

# 用尺度分离法揭示中尺度高原低涡

沈梅娟 徐裕华

(成都高原气象研究所)

## 提 要

本文通过对青藏高原及邻近地区的环境场进行尺度分离，较好地发现了常规天气分析中难以确定的中尺度天气系统。从而提供一种捕捉中尺度系统的有效方法，供业务预报应用。

## 一、引言

一次天气过程的产生，通常是多种尺度天气系统共同作用的综合结果。但在日常业务预报中，由于台站网的限制，往往只注意天气尺度系统的分析和预报，忽视了中小尺度系统。在青藏高原上，由于资料稀疏，象高原低涡这样的中尺度涡旋，仅凭常规的天气图难以确定它产生和消亡的具体时间和位置。因此，也影响到对它发生、发展演变规律的认识。本文通过对高原及邻近地区的环境场进行尺度分离，从中分离出中尺度的高原低涡，使对其发生、发展连续演变过程的了解更为清楚，加深了对高原低涡的认识，为准确地预报高原及下游地区的降水分布提供了依据。

## 二、计算方案

500hPa上的高原低涡，一般水平尺度约为400—500km，相当于中- $\alpha$ 尺度系统。我们进行尺度分离的目的，就是从环境场中将这种中尺度低值系统分离出来。为此，设计了两个低通滤波器，滤波器1包含400—500km尺度及其以上系统；滤波器2只包含更长尺度的系统。这两个低通滤波器组成一带通滤波器<sup>(1)</sup>，它能较好地保留高原低涡这样的中尺度系统。具体作法如下：

第一步，由环境场资料 $f(x, y)$ 计算低通初值场 $f_0(i, j)$ ：

$$f_0(i, j) = \sum_{m=1}^M W_m f_m(x, y) / \sum_{m=1}^M W_m \quad (1)$$

其中 $W_m$ 是权重函数， $W_m = \exp(-r_m^2/4c)$ ， $m$ 是加权上述格点值的气象要素的样本数，响应函数 $R_0 = \exp(-4\pi^2 c/\lambda^2)$ ，

$(i, j)$ 是低通场的网格点坐标， $(x, y)$ 表示环境资料场的坐标(或台站位置)， $r_m$ 是资料点与网格点的距离， $c$ 是根据滤波器的波长范围选取的常数， $\lambda$ 为波长。

第二步，对低通初值场 $f_0(i, j)$ 进行订正，获得低通场 $f(i, j)$

$$f(i, j) = f_0(i, j) + \sum_{m=1}^M W'_m D_m / \sum_{m=1}^M W_m \quad (2)$$

其中 $D_m = f_m(x, y) - f_0(i, j)$ 是资料场与低通初值场之差， $W'_m = \exp(-r_m^2/4GC)$ 是修正的权重函数，响应函数 $R = R_0(1 + R_0^{g-1} - R_0^g)$ ， $G$ (或 $g$ )是0.2—0.4之间的常数。

第三步，确定带通场。选定两组常数， $C_1$ 和 $G_1$ 为第1低通滤波器的滤波常数， $C_2$ 和 $G_2$ 为第2低通滤波器的。分别进行第1步和第2步计算，得到相应的两个低通场 $f_1(i, j)$ 和 $f_2(i, j)$ ，则带通场由两个低通场之差确

定：

$$DF(i,j) = f_1(i,j) - f_2(i,j) \quad (3)$$

响应函数  $DR = R_1 - R_2$ 。

第4步，根据高原低涡的尺度，选择两组常数： $C_1 = 8000, G_1 = 0.3; C_2 = 120000, G_2 = 0.3$ ，将处于 $400-1200\text{ km}$ 内的中- $\alpha$ 尺度系统从环境场中分离出来。图1是响应函数曲线，从中可以看出，第1低通滤波器的响应曲线  $R_1$  包含了波长在 $200\text{ km}$ 以上的系统，第2低通滤波器响应曲线  $R_2$  包含了波长在 $800\text{ km}$ 以上的系统，而带通场的响应曲线  $DR$  大于 $0.6$ 的波长范围为  $400 < \lambda < 1200\text{ km}$ ，即波长小于 $400\text{ km}$ 和大于 $1200\text{ km}$ 的波动保留得很小。

通过计算几种不同环流形势和不同发展阶段的中尺度高原低涡，发现无论用台站风场资料主观内插或用欧洲中期天气预报中心 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 格点上的  $u, v$  分量资料客观内插到格距为 $180\text{ km}$ 的网格点上，均能较好地分离出中尺度高原低涡。

### 三、几个典型实例的尺度分离结果

1980年7月下旬，孟加拉湾季风低压发展，在季风低压北部，从孟加拉湾向高原不断输送丰沛的暖湿空气。 $60-90^\circ\text{E}$  为宽广的长波大槽；沿长波槽底不断有短波槽东移，27日季风槽北上与短波槽结合，加之高原地形的动力、热力作用，于28日08时在那曲西

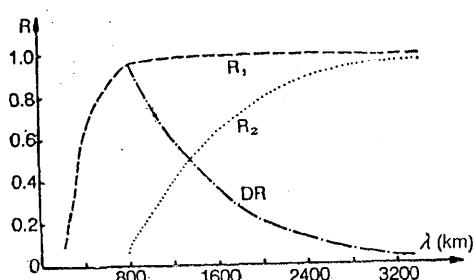


图1 滤波器的响应曲线

$R_1$  (虚线)为第1低通滤波器的； $R_2$  (点线)为第2低通滤波器的； $DR$  (点划线)为带通滤波器的响应曲线

部地区产生了一个中尺度高原低涡，它位于横切变线的西端。在历史天气图和气象台实时天气图上都不能及时确定存在涡旋环流，直至28日20时，低涡东移发展，中心移至杂多北部之后才能分析出一个完整的高原低涡。在欧洲中期天气预报中心客观分析环境场资料上，也只能分析出横切变线，低涡相应的位置上是西南风（图2a）。对环境场进行尺度分离以后，才清楚地看出切变线西端的高原低涡，此时，切变线在 $32^\circ\text{N}$ 与 $34^\circ\text{N}$ 之间，高原低涡中心位于 $32^\circ\text{N}, 90^\circ\text{E}$ 附近（图2b）。这表明，尺度分离有利于及时发现尺度较小的高原低涡，为研究它的产生和发展东移提供了条件。

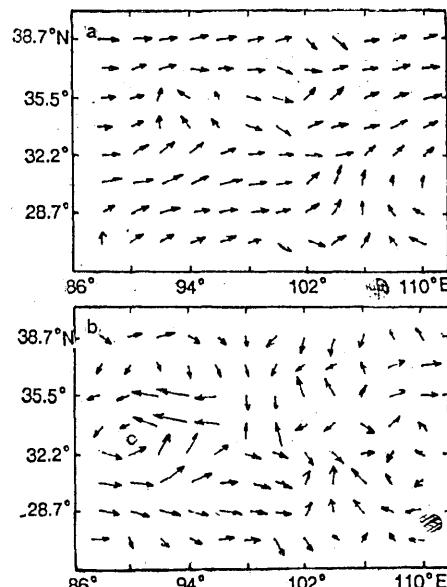


图2 1980年7月28日08时风场(a)和中尺度风场(b)

图中c表示中尺度涡旋中心位置(下同)

1981年8月14日08时至16日08时，有一次高原低涡东移过程。它是随着正涡度东传，14日08时在班戈附近形成一完整的气旋性环流，然后高原低涡沿切变线东移，14日20时中心移至杂多；15日08时中心移至甘孜东部，20时至马尔康并继续东移。但在历史天气图和气象台实时天气图上，15日08时中

心位于甘孜东部的高原低涡，都分析成一个低槽，在欧洲中期天气预报中心客观分析的环境资料场上，低涡相应位置上只有一弱的低槽（图3a），反映不出高原低涡环流的存在。只有在对环境场资料进行尺度分离之后，中心位于 $32^{\circ}\text{N}$ ,  $103^{\circ}\text{E}$ 的高原低涡的气旋性环流才相当清楚地显露出来（图3b）。由此可见，尺度分离有助于追踪高原低涡的发展移动，避免因尺度较小或其它干扰造成的分析不出其具体位置而引起的错觉。

1982年7月24日至27日，在青藏高原上

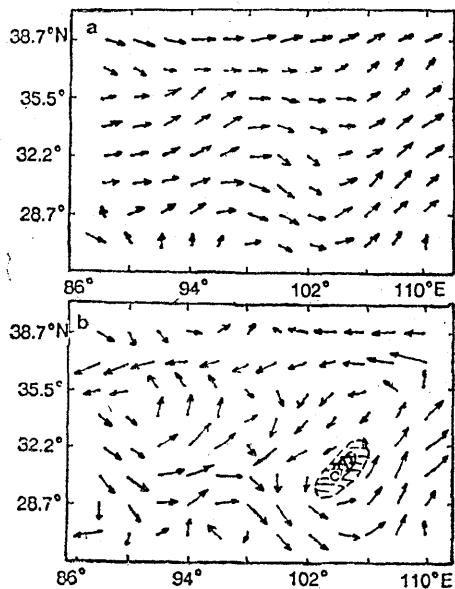


图3 1981年8月15日08时风场(a)和中尺度风场(b)  
阴影区为暴雨区

前后产生了两个高原低涡并分别发展东移。24日20时，在青藏高压后部，那曲和拉萨附近产生了第一个高原低涡并发展东移，26日08时，低涡中心移至德格，同时在班戈西部又新生了第2个高原低涡。在历史天气图上，都分析成一个中心在 $34^{\circ}\text{N}$ ,  $98^{\circ}\text{E}$ ，东西横跨13个经度的低压。在欧洲中期天气预报中心客观分析环境场上，只分析出一个横跨12个经度的低压带（图4a）。但是尺度分离以后，就可以清楚地看出，这个低压带实际上

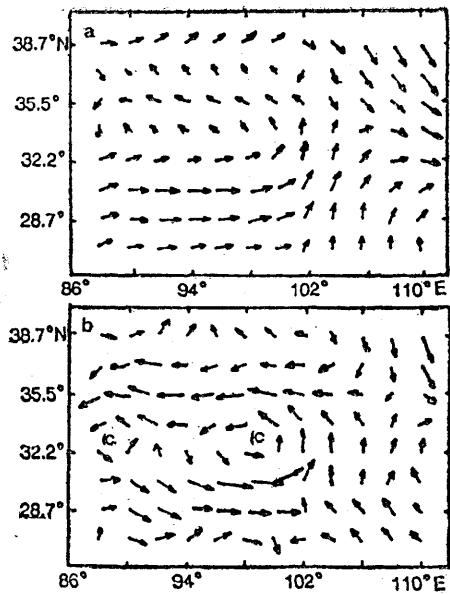


图4 1982年7月26日08时风场(a)和中尺度风场(b)

是由两个中尺度涡旋组成，第一个涡旋中心在 $32.5^{\circ}\text{N}$ ,  $98-100^{\circ}\text{E}$ ；第2个中心在 $32.5^{\circ}\text{N}$ ,  $88-90^{\circ}\text{E}$ （图4b）。这两个中尺度高原低涡在东移过程中分别发展加强，两个独立的气旋性环流愈加清楚，两个中心相距约10个经度（图5）。这样我们不仅又捕

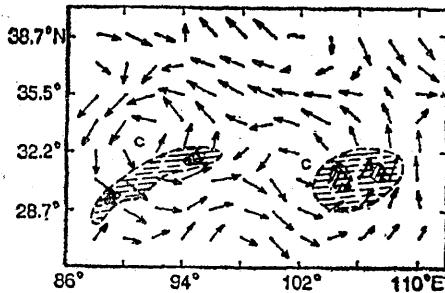


图5 1982年7月26日20时中尺度风场  
阴影区为大雨和暴雨区

捉到了一个高原低涡，而且可以帮助正确分析高原天气系统，揭露高原上中尺度系统的事实。

#### 四、中尺度高原低涡与降水分布的关系

高原低涡是青藏高原及下游地区降水的

主要系统之一。夏季在它生成的过程中，将高原上大量积雨云团聚集起来，形成有组织的螺旋状云带。由于西南季风的作用，螺旋云带主要从南面卷入低涡中心。季风槽是高原低涡形成发展的水汽源。低涡附近有一个高温区，尤其是东移发展的低涡中心附近有一个湿中心与之配合。低涡的降水主要集中在中心附近400km范围内，初生涡降水中心偏于涡的南侧，在低涡东移发展过程中，在低涡中心南部和东南部的气旋性环流里产生雨带，该雨带随低涡移动而东移。图5给出1982年7月26日20时的中尺度流场，图上的阴影区是26日08时至27日08时24小时降水区，在两个低涡中心的南部或东南部分别对应着大片雨区。中心在高原上的低涡南部对应有大于15mm的雨区，内有两个大于25mm的降水中心；中心移至四川西部( $32^{\circ}\text{N}$ ,  $102^{\circ}\text{E}$ )的低涡是诱发低层西南低涡发生发展<sup>\*</sup>，触发四川盆地大暴雨的重要系统，对应大于50mm的暴雨区，内有两个大于100mm的大暴雨中心。在它继续东移的过程中，还导致了四川盆地东部和湖北西部长江沿岸的一场大暴雨。

我们还计算了一些其它例子，都表明类似的涡旋降水分布。因此，了解中尺度涡旋的所在位置，可以为预报降水分布提供参考依据。

高原低涡在高原上东移发展，给高原地区带来阴雨天气，它东移出高原，在四川上空是触发低层低值系统发生发展的重要系统。上下耦合是四川盆地产生暴雨和大暴雨的重要机制。另外，它继续东移，还会影响到下游地区的降水。因此认识中尺度高原低涡发生、发展、东移规律十分重要。

## 五、小结

1. 尺度分离法是捕捉中尺度天气系统产生的一种有效工具，它能比用常规资料更好地发现中尺度天气系统产生的时间和位置。

2. 通过对青藏高原及其邻近地区环境场进行尺度分离，不仅捕捉到了初生的中尺度高原低涡，而且捕捉到了东移过程中的中尺度高原低涡，较好地揭示了中尺度高原低涡的发生发展连续演变过程。

3. 经过尺度分离得到的中尺度高原低涡与降水分布有密切的关系，降水区位于其中心南部和东南部的气旋性环流中。

## 参考文献

- [1] 丁一汇编著，天气动力学中的诊断分析方法，科学出版社，1990年。

\*刘富明、杜文杰，一次西南涡旋强暴雨过程的分析，四川气象，1986年，第2期。