

# 卫星资料对中尺度天气客观分析的个例试验\*

孙东联 黄继红

(卫星气象中心)

## 提 要

为了研究卫星资料对中尺度客观分析的影响,本文应用逐步订正方法,分别对500hPa和700hPa高度场作客观分析,共作了三个试验:只用常规资料;只用卫星资料;将常规资料和卫星资料相结合。客观分析表明:常规资料分析结果和人工分析的天气图最为接近。加进卫星资料能分析出一些只在卫星云图上有所反映的小扰动,说明卫星资料对中尺度客观分析有作用。

## 一、引 言

我们知道,常规的气象观测系统提供的气象观测资料地理覆盖不完整,水平分辨率较低,不能适应中尺度研究的需要。

近年来,随着卫星气象的发展,人们可以获得大量的高分辨率资料,中尺度资料问题得到了一定程度上的解决。但是,这些资料在空间分布上是不均匀的,而我们作数值分析预报都是在规则格点上进行的。这样,如果这些资料用作数值预报的初值,则在预报之前,必须将它们内插到规则分布的模式格点上。为了得到网格点的资料,可采用两种方法进行内插:一是主观内插法,即人工分析各要素的等值线,然后读取网格点数值;另

一种是客观内插法,即根据直接联系格点值与台站值的方程从数值上(用计算机)进行内插,消除重复信息,进行质量控制。

## 二、方法与资料<sup>1)</sup>

逐步订正方法的中心思想是用实际资料与预备场之差去订正预备场或第一次猜值场,得到一个新的场,再由这个场求出与观测值之差,去订正上一次新的分析场,直到订正的场逼近观测场为止。

分析步骤主要包括下列几步:①选取预备场;②客观分析;③平滑。

在这里,我们选前一天用Barnes方法<sup>[1]</sup>得到的分析场作预备值,资料输入后用9点平滑方案平滑一次,去掉错误资料。

\*本课题由非教育系统科技活动资助经费

<sup>1)</sup>丁一汇,天气动力学中的诊断分析方法(上册),中国科学院研究生部,22-27,1987年。

设点  $(i, j)$  第  $n$  次迭代的猜测场为  $H_{ij}^{(n)}$ , 则由此网格点猜测场可计算出每一台站的猜测值。台站的位置可分为两类: 一类是网格区域外, 一类是网格区域内。对网格区域内的台站, 猜测值可由 4 点拉格朗日插值公式求得:

$$H_{g_{ij}}^{(n)} = \sum_{i=i-1}^{i+1} \sum_{j=j-1}^{j+1} W_{ij} H_{ij}^{(n)} \quad (1)$$

式中权重系数是:

$$W_{ij} = \frac{\sum_{k=i-1}^{k=i+1} \frac{(x-x_k)}{(x_i-x_k)}}{\sum_{l=j-1}^{l=j+1} \frac{(y-y_l)}{(y_j-y_l)}} \quad (2)$$

对于网格区之外的台站, 用下列内插公式 (对  $L \times M$ ) 网格区)

$$H_{g_{ij}}^{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^M W'_{ij} H_{ij}^{(n)}}{\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^M W'_{ij}} \quad (3)$$

上式中  $W'_{ij}$  是 Cressman 权重函数, 即:

$$\begin{cases} W'_{ij} = \frac{R^2 - d^2}{R^2 + d^2} & \text{当 } d \leq R \\ W'_{ij} = 0 & \text{当 } d > R \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1 & \\ \frac{(0.4R^2) - (R - C_g^{(n)}(i, j))^2}{(0.4R^2) - (0.6R - C_g^{(n)}(i, j))^2} & C_g^{(n)}(i, j) \leq 0.6R, N > 0 \\ C_g^{(n)}(i, j) > 0.6R, N > 0 & \\ 0 & N \leq 0 \end{cases}$$

上式中,  $N$  是在影响半径  $R$  内的台站数,  $C_g^{(n)}(i, j)$  是对格点  $(i, j)$  而言所有影响资料的重心位置, 可表示为:

$$C_g^{(n)}(i, j) = \left[ \left( \frac{\sum_{d \leq R} \Delta x_s}{N} \right)^2 + \left( \frac{\sum_{d \leq R} \Delta y_s}{N} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$(\Delta x_s, \Delta y_s)$  是影响半径  $R$  内任一台站距离插格点  $(i, j)$  的相对距离  $d$  的  $x$  方向和  $y$  方向的坐标值。

资料取自 1986 年 8 月 5 日至 6 日 12 点的资料, 并用 8 月 5 日的分析值作为 8 月 6 日的猜测

上式中  $R$  是影响半径,  $d$  是台站到点的距离

$$d^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2$$

求出网格区内外台站的猜值之后, 下一步是由猜值与实际值之偏差计算  $E_{ij}^{(n)}$

$$E_{ij}^{(n)}(H) = H_{ij}^{(n)} - H_{g_{ij}}^{(n)}$$

$H_{ij}^{(n)}$  是台站实际观测值。  $E_{ij}^{(n)}$  的值就决定了  $(n+1)$  次订正对一附近格点的订正值。订正值可写作:

$$C_{ij}^{(n+1)}(H) = \frac{\sum W_{ij}^{(n)} E_{ij}^{(n)}(H)}{\sum W_{ij}^{(n)}} \quad (4)$$

$W_{ij}^{(n)}$  是一新的权重函数, 它为:

$$W_{ij}^{(n)} = W_{ij}^{(n-1)} \cdot \gamma \cdot \beta$$

$$W_{ij}^{(n-1)} = (R^2 - d^2) / (R^2 + d^2)$$

$\beta$  为时间权重函数。

$$\beta = e^{-\gamma \cdot (\Delta t)^2}$$

在此,  $\Delta t = 24$  小时, 取  $\beta$  为 0.2,  $\gamma$  代表某种类型资料的可靠性, 对探空资料, 我们取  $\gamma$  为 0.6。

以后把订正值加到第  $n$  次猜值上, 可得下一次订正的猜值场:

$$H_{g_{ij}}^{(n+1)} = H_{g_{ij}}^{(n)} + S C_{ij}^{(n)}(H) \quad (5)$$

式中,  $S$  是平滑系数, 可取:

值。网格点是  $1^\circ \times 1^\circ$ , 范围  $20-60^\circ N, 80-140^\circ E$ 。为了检验卫星资料对中尺度分析的效果, 我们对 500hPa 和 700hPa 高度场特作了 3 种分析: ① 纯常规资料的分析; ② 纯卫星资料的分析; ③ 常规资料中加进卫星资料的分析, 即将卫星资料和常规资料按经纬度和高度值直接合并到一个数组里去。由于卫星资料是反演的厚度资料, 即是 1000hPa 到各高度层之间的厚度, 这样要求出各个层次的高度场, 必须将反演的厚度即卫星资料再加上 1000hPa 的高度场。1000hPa 的高度场由下式求得:

$$Z_{1000} = \frac{R_d \bar{T}_v}{g} \ln \frac{P_0}{1000} \quad (6)$$

其中  $P_0$  为海平面气压,  $\bar{T}_v$  为气层平均虚温,  $T_v = T(1 + 0.378e/p)$ 。

### 三、试验结果及分析

#### 1. 700hPa高度场

##### (1) 常规资料分析结果

在常规资料分析的700hPa高度场上(图1), 我国东北地区和黄海地区各有一个低压; 在50°N以北, 115°E附近的苏联地区存在着一个高压, 强度为3120gpm; 在100°E以西, 50°N以北的西伯利亚地区有一个低压槽; 在30°N以南, 90°E以西的地区是一个低压区, 整个形势和此时的实况人工分析天气图(中央台历史图, 图略)非常接近。

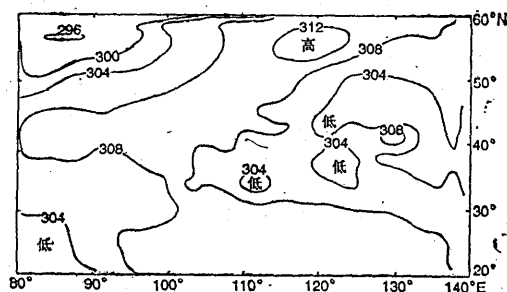


图1 常规资料分析的700hPa高度场  
( $10 \times \text{gpm}$ )

在此时的卫星云图上(图2), 在40—54°N, 80—140°E范围内, 存在着一个即将衰退的气旋云系, 其暖锋表现为一片向北凸起的卷云覆盖区, 气旋中心表现为多层云系, 其冷锋表现为一条西南—东西走向呈气旋性弯曲的云带, 且正断裂衰退, 气旋后又伸出一条冷锋云带, 将发展取代原来的冷锋。在这个气旋云系的西南侧, 云的色调比较深, 为中低云区。在海平面气压图上(图略), 确实可以看到这一带地区存在着一个衰退的锢囚锋。在对流层中低层都将表现为低压。我们已看到, 在700hPa的确存在着一个低压区, 不过中心向南倾斜。我们还看

到, 在28—40°N, 80—100°E范围内存在着一个气旋状排列的低压云系。其中的大部分云团还未达到增强温度, 少数云团虽达到增强显示, 但云的色调呈黑色或深灰色, 说明云顶的温度还很低, 这些云都为低云。在海平面天气图上(图略), 这地区确有一个低压存在; 在图1上, 我们也看到, 700hPa

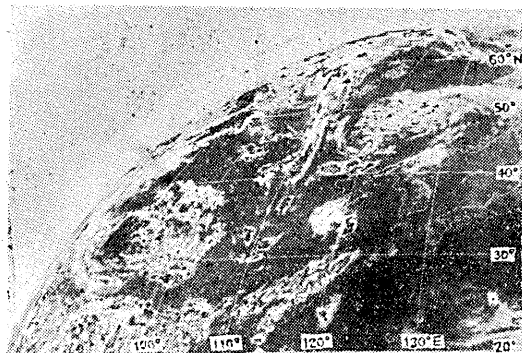


图2 1986年8月6日09时红外增强卫星云图

上这地区也是一个低压区。此外, 在35°N, 120°E附近还分析出一个低压, 在卫星云图上, 对应的这个地区存在着积雨云区; 在32°N, 110°E附近也有一个小低压, 在卫星云图上, 这个地区有一片黑灰色的小云团, 说明云顶温度相对较低, 因而云顶相对较高, 是一片浓积云团。

##### (2) 卫星资料分析结果

用卫星资料分析的700hPa高度场(图略), 和用常规资料的分析结果(图1)相比, 整个大的形势比较一致。所不同的是, 在41°N, 107°E附近及其东北侧又分析出两个小低压来, 在天气图上, 这个地区没有小低压存在。但在此时的卫星云图(图2)上, 在这一地区, 存在着一个西南—东北走向的冷锋云系, 由淡积云组成。此外, 在28°N, 100°E附近还分析出一个闭合的小低压来, 在用常规资料分析的700hPa高度场(图1)上, 在28—38°N, 80—102°E的地区是一个低压区, 但其中并无闭合的低压出现; 在天气图上, 这个地区是个低压区, 但也没有形成闭合的低压, 而在这天的

卫星云图上, 这个闭合的小低压正好对应着云团西南缘的一片浓积云团。

和常规资料分析结果相比, 卫星资料分析的高度场值抬高40gpm。这是由于卫星资料是反演的厚度场, 在计算中加了一个1000hPa层高度场, 在计算1000hPa高度场时用海平面虚温代替了气层平均虚温, 由于海平面虚温高于气层平均虚温, 使得计算出的1000hPa层高度场偏高造成的。

### (3) 常规资料加卫星资料的分析结果

将常规资料和卫星资料两者结合在一起分析的700hPa高度场, 如图3。和只有卫星资料的分析结果相比, 在110°E以东的40—52°N由南到北又多分析出3个小低压, 这些小低压的排列正好与卫星云图上这一地区由淡积云组成的冷锋云系相吻合。此外, 在38°N, 100°E附近还分析出一个小低压, 在卫星云图上, 这个地区存在着一片小云团, 并且云团中有增强的黑色调出现, 是积云云团。在25°N, 107°E附近原低压区在分析图上形成了一个闭合的小低压。我

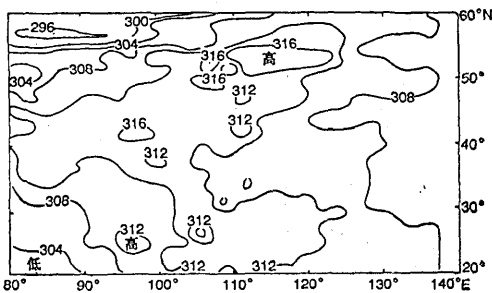


图3 常规资料加卫星资料分析的700hPa高度场(10×gpm)

们看到, 卫星云图上, 30°N以南, 105°E以东地区存在着一条西南—东北走向的云带。在850hPa图上(图略), 这一带正好是西南气流活动区。在这一云带里, 可以看出活跃着一些浓积云团, 分析出的这个小低压便和其中的一片浓积云团相对应。另外, 在25°N, 100°E附近原高压区形成了一个闭合的小高压, 对应着卫星云图上低压云团南侧的晴空区。

从以上的分析结果中, 我们看到, 随着资料密度的加大, 能分析出一些次天气尺度的系统来。

## 2. 500hPa高度场

### (1) 常规资料的分析结果

常规资料分析的500hPa高度场, 如图4所示, 在我国东北地区存在着一个低压, 从中伸出两个槽: 一个向东伸展到苏联, 另一个向西南伸展到华北地区。在苏联的贝加尔湖到雅库次克地区存在着一个高压。在50°N以北, 90°E以西地区存在着一个低压槽。从长江以南到西藏地区都为副热带高压所控制。整个形势和此时的天气图非常一致。

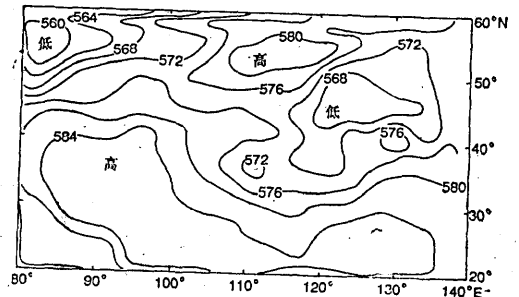


图4 常规资料分析的500hpa高度场(10×gpm)

### (2) 卫星资料的分析结果

卫星资料分析的高度场和常规资料分析结果(图4), 大体形势相似, 只是在40°N, 106°E附近和46°N, 106°E附近又多分析出两个小低压, 在天气图上没有发现这两个小低压, 但在卫星云图(图2)上, 这个地区存在着一个由淡积云组成的冷锋云系。

### (3) 常规资料加卫星资料的分析结果

常规资料加卫星资料的分析结果(图5)和卫星资料的分析结果比较一致, 只是原46°N, 106°E附近的低压范围扩大了一些。

我们看到, 500hPa常规资料高度场基本上是大尺度的系统, 中小尺度扰动较少, 但是加进卫星资料后还是能够分析出在大尺度的天气图上分析不出来, 只在卫星云图上

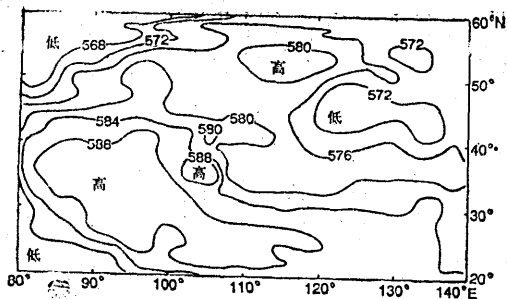


图 5 常规资料加卫星资料分析的500hPa  
高度场(10×gpm)  
有所反映的小扰动。

#### 四、结语

本文通过对500hPa和700hPa 高度场应

## The case experiment on objective analysis of meso-scale weather with satellite data

Sun Donglian

Huang Jihong

(Satellite Meteorological Center)

### Abstract

The successive correction method (SCM) of Cressman is adopted in objective analysis for 500 hPa and 700hPa height field, using the conventional data, or satellite data, or conventional data accompanied by satellite data. It shows that the analysis field using the conventional data is very similar to the real weather map, while the satellite data can reveal some small disturbances which can not be found in weather map but in satellite image, it indicates that the satellite data has the positive impact onto the meso-scale objective analysis.

用类似逐步订正法分别用3种不同的资料作客观分析, 得出如下结论:

加进卫星资料, 随着资料的密度加大, 分辨率提高, 能分析出一些大尺度的天气图上分析不出来, 但在卫星云图上有所反映的次天气尺度的小扰动。因而, 我们认为卫星反演资料对中尺度客观分析起了一定的作用。

致谢: 感谢王宗皓同志和江吉喜同志对此工作的指导, 毛建平同志提供卫星资料。

### 参 考 文 献

- (1) 党人庆等, 一种带通滤波方法及其初步应用, 气象科学研究院院刊, Vol. 4, No. 1, 1989.