

近 40 年那曲地区日照时数和风速变化特征

毛 飞^{1,2} 卢志光¹ 郑凌云² 张佳华²

(1. 中国农业大学, 北京 100094; 2. 中国气象科学研究院)

提 要: 利用那曲地区 6 个气象站 1961—2000 年逐日日照时数和风速资料, 采用常规统计方法和墨西哥帽小波变换分析那曲地区近 40 年日照时数和风速的地理分布以及年内、年际、年代际变化规律。主要结果是: 那曲大部分地区, 年总日照时数大于 2550 小时, 年平均风速大于 $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; 近 40 年那曲地区春季、夏季、秋季、冬季、生长季 (5—9 月) 和年 6 个时段的日照时数均呈减少趋势; 风速冬季呈减少趋势, 其它时段呈增加趋势; 6 个时段的 90 年代日照和风速都小于 80 年代; 2000—2005 年日照时数和风速继续减小的可能性比较大。

关键词: 日照时数 风速 变化特征

Variation Characteristics of Sunshine Duration and Wind Velocity in Naqu, Xizang for Recent 40 Years

Mao Fei^{1,2} Lu Zhiguang¹ Zheng Lingyun² Zhang Jiahua²

(1. Chinese Agricultural University, Beijing 100094; 2. Chinese Academy of Meteorological Sciences)

Abstract: Based on the conventional statistic methods and Mexican hat wavelet, the geographical distribution of sunshine duration and wind velocity and their annually, and inter-decadal changes in recent 40 years are analyzed using daily sunshine duration and wind velocity data of 6 stations in Naqu from 1961 to 2000. The main results are as follows: (1) In the most of places of Naqu, the annual sunshine duration are more than 2550 hours and average wind velocity are higher than $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. (2) The sunshine duration in spring, summer, autumn, winter, growing season (from May to September) and a year all decreased in recent

资助项目: 科技部社会公益项目“藏北生态环境及气象灾害遥感监测和预警研究 (2003DJB4J144)”资助

收稿日期: 2006 年 2 月 22 日; 修定稿日期: 2006 年 8 月 4 日

40 years. (3) The wind velocity in winter decreased and the wind velocity in other 5 periods all increased. (4) The sunshine duration and wind velocity in 1990's were smaller than that in 1980's for all 6 periods. (5) The sunshine duration and wind velocity from 2000 to 2005 could continue to decrease.

Key Words: sunshine duration wind velocity variation characteristic

引 言

青藏高原是地球上海拔最高和异常独特的地理单元,西藏是青藏高原的主体,是中国和南亚、东南亚地区主要江河的发源地和上游流经地区,素有“江河源”、“生态源”之称。其大地形作用对我国下游地区乃至全球气候和生态环境变化影响明显,被认为是东半球的气候启动器和全球的气候调节器。那曲地区位于青藏高原的腹地,西藏的北部,平均海拔高度在 4500m 以上,在青藏高原大地形以及当地小地形的共同影响下,那里的气候表现为气候类型众多,并且有不少鲜明的特点,其中,日照丰富、风速大是最显著得特点之一。由于那曲地区海拔高,成为世界上同纬度风速最大的地区,此外,大气透明度高,太阳辐射强,在夏季特定的云状况下,地面太阳总辐射会出现大于太阳常数的情况,这是青藏高原其它地区所不常见的,在平原地区更是罕见。那曲地区 86% 以上的地表类型为草地,根据当地资料分析,日照时数和风速与草地植被指数呈显著负相关,是影响那里生态环境和牧业生产的重要气候因子^[1],因此,研究它们的时空分布规律,尤其是近 40 年的变化趋势,既是一项基础性的工作,又对研究生态环境和指导农牧业生产具有重要的意义。

虽然那曲地区气象站少,但利用仅可能得到的气象资料对那曲地区气候进行分析,前人在这方面已经做了许多工作,取得了很多成果^[2,3]。气候变化是当前科学研究中的

热门话题,全球正在变暖已是公认的事实。张核真^[4]利用那曲站 1971—2000 年每年平均气温、年降水量和年蒸发量三个要素值,用线性拟合的方法分析其变化趋势,发现那曲县气候在朝着暖湿化变化。除此之外,关于那曲地区气候变化的文章还极少见到,尤其是有关近 40 年日照和风速变化趋势的研究,还未见有文献报道。

本文在前人工作的基础上,利用那曲地区 1961—2000 年 6 个气象站的资料(那曲地区约一半的土地为无人区,6 个气象站分布在人口相对稠密的东部地区),首先用常规的统计分析方法,分析日照时数和风速的地理分布规律、年变化、年际变化和年代际变化,在分析年际变化和年代际变化时,分别计算历年的春季、夏季、秋季、冬季、生长季(5—9 月)和年 6 个时段的平均值,并进行一一的分析。利用小波分析方法对各要素随时间的变化进行更仔细的分析,由于小波分析是将一维的时间序列函数在时间和频率两个方向上展开,因此,可以分析不同时间频率下一维函数变量随时间的变化,还可以定量地确定不同时间频率下函数变量发生转折的时间位置。本文采用的小波分析方法为墨西哥帽法。希望本文能对那曲地区气候及其变化的研究起到一点积极的推动作用。

1 资料处理和计算方法

本文选用 6 个站(嘉黎、索县、班戈、申扎、那曲和安多)的逐日日照时数和风速

资料, 来自中国气象局国家信息中心气象资料室、国家气象中心农业与生态室和西藏自治区气象局资料室。

逐旬、逐月、逐年的数据按照国家地面气象观测规范的要求, 通过编程 (Fortran) 计算得到。每旬中没有资料的天数大于等于 3 时, 就不计算旬值; 每月中没有资料的旬数大于等于 1 时, 就不计算月值; 每年中没有资料的月数大于等于 1 时, 就不计算年值。

春 (3—5 月)、夏 (6—8 月)、秋 (9—11 月)、冬 (12—下一年 2 月) 和生长季 (5—9 月) 的数据根据月值得到, 当上述各时段内没有资料的月数大于等于 1 时, 就不计算它们的值。安多站没有 1961—1965 年的资料, 为了各站资料序列的一致性, 本文用其它 5 个站的平均代表那曲地区平均。单站分析时, 安多的资料年代为 1966—2000 年, 其它站为 1961—2000 年。在下面各节的分析中, 本文约定, 如果分析的是单站的资料, 就在被分析的要素前加上具体的站名, 如果分析的是全区平均的资料, 就在被分析的要素前加上“全区”。

小波分析 (多分辨分析) 被公认为继傅里叶分析方法以来纯粹数学与应用数学完美结合的又一个新的里程碑。它不仅能反映信号在时频域上的总体特征还能提供局部化的信息, 既可给出信号变化的时间尺度, 也可以显示出信号变化的时间位置, 还具有对突变点的诊断能力。由于上述特点, 小波分析已在许多领域得到广泛的应用, 在气候变化分析和气候预测方面也有许多成功的例子^[5-9]。

本文约定 $f(t)$ 表示随时间变化的可测函数, $\Psi(t)$ 表示时间域的小波函数, $\Psi(\omega)$ 表示频率域的小波函数。如果 $\Psi(t)$ 和 $\Psi(\omega)$ 分别满足下述的条件:

$$\int_R \Psi(t) dt = 0 \quad (1)$$

$$\int_{R^*} \frac{|\Psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty \quad (2)$$

式中 R 定义为整个实数轴, R^* 定义为非零实数全体。则对任意的一对实数 (a, b) , 其中, 实数 a 必须为非零实数, 称下面的函数:

$$\Psi_{a,b}(t) = |a|^{-\frac{1}{2}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (3)$$

为由小波母函数 $\Psi(t)$ 生成的依赖于参数 a, b 的连续小波函数, 简称为小波。

对于任意随时间变化的可测函数 $f(t)$, 其小波变换的连续形式为:

$$W_f(a,b) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_R f(t) \bar{\Psi}\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (4)$$

小波变换的离散形式为:

$$W_f(a,b) = |a|^{-\frac{1}{2}} \Delta t \sum_{i=1}^n f(i\Delta t) \Psi\left(\frac{i\Delta t-b}{a}\right) \quad (5)$$

式中 Δt 为样本的时间间隔, n 为样本量。

本文取小波母函数 $\Psi(t)$ 为:

$$\Psi(t) = (1-t^2) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad -\infty < t < \infty \quad (6)$$

由于本文进行小波分析的气候因子的样本量比较小 (n 为 40), 因此, 采用将原始资料序列向前和向后各延长一个样本量的方法, 来减少样本两边的边缘效应, 变换后将延长部分除去, 保证原有的样本量。资料序列延长的方法是:

设原始资料序列为:

$$X(t) = \{X(1), X(2), \dots, X(n)\} \quad (7)$$

向前延长一个样本量

$$X(-t) = X(t+1) \quad (t = 0, 1, \dots, n-1) \quad (8)$$

向后延长一个样本量

$$X(t+n) = X(n+1-t)$$

$$(t = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

小波方差 $\text{Var}(a)$ 的计算公式为:

$$\text{Var}(a) = \sum_{i=1}^n W_f^2(a, b) \quad (10)$$

式中符号同上。

2 结果和分析

2.1 日照时数变化特征

那曲地区光照丰富, 大部分地区年平均日照时数大于 7 小时, 年总日照时数大于 2550 小时, 而同纬度的我国东部地区只有 1800 小时左右。日照时数的地理分布为从东南向西北逐渐增加。

那曲地区日照时数年内变化规律有两种类型(图 1): (1) 双峰型。最大值出现在 5 月, 形成年内第一个高峰, 最小值在 8 月, 次大值在 10—11 月, 形成年内第二个高峰。有着这种分布类型的地区夏季正值雨季, 最大值出现在雨季到来之前的 5 月, 之后由于云量的增多, 改变了日照时数本应继续增加的趋势, 8 月份以后, 雨量明显减少, 日照时数开始回升, 到 10—11 月出现年内第二个峰值, 之后顺应日照时数固有的年变化规律开始下降。那曲地区 6 个站中有 5 个属于这一类型。(2) 三峰型, 这一类型年内的第一个高峰和第三个高峰与双峰型的第一个高峰和第二个高峰相对应, 与双峰型不同的是, 由于 7 月的降水量小于 6 月, 因此, 6 月以后日照时数有所回升, 形成年内第二个高峰。夏季云量对日照时数的削减程度还不足以使其小于冬季, 因此年内的最小值出现在 2 月。这种类型只有索县一个站。那曲地区日照时数年变化规律主要受季节和降水的影响。

在分析日照时数年际变化时, 分为春季、夏季、秋季、冬季、生长季(5—9 月)

和年 6 个时段, 单位采用各时段内的总日照时数。全区一年四季中春季的日照时数最大, 其次是秋季, 接着是夏季, 冬季最小, 40 年平均值分别是 721.3 小时、695.2 小时、656.9 小时和 640.8 小时, 生长季和年日照时数的 40 年平均值分别是 1129.1 小时和 2708.3 小时(表 1)。

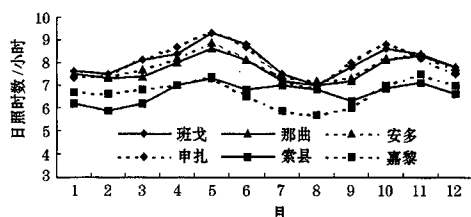


图 1 那曲地区各站多年平均日照时数月际变化

表 1 全区不同季节日照时数(小时)年代际变化

年代	春季	夏季	秋季	冬季	生长季	年平均
1961—1970	706.6	633.0	682.5	642.6	1104.7	2657.2
1971—1980	736.0	684.5	706.2	639.0	1159.7	2766.7
1981—1990	737.8	688.2	711.6	655.2	1168.9	2781.3
1991—2000	699.2	627.4	669.8	630.0	1080.2	2628.0
1961—2000	721.3	656.9	695.2	640.8	1129.1	2708.3

通过线性拟合, 1961—2000 年, 全区春季、夏季、秋季、冬季、生长季(5—9 月)和年 6 个时段的日照时数随时间变化均呈现减少趋势, 变化率分别为 -0.1 小时/年、 -0.3 小时/年、 -0.6 小时/年、 -0.1 小时/年、 -0.9 小时/年和 -1.0 小时/年。为了分析日照时数在不同年代的变化, 把 1961—2000 年分为 1961—1970 年、1971—1980 年、1981—1990 年和 1991—2000 年 4 个年代, 统计不同年代的平均日照时数(表 1)。由表可知, 那曲地区春、夏、秋、冬、生长季和年日照时数的最低值都出现在 90 年代, 分别为 699.2 小时、627.4 小时、669.8 小时、630.0 小时、1080.2 小时和 2628.0 小时, 最高值都出现在 80 年代, 分别为 737.8 小时、688.2 小时、711.6 小时、

655.2 小时、1168.9 小时和 2781.3 小时。最高和最低的差值分别为 38.6 小时、60.8 小时、41.8 小时、25.2 小时、88.7 小时和 153.3 小时。除了冬季外,其它时段 70 年代的日照时数都高于 60 年代,也就是说,1961—1990 年,日照时数的年代平均值呈增加趋势,但冬季,70 年代的日照时数略低于 60 年代。

以 1961—2000 年历年的那曲地区全区年平均日照时数距平为时间序列函数,并对其进行小波变换(图 2)。图 2 上半部分对应的是低频,下半部分对应的是高频,最大的正值和负值,都出现在低频区,表明较短时间尺度的波动频率高,但强度相对较弱,而较长时间尺度的波动频率虽然低,但强度大。在低频区 80 年代末 0 等值线的左右,分别是正等值线和负等值线密度最大的时段,表明 80 年代末期前后那曲地区年平均日照时数发生强烈的震动,即日照时数出现由多变少的明显转折。1971 年以前及其 1988 年以后小波系数以负值为主,是两个日照时数相对较低的时期,其中后者的负值绝对值要大于前者,即后者日照时数偏低的程度大于前者。1971—1988 年,除了少数年份是负值外,其余都为正值,是日照时数相对较高的时期。其中 70 年代的等值线比较稀疏,后期还出现了负值,日照时数增加的幅度相对较小,后期还出现回落现象。80

年代等值线比较密,从高频到低频均为正值,日照时数增加明显,但在 1985 年的低频(3 年)处,小波系数为负值,表明在 1985 年日照时数发生了向偏低的震动。

2.2 风速变化特征

那曲地区由于整体海拔高,又受到高空强劲西风动量下传的影响,风速大成为那里的气候特点之一。在区域内,受地形的影响,在东部的高山峡谷区风速相对比较小,由东向西向北,随着地势的不断开阔、平坦,以及海拔的增高,风速也逐渐增大。在索县以及巴青、比如东部,年平均风速小于 $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,在安多、班戈、申扎的西部以及其西北的广大地区,年平均风速大于 $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,其余地区年平均风速在 $3 \sim 4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间。

根据月风速最大和最小值出现的时间可把那曲地区风速的年内变化分为两种类型(图 3): (1) 春大秋小型。月平均最大风速出现在每年春季的 3 月,风速在 $2.7 \sim 5.9\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,之后风速迅速减少,到 8—9 月份达到最小值,风速在 $1.5 \sim 3.1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,紧接着风速缓慢上升,形成年内一峰一谷的变化形态,最大月与最小月的差值为 $1.2 \sim 2.8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。那曲地区的大部分站属于这一类型,如安多、班戈、申扎、那曲、索县。(2) 夏大秋小型。全年中月平均最大风速出现在夏季的 6 月,为 $2.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,最

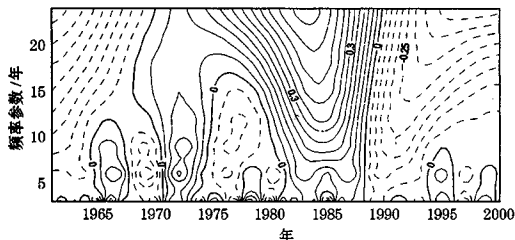


图2 全区年日照时数距平小波变换平面图(间隔 0.05)

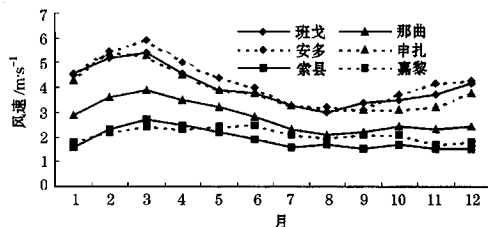


图3 那曲地区各站多年平均风速月际变化

小值在 11 月, 为 $1.7\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 年内各月平均风速变化比较小, 最大月与最小月的差值为 $0.8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。那曲地区仅有嘉黎一个站属于这一类型。

全区一年四季中春季的风速最大, 其次是冬季, 紧接着是夏季, 秋季的风速最小, 40 年平均值分别是 $3.52\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $3.18\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.62\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $2.52\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 生长季和年风速的 40 年平均值分别是 $2.68\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $2.96\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。通过线性拟合, 1961—2000 年全区冬季的风速随时间变化的总趋势是减小的, 减小率为 $-0.0003\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/\text{年}$, 春季、夏季、秋季、生长季和年的风速呈增加趋势, 增加率分别为 $0.0068\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/\text{年}$ 、 $0.0016\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/\text{年}$ 、 $0.0001\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/\text{年}$ 、 $0.0016\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/\text{年}$ 和 $0.0036\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/\text{年}$ 。上述是研究时段内风速随时间变化的总趋势。为了分析风速在不同年代的变化, 把 1961—2000 年细分为 1961—1970 年、1971—1980 年、1981—1990 年和 1991—2000 年 4 个年代, 统计不同年代的平均风速 (表 2)。由表可知, 全区春季、夏季、秋季、冬季、生长季和年 6 个时段风速的年代际变化趋势基本一致, 最低值都出现在 60 年代, 分别为 $2.49\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.66\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.30\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $2.48\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 最高值都出现在 70 年代, 分别为 $3.92\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $3.02\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.90\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $3.80\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $3.06\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $3.44\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。70 年代以后, 6 个时段的年代平均值均呈现出减小趋势, 即 90 年代的风速小于 80 年代, 80 年代的风速又小于 70 年代。

对全区年平均风速距平数据集进行小波变换 (图 4), 发现在时间频率为 21 年附近, 那曲地区全区年平均风速在 1961—2000 年 40 年间主要出现了三个大小交替的时期, 两个大小交替突变点的具体时间位置

表 2 全区不同季节平均风速 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
年代际变化

年代	春季	夏季	秋季	冬季	生长季	年平均
1961—1970	2.94	2.20	2.14	2.66	2.30	2.48
1971—1980	3.92	3.02	2.90	3.80	3.06	3.44
1981—1990	3.88	2.88	2.72	3.54	2.96	3.26
1991—2000	3.28	2.34	2.24	2.64	2.40	2.66
1961—2000	3.52	2.62	2.52	3.18	2.68	2.96

分别在 1969 年附近和 1990 年附近, 与此相对应的是 1969 年以前的年平均风速偏小期, 1969—1990 年的偏大期和 1990 年以后偏小期。在中频区时间频率为 12 年的附近, 主要出现了五个年平均风速大小交替的时期, 四个大小交替突变点的具体时间位置分别在 1969 年附近、1977 年附近、1983 年附近和 1990 年附近, 与此相对应的是 1969 年以前、1977—1983 年和 1990 年以后的年平均风速偏小期以及 1969—1977 年和 1983—1990 年的偏大期。在高频区, 那曲地区年平均风速的变化以 3 年周期的振动较为强烈, 与此相对应的突变点也比较多。从图中还可以看出, 1969 年附近的小波系数零等值线前后, 负等值线和正等值线比较密集, 表明在 1969 年附近年平均风速发生了强烈的震动, 即风速出现由小变大的明显转折。

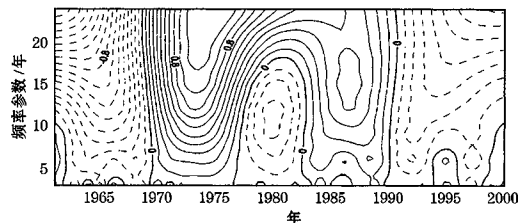


图 4 全区年平均风速距平小波变换平面图 (间隔 0.1)

3 小结与讨论

(1) 那曲地区日照时数从东南向西北逐

渐增加, 大部分地区年总日照时数大于2550小时。日照时数年变化以双峰型为主, 峰值出现在5月和10、11月。全区一年四季中春季的日照时数最大, 其次是秋季, 紧接着是夏季, 冬季的日照时数最少。全区春、夏、秋、冬、生长季和年的日照时数近40年均呈减少趋势, 变化率分别为-0.1小时/年、-0.3小时/年、-0.6小时/年、-0.1小时/年、-0.9小时/年和-1.0小时/年。从不同时间频率看, 1970年以前和1988年以后主要是日照时数偏少期, 1970—1988年主要是偏多期。80年代末日照时数出现由多变少的明显转折。

(2) 那曲地区风速由东向西向北逐渐增大, 大部分地区的年平均风速大于 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。风速年变化以春大秋小型为主, 最大值在3月, 最小值在8、9月。全区一年四季中春季的风速最大, 其次是冬季, 紧接着是夏季, 秋季的风速最小。全区春、夏、秋、冬、生长季和年平均风速近40年的变化比较多样化, 冬季呈减小趋势, 其它季节呈增大趋势。根据小波分析, 在12年时间频率附近, 主要出现了五个年平均风速大小交替的时期, 其中1969年以前、1977—1983年和1990年以后为偏小期, 1969—1977年和1983—1990年为偏大期。在1969年附近年平均风速出现由小变大的明显转折。6个时段的90年代日照时数和风速都

小于80年代。

(3) 本文给出的结论是根据6个气象站资料得到的, 这6个气象站分布在人口相对稠密的东部地区, 对广大的无气象站地区, 尤其是约占那曲地区一半面积的无人区, 近40年的气候变化是否也有这样的规律, 还需进一步的研究和分析。此外, 由于资料长度有限, 分析结果有待进一步证实。

参考文献

- 1 毛飞. 基于遥感和气候信息的藏北草地荒漠化评价研究 [D]. 博士学位论文, 北京: 中国农业大学, 2006: 46-57.
- 2 刘雪松, 马玉才, 拉巴等. 那曲地区牧业气候区划 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- 3 陈乾. 西藏那曲地区畜牧气候 [M]. 西藏那曲地区草地畜牧业资源. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991: 115-140.
- 4 张核真. 气候变化对那曲地区自然生态的影响分析 [J]. 西藏气象, 2004 (1): 20-21.
- 5 魏凤英. 华北干旱不同时间尺度的变化特征 [M]. 华北农业干旱研究进展. 北京: 气象出版社, 1997: 1-10.
- 6 段安民. 拉萨气温和降水变化特征的小波分析 [J]. 高原气象, 1999 (4): 40-44.
- 7 谢庄, 曹鸿兴, 李慧等. 近百余年北京气候变化的小波分析 [J]. 气象学报, 2000, 58 (3): 362-369.
- 8 沈锦花, 胡波. 浙江省近534年旱涝发生规律及突变分析 [J]. 气象, 2005, 31 (10): 76-78.
- 9 袁玉江, 魏文寿, 何清. 天山山区近40年冬季温度变化特征 [J]. 气象, 2005, 31 (5): 12-16.