

# 气象要素和天气转折的客观确定

陈国范 黄文杰 李瑞芸

(气象科学研究院天气气候研究所)

## 一、转折的定义

在天气预报中，我们常要使用到“转折”这个概念。例如，我们常要预报“转折性”天气，也常要用气象要素的“转折性”变化做预报因子。但是，怎样叫做“转折”，却一直还没有一个明确的定义，也没有一个客观、定量的描述方法。

为了解决这一问题，按照气象学概念和人们的习惯，我们把气象要素和天气的转折定义为：气象要素的时间序列曲线从一个水平跳到另一个水平（指比较突然的跳跃）。

例如，我们常说旱和涝之间为一“转折”。但它的“转折”是怎样表现的呢？请看图1，在A和B之间尽管也有一些波动，但总的说来，它们却是围绕着平均值为126的这条线波动的。而C和D之间却是围绕着平均值为64的线波动的（见图1中虚线）。因此可以说，A和B之间、C和D之间的波动不算“转折”，而B和C之间的波动才算“转折”。因为时间序列曲线在这里从一个水平（ $\bar{x}=126$ ）跳到另一个水平（ $\bar{x}=64$ ）。

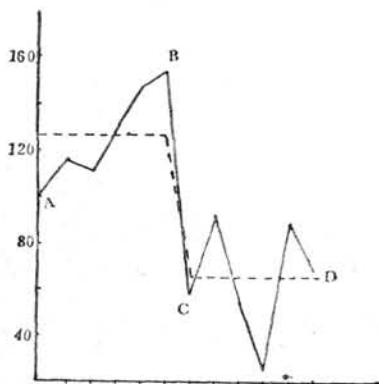


图1 1936—1947年全国旱涝指数曲线

为了使这一定义能够客观、定量并便于使用，就需要找出一个适当的模型来表达“转折”并计算出转折量来。下面就此作一介绍。

## 二、转折量的计算方法

由转折的定义可知，要描写它，需要两个参数：一是时间尺度（用以反映水平），另一个是变化速度（反映跳）。

设有 $2n+1$ 个点，组成一条某气象要素（或它们的组合）的时间序列曲线（见图2）。以 $\beta$ 为变化速度参数， $n$ 为时间尺度参数， $i$ 为各个点的标号，则利用反正切函数的特性可以写出：

$$f_i = \frac{\arctan(\beta \cdot i)}{\arctan(\beta \cdot n)} \quad (1)$$

式中的 $f_i$ 叫做转换函数，可用来表示转折。图2为 $n=10$ ， $\beta=2$ 时转换函数 $f_i$ 的图形。由图可见，用 $f_i$ 可以表达出“转折”的特点。

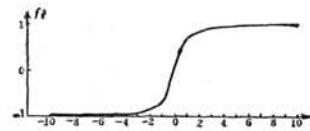


图2  $n=10$ ,  $\beta=2$ 时转换函数 $f_i$ 的图形

下面谈谈怎样表达转折量的大小。可以设想在由 $2n+1$ 个点组成的时间序列曲线代表一种“典型变化”，然后再用另一由同样多点的实际时间序列曲线去和它比较，就可以确定转折量的大小。

所谓“典型变化”，是指用转换函数 $f_i$ 乘上一个系数后的图形所表示的变化。用不同的 $f_i$ ，它可以表示不同的曲线的典型变化。这种变化是“实际变化”简化、抽象化后的典型。令

$$M_i = \alpha f_i \quad (2)$$

则 $M_i$ 为典型变化， $\alpha$ 为变化的振幅。

所谓“实际变化”，则可以用各个点对这 $2n+1$ 个点的平均值的偏差来表达，即

$$E_i = x_i - \bar{x} \quad (3)$$

上式中 $E_i$ 为实际变化， $x_i$ 是由 $-n$ 到 $n$ 各个点某气象要素的数值， $\bar{x}$ 为这 $2n+1$ 个点的数值之平均值。容易看出， $E_i - \alpha f_i$ 即实际变化与典型变化之差。

(2) 式中的系数 $\alpha$ 应当这样来确定：即要在均方的意义下使 $M$ （典型变化）对这 $2n+1$ 个点拟合得最好，即

$$h(\alpha) = \frac{1}{2n+1} \sum_{i=-n}^n (E_i - \alpha f_i)^2 \quad (4)$$

须达到最小。对(4)式求最小值须

$$\left. \frac{d h(\alpha)}{d \alpha} \right|_{\alpha=\alpha^*} = 0 \quad (5)$$

上式中 $\alpha^*$ 为 $h(\alpha)$ 为最小时 $\alpha$ 的数值。

由(4)式和(5)式可得出：

$$\sum_{i=-n}^n f_i (E_i - \alpha^* f_i) = 0 \quad (6)$$

由(6)式可以求出 $\alpha^*$ ，然后回代(4)式，求出相应的 $h(\alpha^*)$ 值。然后可以用下式表述转折量 $r$ 的定义

$$r = |\alpha^*| / \sqrt{h(\alpha^*)} \quad (7)$$

转折量依赖于时间尺度 $n$ 和变化速度 $\beta$ 。选取适当的 $\beta$ 值很重要。从图3可见，当 $\beta=0.01$ 时所表示的是渐变倾向， $\beta=0.5$ 时则为平缓的转变过程，而 $\beta=2$ 时则为急剧的转折。

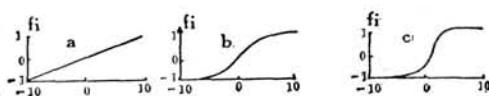


图 3  $n = 10$  时不同  $\beta$  值的转换函数图形  
a.  $\beta = 0.01$  b.  $\beta = 0.5$  c.  $\beta = 2$

### 三、气象要素转折分析

利用上节转折量计算，对时间序列中任一  $2n+1$  个点的区间都能计算出该区间上以  $i=0$  点为中心的转折量。这样，我们也可以把  $2n+1$  个点区间上的

转折量定义为该区间的第  $i=0$  点的转折量。对样本长度为  $K$  的时间序列，就可计算出  $K-2n$  个转折量，它们是  $r_i (j=n+1, n+2, \dots, K-n)$  这样时间序列的真正转折应是满足  $r_{i-1} < r_i > r_{i+1}$  的点子。

我们对嘉兴站某些气象要素如 1966—1967 年逐日平均气温、日最高气温、日最低气温、日平均相对湿度、日照和日降水量等分别作转折量计算。分析表明，对于逐日气象要素时间序列来说，由于变化频率高，时间尺度  $n$  不宜取得太大，取  $n=4$  要比取  $n=10$  反映转折更恰当些。而  $\beta$  取值，无论  $n=4, 7, 10$  皆以  $\beta > 1.0$  为宜。附表给出  $\beta=2$  时， $n=7, 4$  的转换函数值。

由于日降水量、日照等往往在  $2n+1$  个点的区间

附表

$\beta = 2$  时， $n = 7, 4$  的  $f_i$  值

$n \backslash i$	0	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 7$
7	0	$\pm 0.738$	$\pm 0.884$	$\pm 0.937$	$\pm 0.964$	$\pm 0.981$	$\pm 0.992$	$\pm 1$
4	0	$\pm 0.765$	$\pm 0.917$	$\pm 0.972$	$\pm 1$			

上各点有同样数值（特别容易出现的是全为零，这时因  $\sqrt{h(\alpha^*)} = 0$  而使转折量  $r_i \rightarrow \infty$ ）。这种困难，只能从物理过程显示转折量实际为零，而赋予 0 值。

图 4 为嘉兴站 1966 年 1 月 28 日至 3 月 3 日的日平均气温实况曲线和相应时段转折量计算曲线。它表明，取  $n=4$ ,  $\beta=2$  时算出的转折量能把该时段的 7 次气温转折都指示出来。

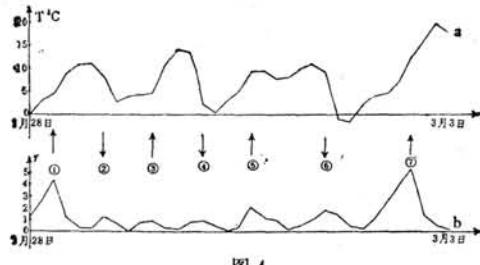


图 4

由分析转折量的数值看出，转折量的大小还指示着转折的类型。如图 4 的①和⑦转折点，其转折量很大，指示在以该点为中心的区间上有连续急剧变化。③和④转折点的转折量较小，它表示以该点为中心的区间端点附近不符合转换函数模式要求。②、⑤、⑥ 这 3 个转折点，比较符合转换函数模式，所以转折量的取值比较适中。

### 四、确定天气转折方法的探讨

按照气象学概念，天气转折应是由一定持续期的某类型天气转化为另一类型天气。例如持续干旱或久晴转为洪涝或连阴雨，寒潮爆发、阻塞形势的崩溃等等。

县气象站在利用单站气象要素变化判断天气系统方面有不少经验。在这里我们仅以前述嘉兴站的 6 个气象要素和  $45-65^\circ\text{N}, 65-155^\circ\text{E}$  地区 500 毫巴西风环流指数的转折量去探讨天气转折的确定方法。

图 5 中的 4 条曲线都是用 1966 年 4 月 11 日至 5 月 31 日这个时段的资料点绘的。其中 a 线为西风环流指

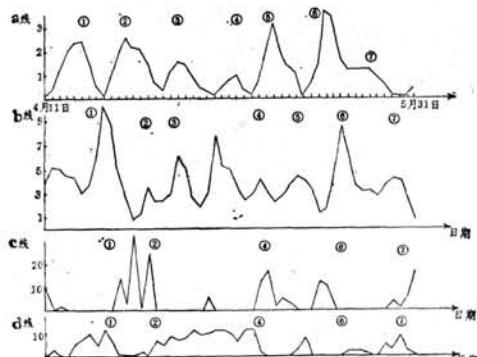


图 5

数转折量；b 线为嘉兴站日平均气温、日最高气温、日最低气温和日平均相对湿度四个转折量相加所表征的综合转折量；c 线为日降水量；d 线为日照时数。由分析该图看出，曲线 b 的综合转折量极值点基本上指示出日降水量和日照的水平突变。这从 b、c、d 三条曲线中所标的①、②、④、⑥、⑦ 转折点看得很清楚。它显示了上述综合转折量在表达多雨或少雨时段的天气转折方面是有效的，由此可以认为天气转折是可以借助于气象要素转折量的综合去表征的。至于各种类型的天气转折应该选取哪些要素综合才能取得较好效果，还有待更深入的工作去探讨。

另外从图 5 还可看出 a 线的转折约比 b 线转折早 3 天。这可能是因为西风环流指数所取纬度较高，而嘉兴站位置偏南 ( $30^\circ\text{N}$  附近)，天气系统的移动需要一定时间造成了这种滞后特性。在所取 51 天时间中，a 线的 7 次转折，对应了 b 线的 6 次转折，这说明上述气象要素综合转折量是与天气和环流背景关联的，是有深刻的天气学含义的。同时也说明对嘉兴地区来说，有可能利用  $45-65^\circ\text{N}, 65-155^\circ\text{E}$  地区 500 毫巴西风环流指数的转折去预报该地区的天气转折，最低限度说对该地的多雨时段或少雨时段的转折性预报有一定的价值。