

# 欧亚大陆大型斜脊斜槽的客观识别方法

完成人：布和朝鲁、谢作威 (xiezuowei@mail.iap.ac.cn)，大气物理研究所

欧亚大陆大型斜脊的客观监测和追踪方法使用逐日 500 hPa 高度场并由以下三个步骤实现：1) 对原始场进行空间滤波;2) 不同等值线类型的辨认；3) 槽脊点的辨认；4) 槽脊线的界定。

## (1) 对原始场进行空间滤波

对低频场进行 9 点空间平滑，使位势高度场及其等值线更趋平滑，从而更有利于行星尺度大型斜脊斜槽脊的识别和界定。

## (2) 等值线类型及其识别方法

在北半球范围内，求出逐日 500 hPa 高度场等值线的最小值 $Z500_{min}$ ，为了强调中高纬斜脊斜槽特征以及排除副热带高压系统，将 $Z500_{max}$  (5840 m) 线设为等值线的最大值。同时由于北极地区为极涡盛行，确定槽脊点之后，要剔除 80° 以北的槽脊线。

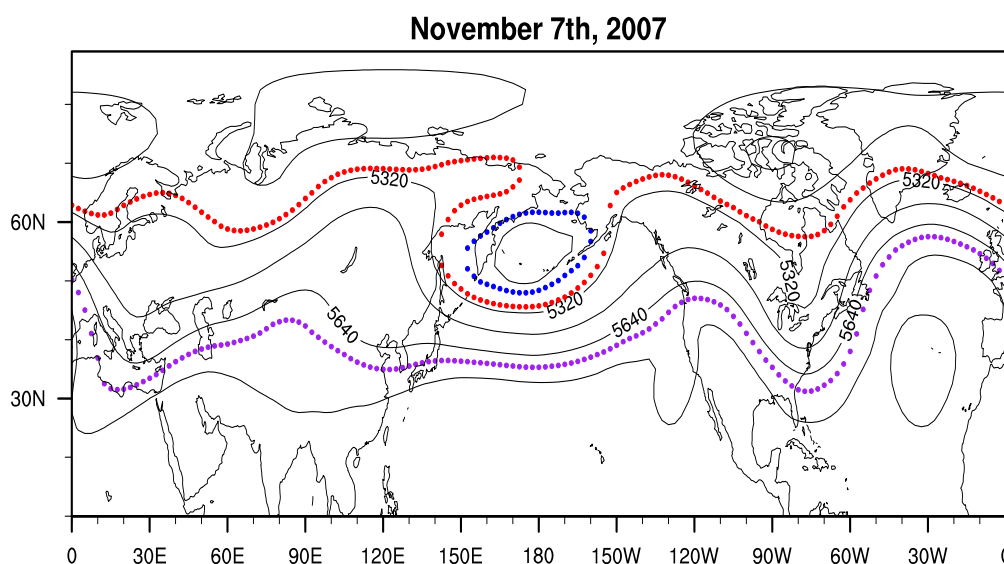


图 1 不同类型的等值线

对介于 $Z500_{min}$ 和 $Z500_{max}$ 之间的等值线按间隔 5 m 逐一抽取，得到等值线上逐点的经纬度值，并将同一条等值线上的各个格点由西往东 (0-357.5E) 按出现的先后顺序排列。并记录以 2.5° 经距均匀分布的格点，如图 1 所示。由此，

将某一等值线上任一点按其排列顺序可记录为 $\{[\lambda(i), \varphi(i), 1 \leq i \leq N]\}$ ，其中 $\lambda(i)$ 为经度， $\varphi(i)$ 为纬度， $i$ 为格点的次序， $N$ 为格点数。

在北半球中高纬地区，如图 1 所示，大多数等值线都围绕北极，但有些等值线在某一区域形成闭合等值线。由此可以将等值线分为绕极等值线和局地闭合等值线。绕极等值线可由波状部分和经向翻转(如阻塞高压)部分两者组成。

### (3) 槽脊点的界定

#### a. 绕极等值线的波状部分

槽脊线位于相邻两个节点之间，对于某一等值线上的第  $i$  点，可以计算出连接该点和下一个点(第  $i+1$  点)的线段斜率(slope)。在等值线的波状部分，当某一点的斜率达极大值(比其前后各两个点都大)时，将其可定义为槽后脊前的节点，如图 2 中的 A 点。而当某一点的斜率达极小值时，将其可定义为脊后槽前的节点，如图 2 中的 B 点。

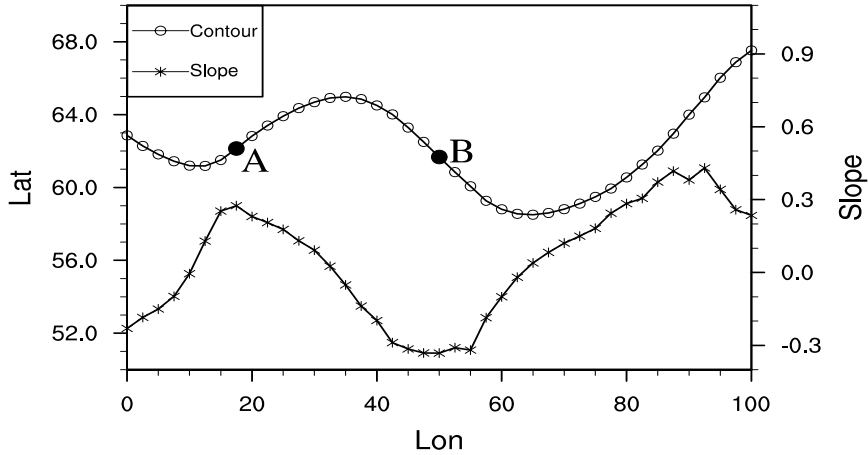


图 2 等值线及其节点的识别

节点确定之后可以界定槽脊点。与相邻且斜率符号相反的两个节点之间的第  $i$  点对应，可由相邻三个点  $P_{i-1}$ 、 $P_i$  和  $P_{i+1}$  共同组成一个三角形，如图 3 所示。由余弦定理可计算出  $P_i$  点所对应的等值线弯曲角 $\alpha$ 。其中， $a$ 、 $b$  和  $c$  分别为该三角形的三个边长，可由三角形三个顶点的经纬度值确定。我们将相邻且斜率符号相反的两个节点之间的弯曲角 $\alpha$ 最小的点定义为槽脊点。具体来说，由西往东， $s$  为极大值和  $s$  为极小值的两个相邻节点之间的弯曲角最小的点定义为脊点， $s$  为极小值和  $s$  为极大值的两个相邻节点之间的弯曲角最小的点定义为槽点。

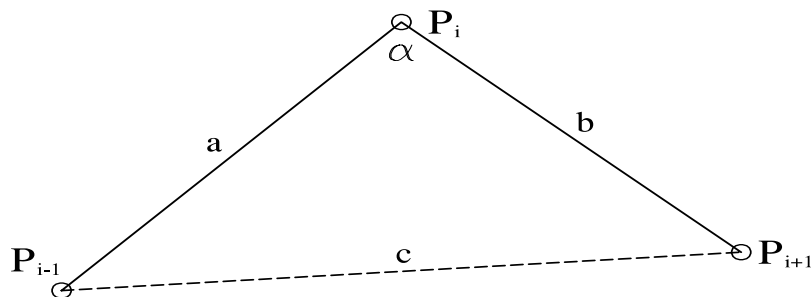


图 3 相邻三个点  $P_{i-1}$ 、 $P_i$  和  $P_{i+1}$  组成的三角形及弯曲角 $\alpha$

#### b. 绕极等值线的经向翻转部分

在等值线开始出现经向翻转的区段,  $\lambda(i+1) \leq \lambda(i) \leq \lambda(i-1)$ , 上述设节点的方法并不适用。若在某一点 A 存在等值线的反气旋式翻转(或折叠),  $S \rightarrow -\infty$ , 对应一个脊(见图 4a)。若在某一点 B, 斜率  $S \rightarrow +\infty$ , 此处等值线发生气旋式折叠, 对应一个槽(见图 4b)。

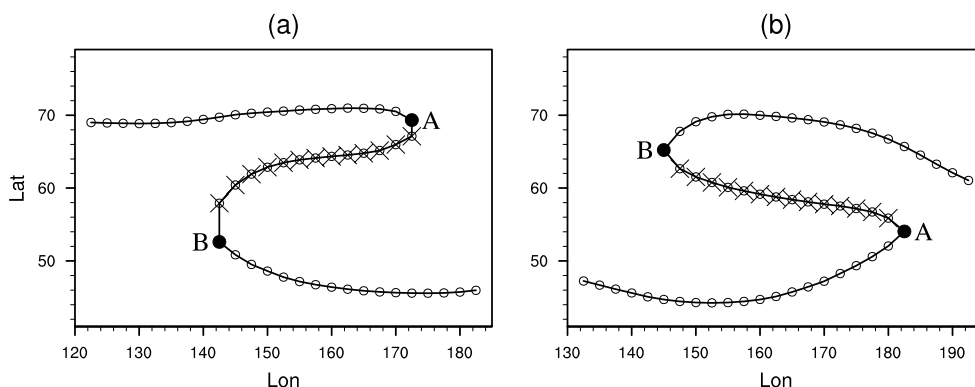


图 4 (a) 反气旋式翻转和 (b) 气旋式翻转的等值线及其槽脊点

#### c. 局地闭合等值线

在闭合等值线上界定槽脊点的方法, 首先将其分为左右两个半段, 分别在左右两个半段利用夹角最小值来界定其槽脊点。

综上所述, 本文基于弯曲角最小值法, 针对等值线的不同类型, 采取了不同的槽脊点界定方法。对于绕极等值线的波状部分, 根据等值线格点斜率的极值, 设定了节点, 并在相邻且斜率符号相反的两个节点之间界定槽脊点; 对绕极等值线的翻转部分, 不设节点, 而在翻转部分的始末点附近界定槽脊点; 对于闭合等值线, 首先将其分为左右两个半段, 分别在左右两个半段各界定其槽脊点。

#### (4) 大型槽脊线的识别和界定

下面以脊线为例，给出界定槽脊线的方法。第一步，由等值线 $Z_{500_{max}}$  (5840 m)上的某一脊点出发，以位势高度下降的等值线顺序，寻找下一个与之最近的脊点。令这两个脊点的距离为 $d$ ，当满足下列两个条件之一时，可视这两个脊点为同属一条脊线：1)  $d \leq L_{min}$ ；2)  $L_{min} < d \leq L_{max}$ 且两个脊点的等值线位势高度之差小于 50m。其中，取 $L_{min}$ 为 500km，近似于 2 个网格距（本文所用数据的网格为  $2.5 \times 2.5^\circ$ ），取 $L_{max}$ 为 800km，近似于 3-4 个网格距。以此类推，将逐一界定组成同一条脊线的所有脊点。上述方法同样适用于槽线的识别和界定。

由于我们主要目的是刻画大型斜脊斜槽，在识别过程的最后部分，将略去纬向尺度小于 30 个经距的小槽脊线。此外，为了突显大型斜脊斜槽的大尺度光滑特征，对大型槽脊线的每个槽脊点进行了 9 点平滑。

#### (5) 大型斜脊斜槽的客观识别方法的应用

本节基于一个典型大范围持续性极端低温事件个例，检验我们所建立的大型斜脊斜槽识别方法的性能。个例为 1954 年 12 月 26 日至 1955 年 1 月 17 日期间发生的全国性低温事件，共持续了 23 天。

由图 5 可见，此次东亚低温事件的关键环流系统为大型斜脊和斜槽，其纬向尺度较大，起源于乌拉尔山附近，并伸展到东北亚地区。我们的识别方法非常好地刻画了此次过程中大型槽脊线的逐日演变情况。

由图 6 可见，阻塞指数并不能完全刻画此次持续性低温事件，因为从 day 8 到 day 18 的很长一段事件并没有出现阻塞高压活动。这期间的大型冷空气活动主要由大型斜脊和斜槽来主导。从这一点上，可以说，就大范围持续性极端低温事件而言，大型斜脊斜槽活动比阻塞高压活动更具有代表和刻画意义。

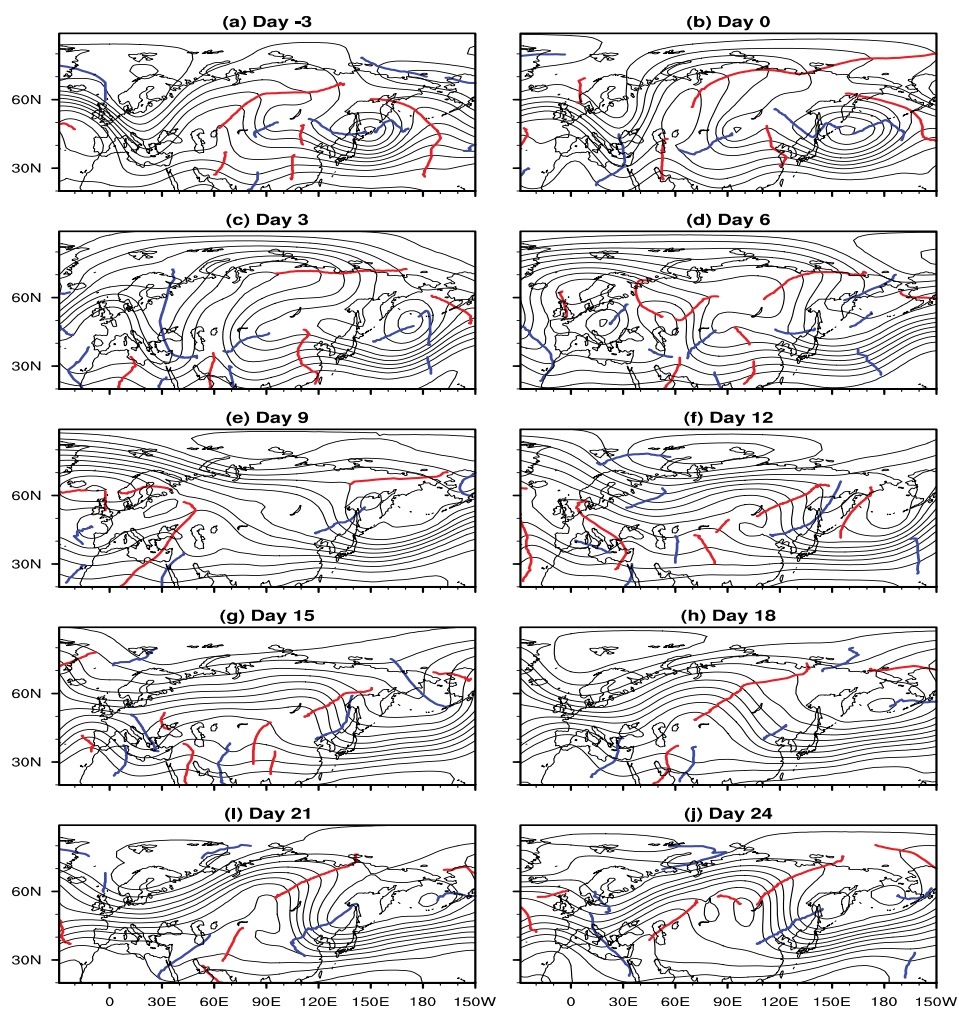


图5 1954 年 12 月 26 日至 1955 年 1 月 17 日期间发生的全国性低温事件  
的大型槽脊线及其识别

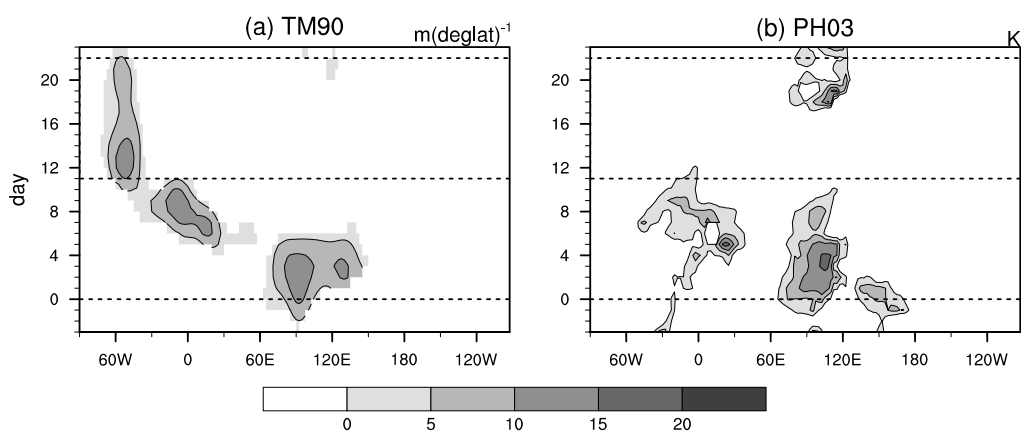


图6 1954 年 12 月 26 日至 1955 年 1 月 17 日期间的逐日阻塞指数, (a) TM90 指数,  
(b)PH03 指数

参考文献: Cholaw Bueh and Zuowei Xie, 2014, An Objective Technique for Detecting Large-Scale Tilted Ridges and Troughs over Mid and High Latitude Regions, Monthly Weather Review, under review.