

1961—2013 年新疆博斯腾湖流域 风速和日照时数变化特征

武胜利^{1,2}, 刘强吉^{1,2,3}, 潘蕾^{1,2}, 夏诗书^{1,2}, 夏黎^{1,2}, 虞游毅^{1,2}

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 新疆师范大学, 新疆 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆师范大学 继续教育学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要: [目的] 研究新疆博斯腾湖流域风速和日照时数的变化, 为该流域工农业生产、生态环境建设等提供科学的气候变化背景。[方法] 采用常规统计方法、M-K 突变检验以及小波分析等方法, 对 1961—2013 年新疆博斯腾湖流域 4 个气象站逐日平均风速和日照时数资料进行分析。[结果] 近 53 a 来博斯腾湖流域平均风速呈明显的减小趋势, 平均每 10 a 减小 0.092 m/s; 空间分布上除冬季外, 均表现为湖周边平原、盆地地区变化幅度大, 北部、西北部山区变化幅度小, 冬季恰好相反。该区年均日照时数也呈明显的减少趋势, 平均每 10 a 减少 59.11 h, 1985/1986 年发生突变; 流域北部地区变化幅度较大, 南部地区变化幅度较小。[结论] 该区域风速和日照时数之间相关性较好。

关键词: 博斯腾湖流域; 风速; 日照时数; 小波分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)03-0188-07

中图分类号: P412.16, P412.14

文献参数: 武胜利, 刘强吉, 潘蕾, 等. 1961—2013 年新疆博斯腾湖流域风速和日照时数变化特征[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 188-194. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.031; Wu Shengli, Liu Qiangji, Pan Lei, et al. Change characteristics of wind speed and sunshine duration in Bosten Lake basin of Xinjiang Uygur Autonomous Region during 1961—2013[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(3): 188-194. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.031

Change Characteristics of Wind Speed and Sunshine Duration in Bosten Lake Basin of Xinjiang Uygur Autonomous Region During 1961—2013

WU Shengli^{1,2}, LIU Qiangji^{1,2,3}, PAN Lei^{1,2},
XIA Shishu^{1,2}, XIA Li^{1,2}, YU Youyi^{1,2}

(1. College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region 830054, China; 2. Key Laboratory of Lake Environment and Resources in Xinjiang, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region 830054, China; 3. Continuing Education Institute, Xinjiang Normal University, Urumqi, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region 830054, China)

Abstract: [Objective] The change characteristics of wind speed and sunshine duration in Bosten Lake Basin of Xinjiang Uygur Autonomous Region were illustrated to provide scientific evidences for the industrial and agricultural production, ecological environment construction of this river basin. [Methods] Using conventional statistics, Mann-Kendall mutation analysis and wavelet analysis methods, we analyzed the average diurnal variations of wind speed and sunshine duration of the Bosten Lake Basin, based on 4 weather stations data recorded from 1961 to 2013. [Results] In the past 53 years, the average wind speed obviously decreased in Bosten Lake Basin, with an average decrease rate approximately 0.092 [(m·s)/10 a]. In spring, summer and autumn, the variation amplitudes of the plain surrounding the lake and the basin area were greater than

收稿日期: 2016-09-15

修回日期: 2016-10-05

资助项目: 国家自然科学基金 NSFC-新疆联合基金重点项目“新疆博斯腾湖环境演变及对气候变化的响应”(U1138302); 国家自然科学基金项目“艾比湖流域抛物线沙丘形成与演变研究”(41161004); 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室资助项目(XJDX0909-2012-03, XJDX0909-2014-04)

第一作者: 武胜利(1977—), 男(汉族), 河南省西平县人, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事干旱地区环境演变与气候方面研究。E-mail: wushengli77@126.com.

通讯作者: 刘强吉(1988—), 男(汉族), 陕西省西乡县, 人, 硕士, 主要从事干旱地区环境演变与气候方面研究。E-mail: liuqiangji19880602@126.com.

that of the north part and the northwest mountain area. However, in winter, the spatial variation was opposite. The average diurnal variation of sunshine duration also showed distinct decrease, with a rate of approximate 59.11 h/10 a. The decrease trend got the peak in the years of 1985 to 1986. The spatial change in the north subarea was big, and small in the south part. [Conclusion] Wind speed and sunshine duration correlated in the study area well.

Keywords: Bosten Lake Basin; wind speed; sunshine duration; wavelet analysis

风速是表征气候变化以及气候形成的重要气象要素,也是影响蒸发的主要因素之一^[1]。近 100 a 来全球平均地面气温上升 0.74 °C^[2-4],而随着气温的变暖,风速也随之发生变化^[5]。大风造成的灾害主要是由风的压力引起的,大风会产生沙尘暴灾害,造成土壤风蚀、沙化,破坏生态环境,危害农业生产^[6-9]。气候变化会引起大气物理化学成分的改变,进而影响到太阳辐射状况的变化,日照时数是太阳辐射的最直接反映^[10]。日照时数的变化直接影响着工农业生产,与人类日常活动息息相关,研究日照时数的分布规律,对农业生产布局、城市建设规划、旅游资源开发、太阳能电站设计等具有重要的现实意义。

近年来,针对风速和日照时数的研究越来越多^[11-18]。Pirazzoli 等^[11]认为意大利近地层风速在 1951—1970 年呈现减小趋势,之后呈现增加趋势。Smits 认为 1962—2002 年荷兰中等风暴频率减少^[12]。Cristina 等^[15]通过近地层数据(10 m)和探空数据推测了 80 m 高度的风速空间分布特征,结果发现,高纬度和沿海地区风速大,中低纬度、内陆地区风速小。国内学者对平均风速和日照时数也展开大量研究^[8,10,13-18]。这些研究增进了对中国器测时期气候变化规律的认识,为深入理解气候变化的原因和影响奠定了基础。

虽然目前的研究重点已转向分辨人类活动和自然变化对风速变化的贡献,但更加细致地揭示区域风速和日照的变异特征,特别是各地风速和日照的突变信息对于揭示变化趋势仍有意义。同时分析发现,中国大部分地区日照时数和风速以不同的速率均呈现明显的下降趋势,而且大部分的研究区位于湿润、半湿润、半干旱地区,以及青藏高原地区,对于干旱区的研究相对较少,尤其是中纬度西风带控制下的干旱湖泊地区研究甚少。国内学者对于博斯腾湖流域气候变化的研究主要是围绕温度、降水、蒸散量几个方面展开,得到很多有价值的结论。

从农业生产角度来看,气候资源中的日照和风速都是影响作物光合作用的主要因子,也是研究区域参考作物蒸发量 ET_0 必备的主要气象因子。博斯腾湖处于焉耆盆地,农业生产在该地区经济发展中占有重要地位。研究本地区日照和风速的变化特点与趋势特征,从而为深入研究该地区气候变化对农业生产的

影响,对于合理调整农业结构,指导农业生产有十分重要的意义,对研究其它地区气象因子变化特征也会起到一定的借鉴作用。本文拟以新疆博斯腾湖流域(以下简称为“博湖流域”)为研究区,通过流域 4 个气象站 1961—2013 年的风速和日照时数整编数据资料,运用线性回归、5 a 滑动平均等趋势方法分析数据,运用 Mann-Kendall(简称 M-K)突变方法对流域风速和日照时数进行突变检验,运用 Morlet 小波分析法探讨其周期变化,进而为该流域工农业生产、生态环境建设等提供科学的气候变化背景。

1 研究区概况

博湖流域位于塔克拉玛干沙漠北缘,天山南麓焉耆盆地东南部,位于 41°56′—42°14′N,86°26′—87°40′E,是新疆最大的湖泊、中国最大的内陆淡水湖泊,流域面积 $2.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。行政上属于博湖县、尉犁县、和硕县、焉耆县、和静县及库尔勒市。深居内陆,属于暖温带大陆性干旱气候,春季气候多变,干旱少雨,夏季干燥炎热,秋季降温迅速,冬季寒冷,蒸发量大,1 月平均气温 -12.7 °C,7 月平均气温 22.8 °C,降水主要集中在 5—9 月,年均降水约为 148.65 mm。

2 数据来源与研究方法

依据资料的连续性及其最长时段性等标准,共选取符合条件的气象站 4 个(巴伦台、巴音布鲁克、焉耆、库尔勒)。地面气象站的风速、日照时数资料均来自国家气象地面基准站。为了保证所选气象站数据资料长度的均一和稳定,气象资料时间跨度一致取为 1961 年 1 月 1 日—2014 年 2 月 28 日(2013 年冬季止)。分别计算风速和日照时数 4 个站点各年份的年均风速和日照时数均值和距平值,按春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)、秋季(9—11 月)、冬季(12 月—翌年 2 月)对风速及日照时数资料进行处理。对研究区风速和日照时数资料进行汇总,采用一元线性趋势法和累计距平法对气温和降水资料进行变化趋势分析;研究显著性水平取 0.05,如果统计量小于显著性水平,则认为趋势是显著的。采用 M-K 检验方法对风速和日照时数资料进行突变检验,判定突变年份和突变趋势。采用 Morlet 小波分析法对风速和日照时数进行周期分析。

2.1 一元线性趋势分析

一元线性回归:利用直线回归的方法对原时间序列拟合线性方程,消除其它成分变动,揭示出数列长期直线趋势^[6],公式为:

$$Y = a + bt \quad (1)$$

式中: a ——表示截距; b ——表示自变量系数; t ——表示自变量;线性方程中的斜率 b 的 10 倍定义为气候倾向率,表征时间序列的变化趋势。气候倾向率的大小表征变化的速度,正负值表示变化方向。

2.2 累计距平法

累积距平法:对于序列 x 其在某一时刻 t 的累计距平表示为:

$$\hat{x} = \sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x}) \quad (t=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

其中 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$,将各个时刻的累计距平值全部算出,即可绘出累积距平曲线进行分析,累积距平曲线呈上升趋势,表示增加,反之减小^[19]。

2.3 Mann-Kendall 突变检验法

在正序列曲线超过临界值置信度的前提下,若正序列(UF 曲线)与逆序列(UB 曲线)在置信区间内有交叉点,则表明交叉点为突变点,且统计上显著^[20]。

2.4 小波分析

小波分析方法可以通过伸缩和平移等运算功能,对函数或信号序列进行多尺度细化分析,研究不同尺度(周期)随时间的演变情况。公式为:

$$W(a, b) = \sqrt{a} F^{-1} \{ X(f) \psi(af) \} \quad (3)$$

式中: $X(f)$ ——信号 $x(t)$ 的傅里叶变换; $\psi(f)$ ——

基本小波 $\psi(t)$ 的傅里叶变换; F^{-1} ——傅里叶逆变换; a ——尺度因子; b ——位移因子。小波系数实部反映了给定时间和尺度信号下,相对于干扰其他时间和尺度信号的强弱和位相两方面的信息。

3 结果与分析

3.1 风速变化特征分析

由图 1 可以看出,博湖流域年、季平均风速均呈明显下降趋势,年均风速变化倾斜率为 -0.092 [(m·s)/10 a],通过了 99.5% 的显著性检验,表现出统计意义上的显著性,同时,这与西北大环境下风速变化趋势相一致,并略高于西北地区风速变化倾斜率 -0.09 [(m·s)/10 a]^[21]。1961—1977 年风速偏高,之后均偏低,且 90 年代风速最低。

四季风速倾斜率分别为 -0.149 , -0.130 , -0.072 和 -0.017 [(m·s)/10 a],均通过了 99.5% 的显著性检验,春、夏季风速下降速率最大,秋季次之,冬季最小。春季风速 60 年代波动上升,1969 年达到最大(3.45 m/s),1970—1996 年持续下降,1997—2003 年短暂上升,之后再次下降。夏季风速 60 年代先下降后上升,1969 年达到最大(3.09 m/s),70—90 年代持续下降,1999 年为最小(1.90 m/s),2000 年以来呈波动上升。秋季风速 60 年代先下降后上升,70—90 年代中期持续下降,之后以上升为主,近两年略有下降。冬季风速在 1961—1976 年以及 2002—2011 年均偏高,其余年份均偏低,变化趋势与秋季大致一致。

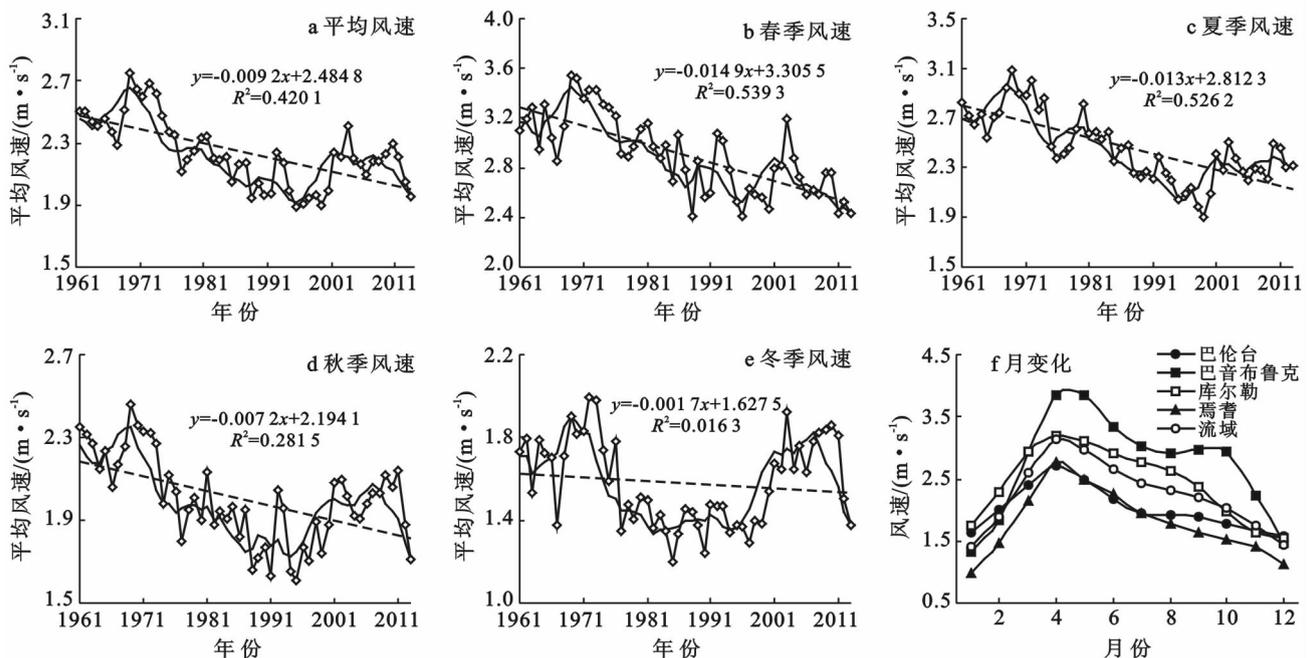


图 1 1961—2013 年博湖流域风速年、季变化趋势以及各站点月变化

总体上看,博湖流域月平均风速变化为单峰型。1961—2013年,流域3—6月平均风速为2.84 m/s,其中4月最大,为3.13 m/s,形成峰值,这与该流域春季多风沙天气有密切关系。最低值出现在每年的1月,为1.41 m/s。从各站点看,除巴音布鲁克以外,其余各站均为单峰型,最大值均出现在4月,巴伦台和库尔勒最小值为12月,焉耆为1月;巴音布鲁克呈双峰型,第一峰值出现在4—6月,均值为3.67 m/s,其中以5月最高(3.84 m/s),第二峰值出现在9月,为2.96 m/s,最小值出现在1月。

空间分析发现(表1),博湖流域年均风速以库尔勒变化幅度最大,焉耆次之,巴音布鲁克和巴伦台均较小,即博湖周边盆地、平原地区风速降低幅度大,北部和西北部山区风速降低幅度小。春夏秋3季风速变化幅度与年变化一致,即北部和西北部山区变化幅度小,湖周边平原、盆地变化幅度较大;冬季风速变化幅度恰好相反,以西部和北部山区变化幅度较大,而湖周边地区变化幅度较小,同时,分析发现,除了巴音布鲁克以外,区域各站年、季风速均呈减小趋势(巴伦台冬季除外),而巴音布鲁克风速呈增加趋势。

表1 1961—2013年博斯腾湖流域各气象站点风速年、季均值及趋势系数

| 站点 | 年均值 | 均值 | | | | 系数 | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 | 年趋势 | 春季趋势 | 夏季趋势 | 秋季趋势 | 冬季趋势 |
| 巴伦台 | 2.01 | 2.53 | 2.01 | 1.78 | 1.74 | -0.076 | -0.143 | -0.156 | -0.054 | 0.050 |
| 巴音布鲁克 | 2.72 | 3.54 | 3.10 | 2.71 | 1.54 | 0.082 | 0.082 | 0.084 | 0.084 | 0.077 |
| 焉耆 | 1.79 | 2.46 | 1.98 | 1.52 | 1.18 | -0.133 | -0.193 | -0.166 | -0.114 | -0.060 |
| 库尔勒 | 2.43 | 3.08 | 2.76 | 1.99 | 1.86 | -0.241 | -0.340 | -0.280 | -0.205 | -0.137 |

采用 Mann-Kendall 法对博湖流域各站年、季风速进行突变检验,给定显著性水平 $\alpha=0.05$,即临界值为 ± 1.96 。结果显示(图2),流域内各站突变年限相差较大,巴伦台和巴音布鲁克分别为1996和1988年,库尔勒和焉耆分别为1977和1973/1974年,由南向北逐渐靠后。

流域年均风速突变发生在1977年,这相对于新疆整体风速突变年限(1983年)^[21]黑河流域(1985年)^[18]而言较早,略迟于柴达木盆地(1973,1974年)^[10]。春季和夏季较晚,分别发生在1984和1982年;秋季较早,发生在1974年;冬季突变情况不明显。

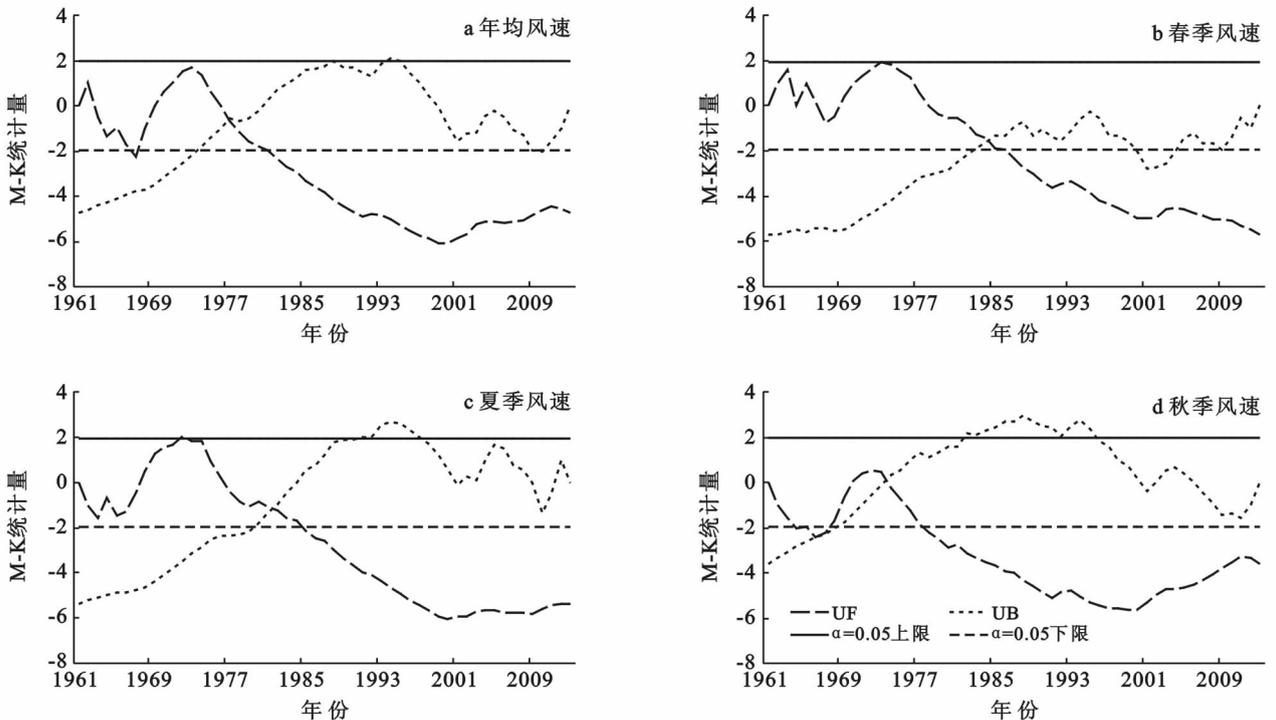


图2 1961—2013年博斯腾湖流域风速年、季 M-K 突变检验

3.2 日照时数变化特征分析

近53 a来,博湖流域年均日照时数由于受到四

季日照时数的影响,以59.11 h/10 a的速率呈明显的下降趋势,通过了99.9%的显著性检验,同时,此值

远大于全国(36.9 h/10 a)^[18]和西北地区(13.6 h/10 a)^[21]年日照时数的下降速率(图3)。60—90年代日照时数持续下降,均值分别为2 905.0, 2 874.4, 2 851.3和2 671.8 h,90年代下降迅速,21世纪以来略高于90年代,为2 674.5 h。1961—1985年日照时数偏高,之后偏低(1990, 1997, 2007和2012年除外)。四季日照时数均呈明显下降趋势,下降速率分别为:10.3, 21.13, 12.17和15.56 h/10 a,均通过了99.9%的显著性检验,同时,这些值均高于全国各季日照时数变化倾斜率^[18]。春季日照时数60,70年代缓慢上升,80,90年代下降明显,2000年以来上升明

显。夏季日照时数60年代初短暂上升后缓慢下降,70年代中期缓慢上升,80年代中期至90年代后期持续下降,2000年以来有所上升。秋季日照时数在60年代呈现上升,70年代后持续下降,近几年有所回升。冬日照时数60年代至70年代中期缓慢下降,70年代后期呈上升趋势,之后呈明显的下降趋势,90年代先上升后下降,之后慢慢上升。研究发现,博湖流域年、季日照时数均呈现明显的下降趋势,年均值、夏季、冬季日照时数在20世纪80年代中期以前偏高,之后偏低,春季和秋季在60年代至80年代初偏高,之后偏低。

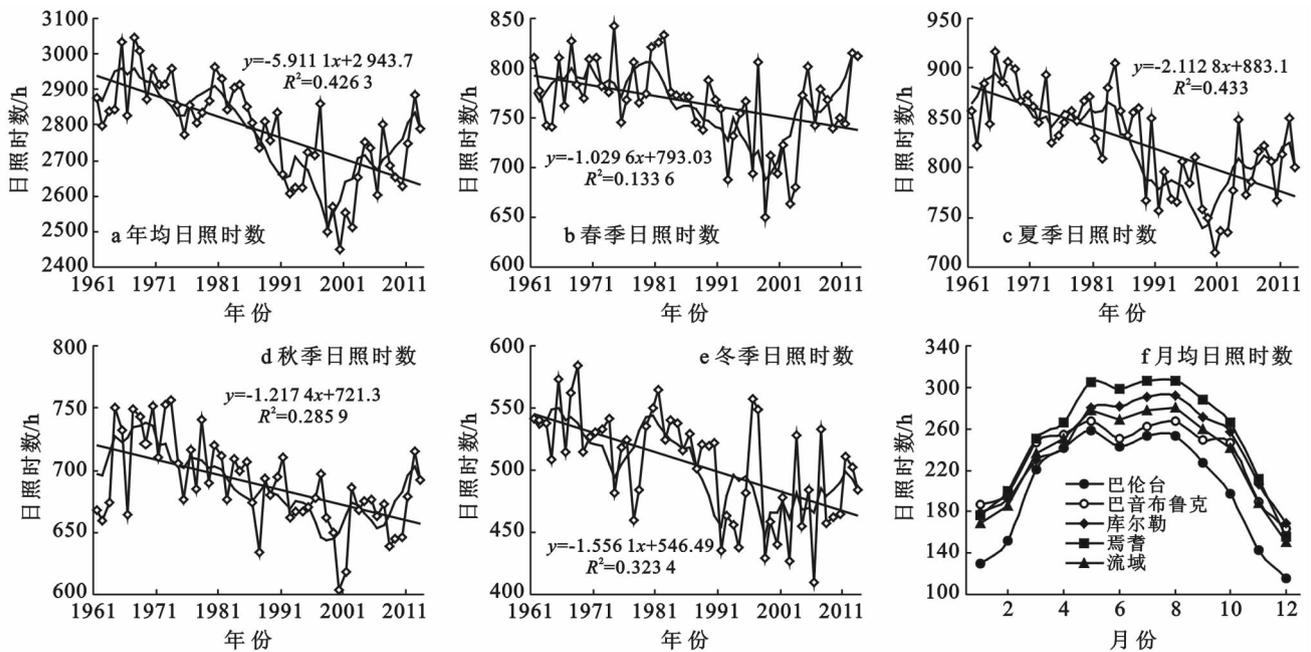


图3 1961—2011年博斯腾湖日照时数年、季变化趋势以及各站点月变化

博湖地区月平均日照时数变化均呈双峰型,第一峰值出现在5月,第二峰值出现在8月,同时,两峰值相差不大,出现双峰型可能与当地降水情况有关。新疆博斯腾湖流域日照年时数均值为2 824.1 h,四地(顺序为:巴音布鲁克、巴伦台、焉耆、库尔勒,下同)日照时数年均值依次为2 780.5, 2 435.9, 3 029.8和2 890.2 h,即焉耆地区年均日照时数最大,库尔勒次之,巴伦台最小。可以得出,日照时数山区较少,平原盆地较多,西部、北部较少,南部较多。流域春季日照时数均值为765.4 h,四地日照时数春季均值依次为767.9, 721.1, 821.6和750.9 h,焉耆日照时数最大,巴伦台最低。流域夏季日照时数四地依次为779.8, 749.2, 910.4和864.8 h,焉耆最大,库尔勒次之,巴伦台最低。流域秋季日照时数四地依次为685.7, 567.9, 765.4和734.7 h,焉耆最大,巴伦台最低。流域冬季日照时数四地依次为547.9, 389.2, 532.0和539.7 h,可见巴音布鲁克略高于库尔勒和焉耆,巴伦

台最低。研究发现,博斯腾湖流域日照时数空间分布情况为:年、春、夏、秋季均为焉耆最高,库尔勒次之,巴伦台最低,即平原盆地地区日照时数多,山区日照时数少,冬季略有不同,巴音布鲁克略高于焉耆和库尔勒,巴伦台最低。年日照时数倾向率变化来看,北部地区变化幅度较大,南部地区变化幅度较小。

采用Mann-Kendall法对博斯腾湖流域近53 a年、季日照时数进行突变检验(图4)。给定显著性水平 $\alpha=0.05$,即临界值为 ± 1.96 。

结果显示,流域内各站日照时数突变年限相差较大,巴伦台日照时数突变发生在1988年,巴音布鲁克为1999年,库尔勒为1981年,焉耆突变现象不明显,南部较早,北部早于西北部。流域年均日照时数突变发生于1985/1986年,春季发生于1985年,夏季发生于1983和1985年,秋季、冬季均发生于1986年。年日照时数突变年限滞后于新疆地区日照时数突变年限(1981年)^[18]。

表 2 1961—2013 年博斯腾湖流域各气象站点日照时数年、季均值及趋势系数

| 气象站 | 年均值 | 春季均值 | 夏季均值 | 秋季均值 | 冬季均值 | 年趋势系数 | 春季趋势系数 | 夏季趋势系数 | 秋季趋势系数 | 冬季趋势系数 |
|-------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 巴伦台 | 2 435.94 | 720.59 | 749.23 | 567.90 | 398.21 | -112.58 | -29.43 | -38.85 | -29.10 | -15.19 |
| 巴音布鲁克 | 2 780.50 | 767.55 | 779.84 | 685.69 | 547.94 | -56.12 | -13.54 | -23.66 | -9.89 | -9.33 |
| 焉耆 | 3 029.78 | 821.81 | 910.40 | 765.38 | 532.05 | -29.49 | 4.17 | -7.58 | -4.81 | -21.15 |
| 库尔勒 | 2 890.18 | 750.96 | 864.77 | 734.75 | 539.70 | -38.25 | -2.38 | -14.42 | -4.89 | -16.57 |

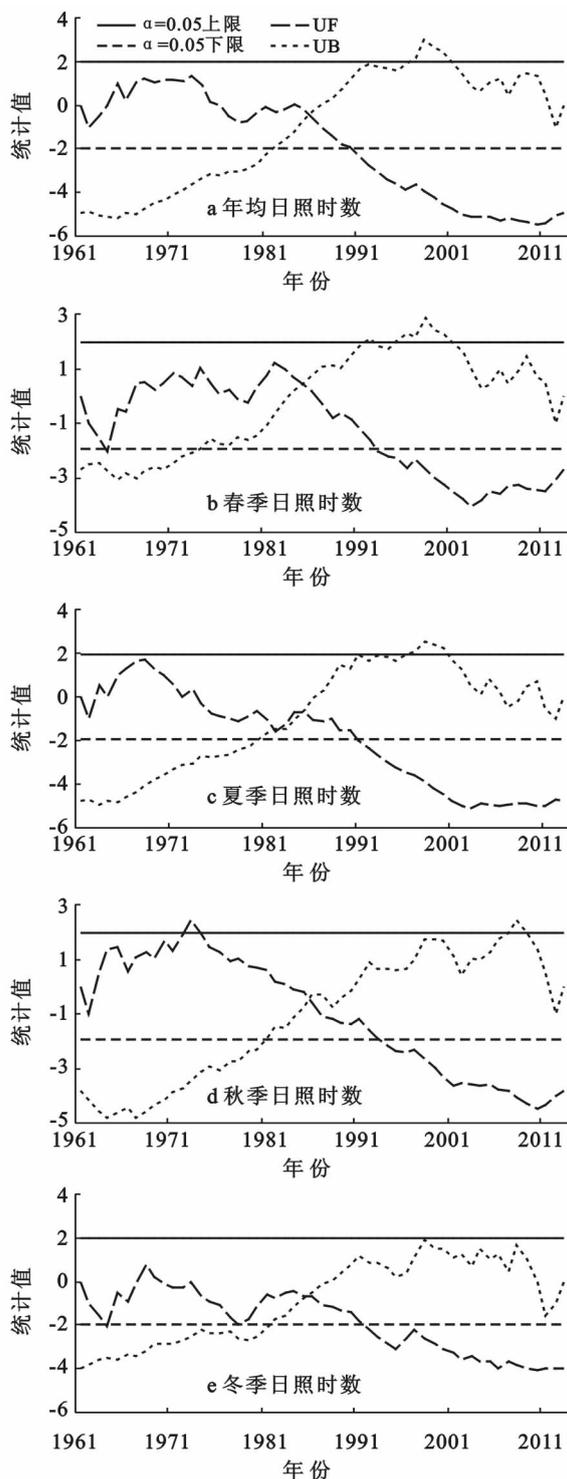


图 4 1961—2013 年博斯腾湖流域日照时数年、季 M-K 突变检验

图 5 给出了博斯腾湖流域日照时数的 Morlet 小波变化系数的实部时频变化,正值区表示日照时数偏多,负值区表示日照时数偏少。由图 5 可以看出年日照时数小波系数等值线在 15~17, 27~29 a 左右时间尺度上较为密集,且发生了小波系数高、低值中心的变化。年日照时数小波方差图(图略)显示小波方差在 28, 17 a 存在极值,因此,可以得出博斯腾湖流域年日照时数在 32 a 尺度内存在 28 a 的强显著周期,此外还有 17 a 的尺度变化周期。

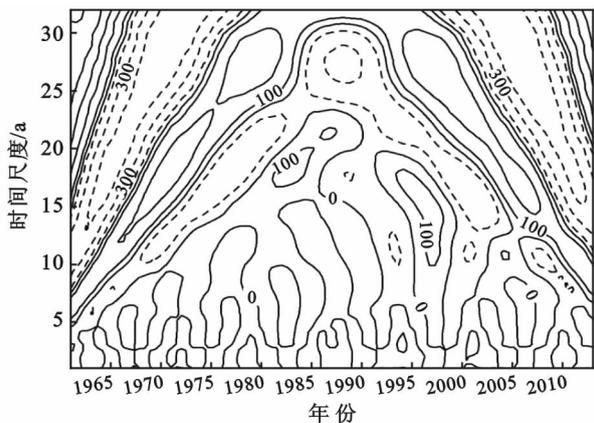


图 5 博斯腾湖流域日照时数 Morlet 小波变化实部等值线图

3.3 博斯腾湖流域年、季风速及日照时数相关性分析

流域平均风速与日照时数之间相关性较好(表 3)。年均值、夏季平均风速与日照时数在 $\alpha=0.01$ 水平上呈显著正相关,相关系数分别为 0.509 和 0.654;春季平均风速与日照时数在 $\alpha=0.05$ 水平上呈显著正相关,相关系数分别为 0.299 和 0.306;冬季平均风速与日照时数相关性不高。日照时数较高的年份,风速也较高,日照时数较低的年份,风速也较小。风速减小,水汽和空气中的污染物不易扩散,使近地层气溶胶浓度增大,空气透明度下降,太阳光线穿过大气的距离较长,太阳光线衰减严重到达地面的太阳光线不足以使日照记录纸感光,造成日照时数减少;反之亦然。

表 3 博斯腾湖流域年、季风速及日照时数相关性分析

| 项目 | 年均值 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
|------|---------|--------|---------|--------|-------|
| 相关系数 | 0.509** | 0.299* | 0.654** | 0.306* | 0.064 |

注: ** 表示在 0.01 水平上双侧显著相关; * 表示在 0.05 水平上双侧显著相关。

4 讨论与结论

4.1 讨论

博斯腾湖流域地处塔克拉玛干沙漠北缘,塔里木盆地东北部,区内地势总体呈西北高、东南低,地形复杂,地貌特征独特,高山与盆地相间。近年来在全球气候变暖的大背景下,该区气候有向暖湿型转型的信号。大风是一定天气形势与特殊地形共同作用产生的天气过程,风速的变化与风沙地貌、土壤风蚀、沙尘暴及沙漠化等有着密切的联系,是该区主要的灾害性天气之一。不同季节的大风会引起不同的灾害,冬季大风风雪交加,能见度差致使牧区人畜迷途而受冻或被冻死,同时风吹雪阻使交通受阻,也影响到救援工作的进行。春季大风风力强,且常伴有沙尘,破坏性极大,揭膜、折苗、毁田,甚至吹断树木,吹倒屋舍。夏季大风主要危害高秆作物和林果,引起倒伏和果实脱落。

流域空气干燥,云量少,降水较少,日照时数多,太阳能资源丰富,植物光合潜力大,对提高农产品产量和质量,促进农牧业经济发展具有重要的意义,同时丰富的太阳能资源也可以为经济发展和资源重组奠定良好的基础。但日照时数的减小对自然和生态发展的各个方面均造成一定的影响,日照时数的减少导致到达地球表面的太阳辐射总量和带电粒子流发生变化,从而使大气压和气温随之发生变化;日照时数的减小使地面水平能见度降低,空气污染加重,影响农作物的品质和产量等,同时也使人类的健康受到一定的影响。

4.2 结论

(1) 博湖流域风速在 20 世纪 80 年代之前较大,之后减小,2000 年以来有所回升;风速以 $0.092 [(m \cdot s)/10 a]$ 的速率呈明显减小趋势,四季风速以 $0.149, 0.130, 0.072, 0.017 [(m \cdot s)/10 a]$ 均呈现明显减小趋势;流域年、春季、夏季、秋季风速变化倾向率均为北部和西北部山区变化幅度小,湖周边平原和盆地地区幅度大,冬季风速恰好相反;同时,除巴音布鲁克以外,其余各站年、季风速均呈减小趋势,巴音布鲁克呈增加趋势。流域年均风速突变发生在 1977 年,这相对于新疆整体风速突变年限(1983 年)而言较早。春季和夏季较晚,分别发生在 1984 年和 1982 年;秋季较早,发生在 1974 年;冬季突变情况不明显。小波分析发现,博斯腾湖流域年均风速并没有明显的周期变化。

(2) 流域年均日照时数以 $59.11 h/10 a$ 的速率呈明显的下降趋势,春、夏、秋、冬以 $10.3, 21.13,$

$12.17, 15.56 h/10 a$ 的速率呈明显减小趋势;年均值、夏季、冬季日照时数在 20 世纪 80 年代中期以前偏高,之后偏低,春季和秋季日照时数在 60—80 年代偏高,之后偏低;流域年均日照时数突变发生于 1985/1986 年,春季发生于 1985 年,夏季发生于 1983 和 1985 年,秋季、冬季均发生于 1986 年;小波分析发现,博斯腾湖流域年日照时数存在着 28 和 17 a 的周期变化。

(3) 流域平均风速与日照时数之间相关性较好(表 3)。日照时数较高的年份,风速也较高,日照时数较低的年份,风速也较小。风速减小,水汽和空气中的污染物不易扩散,使近地层气溶胶浓度增大,空气透明度下降,太阳光线穿过大气的距离较长,太阳光线衰减严重,到达地面的太阳光线不足以使日照记录纸感光,造成日照时数减少;反之亦然。

[参 考 文 献]

- [1] 俎瑞平,张克存,屈建军,等.塔克拉玛干沙漠地面风场特征及周边地区沙丘排列关系分析[J].应用气象学报,2006,16(4):468-475.
- [2] 朱震达.中国沙漠、沙漠化、荒漠化及其治理对策[M].北京:中国环境出版社,1999:113-115.
- [3] 张正德,董治宝,赵爱国.输沙势计算中的“时距”问题[J].干旱区地理,2010,33(2):177-182.
- [4] 俎瑞平,张克存,屈建军.塔克拉玛干沙漠风沙活动强度特征[J].地理研究,2005,24(5):699-707.
- [5] 李宗省,何元庆,辛惠娟,等.我国横断山区 1960—2008 年气温和降水时空变化特征[J].地理学报,2010,65(5):563-579.
- [6] 普宗朝,张山清,李景林,等.近 47 a 塔克拉玛干沙漠周边地区气候变化[J].中国沙漠,2010,30(2):413-421.
- [7] 孟秀敬,张士锋,张永勇.河西走廊 57 a 来气温和降水时空变化特征[J].地理学报,2012,67(11):1482-1492.
- [8] 耿孝勇.1960—2004 年南京市风速变化及其成因研究[J].青海气象,2014(1):12-18.
- [9] 张占峰,张焕平,马小萍.柴达木盆地平均风速与大风日数的变化特征[J].干旱区资源与环境,2014,28(10):90-94.
- [10] 龚宇,邢开成,王璞.近 30 a 来沧州地区日照时数与风速变化特征[J].中国农业气象,2007,28(3):263-267.
- [11] Pirazzoli P A, Tomasin A. Recent near surface wind changes in the central Mediterranean and Adriatic areas [J]. International Journal of Climatol, 2003, 23(8): 963-973.
- [12] Smits A, Klein Tank A M, Go Konnen G P. Trends in storminess over the Netherlands, 1962-2002[J]. International Journal of Climatology, 2005, 25(10): 1331-1344.

- [7] 李清河,包耀贤,王志刚,等. 乌兰布和沙漠风沙运动规律研究[J]. 水土保持学报,2003,17(4):86-89.
- [8] 王自龙,赵明,冯向东,等. 民勤绿洲外围不同下垫面条件下风沙流结构的观测研究[J]. 水土保持学报,2009,23(4):72-75.
- [9] Valance A, Rasmussen K R, El Moctar A O, et al. The physics of Aeolian sand transport[J]. *Comptes Rendus Physique*, 2015,16(1):105-117.
- [10] 屈建军,张克存,张伟民,等. 几种典型戈壁床面风沙流特性比较[J]. 中国沙漠,2012,32(2):285-290.
- [11] 邹学勇,董光荣,王周龙. 戈壁风沙流若干特征研究[J]. 中国沙漠,1995,15(4):368-373.
- [12] 杜鹤强,韩致文,王涛,等. 新月形沙丘表面风速廓线与风沙流结构变异研究[J]. 中国沙漠,2012,32(1):9-16.
- [13] 哈斯. 河北坝上高原土壤风蚀物垂直分布的初步研究[J]. 中国沙漠,1997,17(1):9-14.
- [14] 任小玢. 腾格里沙漠东南缘风沙流特征[D]. 西安:陕西师范大学,2013.
- [15] 刘芳,郝玉光,辛智鸣,等. 乌兰布和沙漠东北缘地表风沙流结构特征[J]. 中国沙漠,2014,34(5):1200-1207.
- [16] 吴晓旭,邹学勇,王仁德,等. 毛乌素沙地不同下垫面的风沙运动特征[J]. 中国沙漠,2011,30(4):828-835.
- [17] 马世威. 风沙流结构的定量研究[J]. 中国沙漠,1988,8(3):8-22.
- [18] Dong Zhibao, Lv Ping, Zhang Zhengcai, et al. Aeolian transport over a developing transverse dune[J]. *Journal of Aridland*, 2014,6(3):243-254.
- [19] 何京丽,郭建英,邢恩德,等. 黄河乌兰布和沙漠段沿岸风沙流结构与沙丘移动规律[J]. 农业工程学报,2012,28(17):71-77.
- [20] 阿力木江·牙生,蓝利,程红梅,等. 新疆沙漠化防治区划及分区防治技术与模式[J]. 干旱区地理,2010,33(3):353-362.
- [21] 何清. 塔克拉玛干沙漠塔中大气边界层结构及地气相互总用观测研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2009.
- [22] 徐军,章尧想,郝玉光,等. 乌兰布和沙漠流动沙丘风沙流结构的定量研究[J]. 中国农学通报,2013,29(19):62-66.
- [23] 朱震达. 塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究[M]. 北京:科学出版社,1981:56-59.
- [24] Chepil W S, Woodruff N P. Sedimentary characteristics of dust storms(II): Visibility and dust concentration [J]. *American Journal Science*, 1957, 255: 104-114.
- [25] 毛东雷. 策勒绿洲:沙漠过渡带风沙前沿风沙流结构研究[J]. 现代农业科技,2011(15):266-269.
- [26] 张正德,董治宝,赵爱国,等. 沙漠地区风沙活动特征:以中国科学院风沙观测场为例[J]. 干旱区研究,2007,24(4):550-555.
- [27] 韩致文. 半湿润地区风沙流结构的定量研究:以豫北沙地为例[J]. 中国沙漠,1993,13(3):25-31.
- [28] 董玉祥,马骏. 风速对海岸沙丘表面风沙流结构影响的实证研究[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(9):179-184.
- [29] 丁国栋. 野外风沙流结构的定量研究[J]. 内蒙古林业科技,1994(4):38-40.

(上接第194页)

- [13] 任国玉,国军,徐铭志,等. 近50 a中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报,2005,63(6):942-956.
- [14] 李艳,耿丹,董新宁,等. 1961—2007年重庆风速的气候变化特征[J]. 大气科学学报,2010,33(3):336-340.
- [15] 何旭强,张勃,赵一飞,等. 黑河流域1960—2009年平均风速时空变化特征[J]. 水土保持通报,2013,33(4):242-247,252.
- [16] 王利盈. 1960—2010年云南省日照时数和风速变化特征[J]. 甘肃农业大学学报,2014,49(5):140-147.
- [17] 蒋冲,王飞,张仁慧,等. 渭河流域近52 a日照时数和风速时空变化特征[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(5):228-234.
- [18] 虞海燕,刘树华,赵娜,等. 我国近59 a日照时数变化特征及其与温度、风速、降水的关系[J]. 气候与环境研究,2011,16(3):389-398.
- [19] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 2版. 北京:气象出版社,2007:36-69.
- [20] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学,1992,16(4):482-493.
- [21] 黄小燕,张明军,王圣杰,等. 西北地区近50 a日照时数和风速变化特征[J]. 自然资源学报,2011,26(5):825-835.