^[32, 49, 60]來描述的。為便於應用這些研究結果，預報中心（台）應該注視高空“西風廓綫”，留意它的變化。附錄 1 介紹了計算廓綫和填繪時間剖面的便利辦法。這廓綫雖只包括一個參變數，但對於估計形勢的一般演變却有很大的幫助。

i. 緯圈風（以下簡稱緯流）的分布

因為沿緯圈氣流的總運動量是隨着季節而變的^[32, 49]，將緯向風速按緯度的正弦點成曲綫，曲綫下的面積是從一天到另一天幾乎不變的。因此，如果在某一緯帶上西風高出本季平均值，則在相鄰的一帶（或更多的帶）上是低於平均情形。

為了日常預報上應用，參考一個季的情形並不合實用，因為全季的特性可能與往年同季情形相差很遠。改用如下的命題可能是有用的：將緯向氣流的緯度分布填畫成時間剖面形式，一般可以找到有一帶西風已增強了幾天，且達到了這帶上的最高值。在鄰帶則有相反的情形，達到最低值。例如，假如 $60^{\circ}-70^{\circ}\text{N}$ 500 毫巴西

風在開始降落之前從 5 秒米增到 12 秒米，而在 40° — 50° N 間開始增強之前，則已自 24 降到 18 秒米，因此可在 60° — 70° N 找到一個相對最高，在 40° — 50° N 間找到一個相對最低。而實際的最高風速仍在 40° — 50° N 間，這裡平均而論風速仍比 60° — 70° N 強得多。在附錄 1 中舉出了一些有相對最高最低的時間剖面的例子（圖 37, 38）*。

我們只考慮 20° 至 60° — 70° N 間的緯帶，因為紀錄較多，做出的剖面有一定的可靠性（尤其在三天重疊平均時要如此，參見附錄 1）。在這一帶里，我們尋常遇到的是最高兩個最低，或者是兩個最高一個最低。

(1) 只有一個最高時（圖 1 之 b），它一般在中緯度西風最大的所在。在這一情況下我們所觀測到的是最強的西風環流，如廓綫所示（高指數），但並不是最強的急流。最高帶以北的氣旋性切度加以南的反氣旋性切度都很強，廓綫呈峰狀凸出。

(2) 在有兩個相對最高的情況下，西風在副熱帶和低緯度強

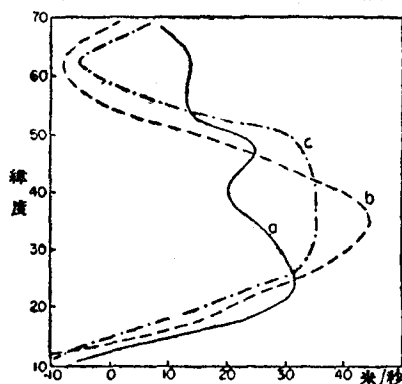


圖 1. 300 毫巴西風廓綫
(a) 1945 年 12 月 7 日;
(b) 12 月 19 日;
(c) 12 月 29 日。

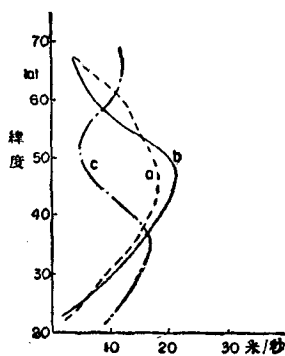


圖 2. 500 毫巴西風廓綫
(a) 1950 年 11 月 10 日;
(b) 11 月 18 日;
(c) 11 月 27 日。

* “最高”和“最低”都是用來指這些相對的中心。