

喀什地区 1957—2013 年潜在蒸散量变化及其影响因子

凯丽比努尔·克热木¹, 海米提·依米提^{2,3}, 麦麦提吐尔逊·艾则孜^{2,3}

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046;

2. 新疆师范大学 干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 乌鲁木齐 830054)

摘要:基于喀什地区 4 个气象站点 1957—2013 年的最高气温、最低气温、月平均气温、相对湿度、风速、日照时数以及降水量数据,采用 Penman-Monteith 模型、一元回归分析、累积距平和 Mann-Kendall 非线性突变检验法,分析其年潜在蒸散量的时间序列变化及其影响因子。结果表明:近 57 a 来,喀什和巴楚的潜在蒸散量呈减少趋势,倾向率分别为 $-7.53 \text{ mm}/10 \text{ a}$, $-7.47 \text{ mm}/10 \text{ a}$;塔什库尔干与莎车的潜在蒸散量呈现增加趋势,倾向率分别为 $8.27 \text{ mm}/10 \text{ a}$, $6.25 \text{ mm}/10 \text{ a}$;在四季变化中,夏季最多,春、秋季次之,冬季最少;喀什地区潜在蒸散量突变点存在明显差异:喀什年潜在蒸散量突变点为 1981 年,巴楚的为 1962 年,塔什库尔干的为 1974 年和 1983 年,莎车年潜在蒸散量突变点为 1961 年、1965 年、1968 年和 1978 年;喀什地区年蒸散量最主要受风速和日照时数的影响。

关键词:潜在蒸散量; Penman-Monteith 模型; 影响因子; 喀什地区

中图分类号: S161.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)05-0247-05

Dynamic Change of Potential Evapotranspiration and Its Influence Factors in Kashi Area During 1957—2013

Kalbinur · Kerim¹, Hamit · Yimit^{2,3}, Mamattursun · Eziz^{2,3}

(1. School of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Area, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Based on maximum temperature, minimum temperature, monthly mean temperature, relative humidity, wind speed, sunshine duration and rainfall data collected from four meteorological stations during 1957—2013 in Kashi area, we used Penman-Monteith model, regression analysis, accumulative anomaly and Mann-Kendall nonlinear mutation test method to analyze annual potential evapotranspiration dynamic change and its influence factor of time series. The results show that: (1) in the past 57 years, the potential evapotranspiration in Kashi and Bachu showed the decreasing trend and its tendency rates were $-7.53 \text{ mm}/\text{decade}$, $-7.47 \text{ mm}/\text{decade}$, potential evapotranspiration of Tashikuergan and Shache increased with the tendency rates of $8.27 \text{ mm}/\text{decade}$ and $6.25 \text{ mm}/\text{decade}$; (2) during the four seasons, the dynamic change tendency rate was higher in summer than spring and autumn, and lowest occurred in winter; (3) there was a significant difference among the potential evapotranspiration mutation points in Kashi area; the annual potential evapotranspiration mutation point of Kashi occurred in 1981, 1962 for Bachu, 1974 and 1983 for Tashikuergan, annual potential evapotranspiration mutation points of Shache occurred in 1961, 1965, 1968 and 1978; (4) the wind speed and sunshine hours have the effect on the annual evapotranspiration in Kashi area.

Keywords: potential evapotranspiration; Penman-Monteith model; impact factor; Kashi area

潜在蒸散量是作物需水预测中的关键参数,对合理和节约用水,缓解水资源的供需矛盾具有重要意义^[1]。蒸发作为地表热量平衡和水平衡的重要组成

部分,具有增加空气湿度、调节温度,进而影响生态环境和社会经济发展的作用^[2]。王琼等研究得出,近 51 a(1961—2011 年)来长江流域潜在蒸散量呈下降

趋势,年际变化倾向率为 $-0.34 \text{ mm/a}^{[3]}$ 。李鹏飞等对京津冀地区潜在蒸散量进行分析,结果表明近50 a(1960—2010年)来整个地区潜在蒸散量都在减少^[4]。普宗朝等研究得出,1961—2008年新疆夏半年参考作物蒸散量总体以 20.09 mm/10 a 的倾向率呈极显著的减小趋势^[5]。张山清等的分析结果表明,近48 a(1961—2008年)新疆参考作物蒸散量呈显著减小趋势^[6]。张明军等对中国天山山区潜在蒸发量的研究得出,年潜在蒸发量的年际变化倾向率为 -2.48 mm/a ,潜在蒸发量总体上呈减小趋势^[7]。王健等对北疆潜在蒸散量分析得出,潜在蒸散量在时间分布上整体呈下降趋势,主要受该地区相对湿度和风速的影响^[8]。黄艳等对喀什地区降水量变化特征分析结果表明,喀什地区平原和山区年降水量呈现增加的趋势^[9]。阿布都克日木·阿巴司等研究得出,过去50 a喀什地区各地年平均气温呈升高趋势,年降水量呈增加趋势^[10]。

从上述可知,前人已对新疆的气候和蒸散量变化有大量研究分析,但对喀什地区潜在蒸散量的研究却尚未见到。由于喀什地区水资源缺乏较严重,潜在蒸散又是水资源评价中的重要变量,因此研究喀什地区潜在蒸散量及其影响因子具有实际的研究意义,同时为喀什地区水资源的合理利用和整体规划提供参考依据。

1 研究区概况

喀什地区地处欧亚大陆中部,我国西北部,新疆维吾尔自治区西南部。位于 $35^{\circ}28'—40^{\circ}16' \text{N}$, $71^{\circ}39'—79^{\circ}52' \text{E}$,东西宽约750 km,南北长535 km,全区总面积 16.2 万 km^2 ,约占新疆土地总面积的8.3%^[11]。喀什地区属于暖温带大陆干旱气候,四季分明,蒸发强烈,日照充足,气温和降水变化显著^[12]。

2 资料与研究方法

2.1 资料

选取喀什地区平原和山区4个代表站(图1)1957年1月至2013年12月的月最高和最低气温、月平均气温、月相对湿度、月平均风速和月日照时数资料,资料来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn>)中国地面气候资料月值数据集。季节划分为春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)、冬季(12—2月)。年代以10 a为一代。

2.2 研究方法

本文采用Penman-Monteith公式计算月潜在蒸散,并进行逐月、逐年的统计。公式具体如下:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

式中: ET_0 表示参考作物需水量(mm/d); R_n 表示作物表面的净辐射量 $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$;G表示土壤热通量 $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$; u_2 表示2 m高处的日平均风速(m/s); e_a 表示饱和水汽压(kPa); e_d 表示实际水汽压(kPa); Δ 表示饱和水汽压与温度曲线的斜率(kPa/C); γ 表示干湿表常数(kPa/C)。利用Excel和SPSS统计软件进行数据处理与统计分析。

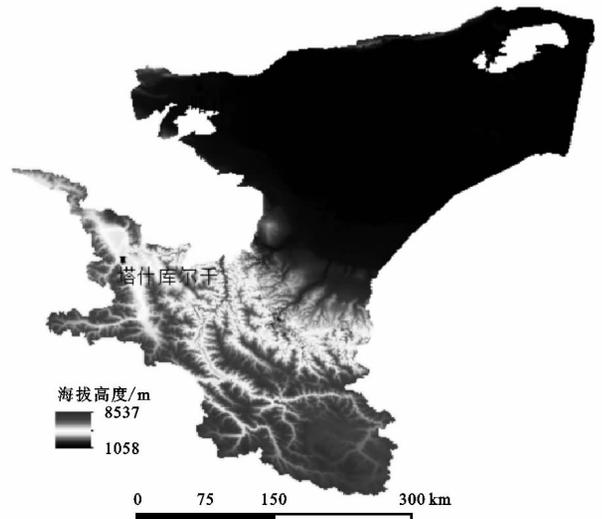


图1 喀什地区气象站点分布

3 结果与分析

3.1 喀什地区潜在蒸散量的年变化特征

根据P-M方法计算喀什地区4个气象站1957—2013年的年均潜在蒸散量,结果表明,近57 a来,喀什地区年潜在蒸散量区域差异明显。喀什和巴楚的潜在蒸散量呈减少趋势,倾向率分别为 -7.53 mm/10 a , -7.47 mm/10 a ,喀什库尔干与莎车的潜在蒸散量呈现增加趋势,倾向率分别为 8.27 mm/10 a , 6.25 mm/10 a (图2)。显然,喀什地区年潜在蒸散量变化不一致,且具有平原偏北(喀什)、偏东地区(巴楚)潜在蒸散量最弱,南部山区(喀什库尔干)和偏南地区(莎车)潜在蒸散量最强的特征。

喀什地区不同平原和山区年代潜在蒸散量的变化存在明显差异,且与年均潜在蒸散量的变化相一致,最大值在偏北地区(喀什),最小值在南部山区(喀什库尔干)。1957—2006年,喀什年代际潜在蒸散量变化趋势为增—减—减—减—增;巴楚和喀什库尔干的变化趋势为增—减—增—减—减;莎车的变化趋势为增—减—增—减—增。而从2007年开始,潜在蒸散量均呈现增加的趋势(表1)。

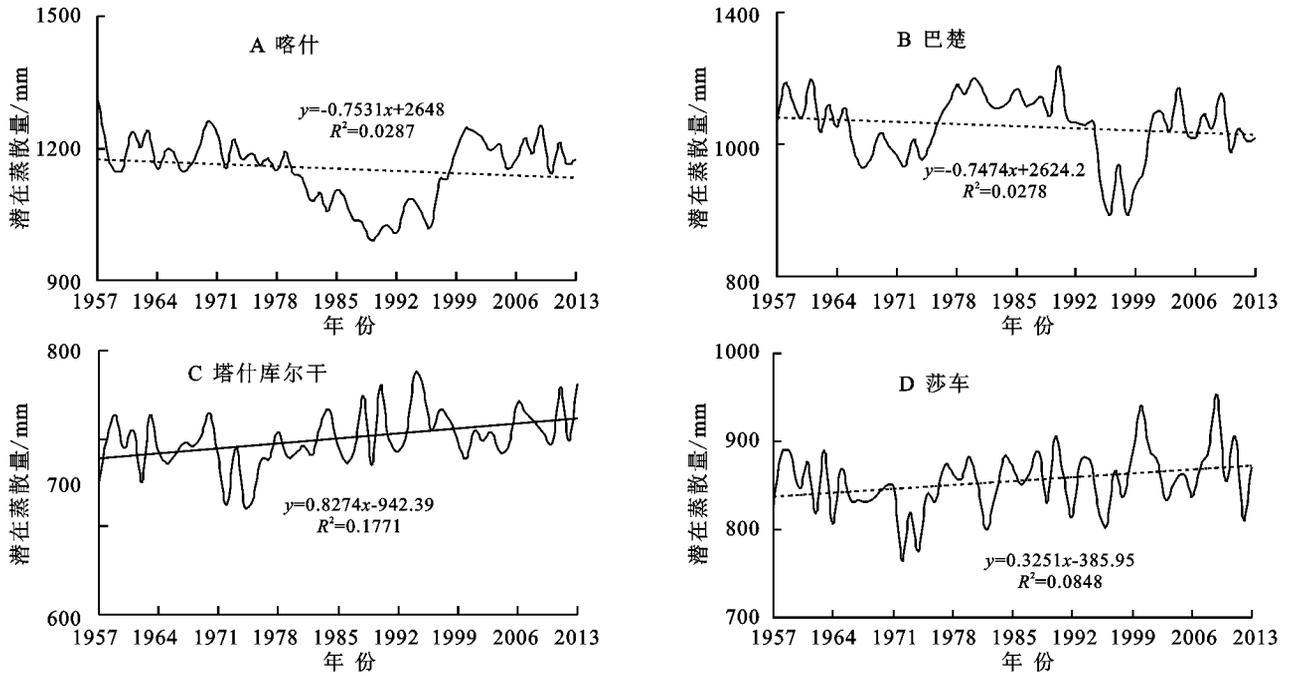


图 2 喀什地区年潜在蒸散量的变化趋势

表 1 喀什不同地区潜在蒸散量年代际变化

时间段	喀什	巴楚	塔什库尔干	莎车
1957—1966 年	1203.32	1171.26	689.00	853.73
1967—1976 年	1190.43	1088.40	674.20	822.79
1977—1986 年	1121.18	1209.70	693.00	857.24
1987—1996 年	1032.93	1138.68	720.62	854.21
1997—2006 年	1189.66	1097.80	706.54	868.85
2007—2013 年	1193.62	1137.02	724.20	879.49
1957—2013 年	1153.17	1140.66	700.05	854.82

3.2 喀什地区潜在蒸散量的季节变化趋势

从季节看,近 57 a 来,喀什地区潜在蒸散量夏季最多,春、秋季次之,冬季最少,平均潜在蒸散量分别为 440.47 mm,275.51 mm,194.09 mm,52.22 mm。塔什库尔干和莎车的潜在蒸散量四季都呈现增加趋势,春季塔什库尔干潜在蒸散量最高,其倾向率为 4.07 mm/10 a。喀什潜在蒸散量冬季具有增加趋势以外,其他季节都呈减少趋势。巴楚潜在蒸散量四季都呈现减少趋势。潜在蒸散量减少幅度最高的地区是喀什,出现的季节为夏季,减少倾向率为 -5.02 mm/10 a(图 3)。

3.3 喀什地区年潜在蒸散量累积距平曲线分析

利用累积距平曲线分析(图 4)喀什、巴楚、塔什库尔干和莎车的年潜在蒸散量。1979 年喀什年潜在蒸散量出现极高值,1998 年出现极低值。1957—1979 年、1999—2013 年喀什年潜在蒸散量偏多,1980—1998 年喀什年潜在蒸散量偏少(图 4A)。1994 年巴楚年潜在蒸散量出现极高值,1975 年出现极低值。1957—1965 年、1976—1994 年、2001—2013

年巴楚年潜在蒸散量偏多,1966—1975 年、1995—2000 年巴楚年潜在蒸散量偏少(图 4B)。1982 年塔什库尔干年潜在蒸散量出现极低值。1983—2013 年塔什库尔干年潜在蒸散量偏多,1957—1982 年塔什库尔干年潜在蒸散量偏少(图 4C)。1961 年莎车年潜在蒸散量出现极高值,1983 年出现极低值。1957—1961 年、1984—1994 年、1999—2011 年莎车年潜在蒸散量偏多,1962—1983 年、1995—1998 年莎车年潜在蒸散量偏少(图 4D)。

3.4 喀什地区年潜在蒸散量突变点分析

采用曼—肯德尔(Mann-Kendall)法,检验喀什、巴楚、塔什库尔干和莎车年潜在蒸散量的突变点(图 5)。1957—2013 年之间喀什年潜在蒸散量基本上 $UF < 0$,潜在蒸散量呈下降趋势。在 ± 1.96 临界线之间 UF 和 UB 相交于 1981 年,且曲线 UF 超过信度线,说明在 0.05 的显著性水平下,1981 年喀什年潜在蒸散量发生突变(图 5A)。1957—1975 年时段内巴楚年潜在蒸散量基本 $UF < 0$,表明巴楚的潜在蒸散量在 1957—1975 年时段内呈下降趋势。该时段内,在 ± 1.96 临界线之间 UF 和 UB 相交于 1962 年,且曲线 UF 超过信度线,说明在 0.05 的显著性水平下,1962 年巴楚年潜在蒸散量发生突变。1976—1980 年和 1989—2013 年时段内巴楚年潜在蒸散量 UF 曲线值小于 0,年潜在蒸散量呈下降趋势。1981—1997 年时段内 UF 曲线值大于 0,年潜在蒸散量呈上升趋势(图 5B)。1957—1972 年、1984—2013 年时段内塔什库尔干年潜在蒸散量 UF 曲线值大于

0,表明塔什库尔干年潜在蒸散量在该时段内呈上升趋势。1972—1983年时段内潜在蒸散量 UF 曲线值小于 0,该时段内塔什库尔干年潜在蒸散量呈现下降趋势。在±1.96 临界线之间 UF 和 UB 相交于 1974 年、1983 年,且曲线 UF 超过信度线,说明在 0.05 的显著性水平下,1974 年和 1983 年塔什库尔干年潜在蒸散量发生突变(图 5C)。1957—1961 年、1981—

2013 年时段内莎车年潜在蒸散量 UF 曲线值大于 0,年潜在蒸散量呈上升趋势。1962—1980 年时段内潜在蒸散量 UF 曲线值小于 0,年潜在蒸散量呈下降趋势。在±1.96 临界线之间 UF 和 UB 相交于 1961 年、1965 年、1968 年和 1978 年,且曲线 UF 超过信度线,说明在 0.05 的显著性水平下,1961 年、1965 年、1968 年和 1978 年莎车年潜在蒸散量发生突变(图 5D)。

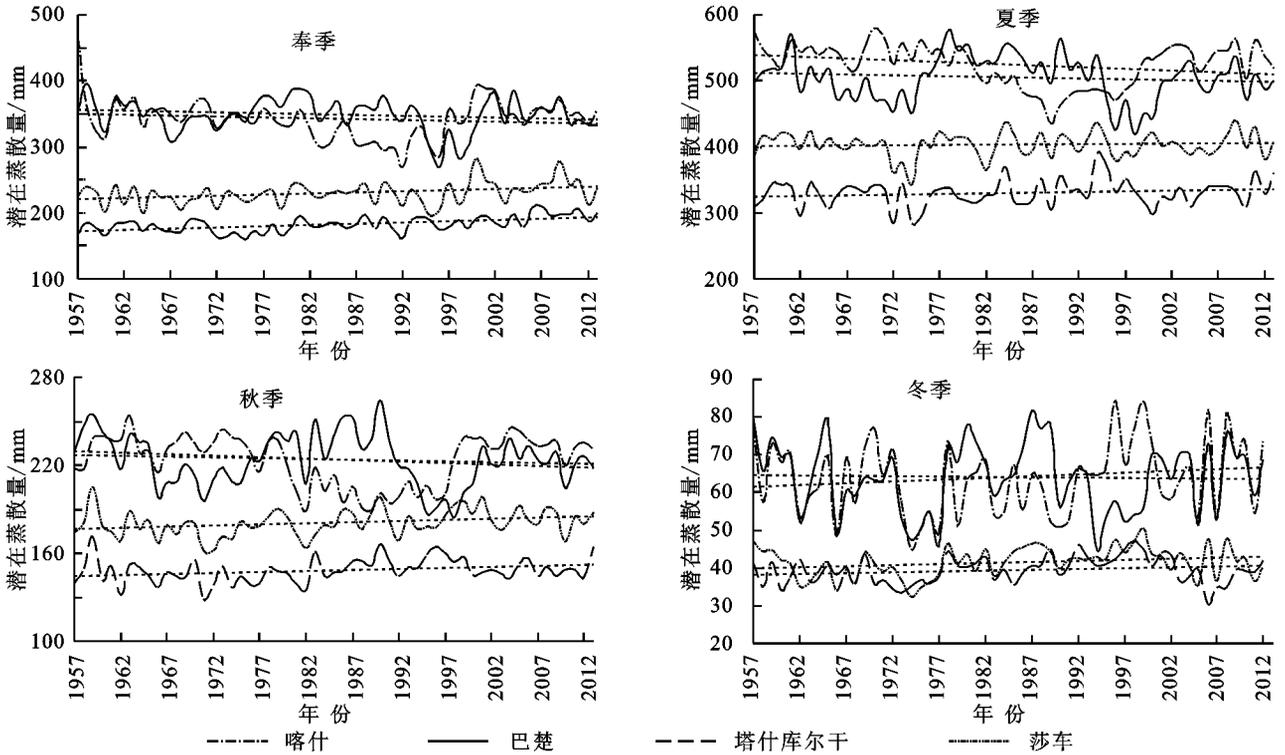


图 3 喀什地区四季潜在蒸散量的变化趋势

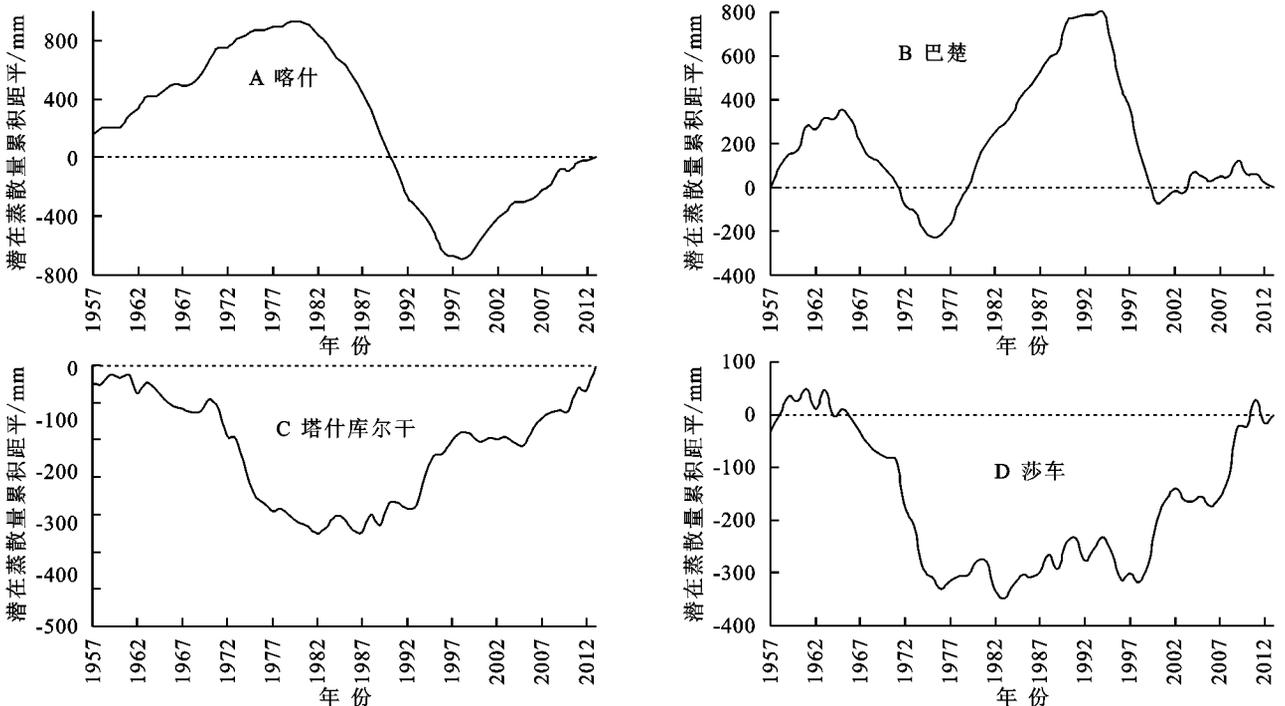


图 4 喀什地区年潜在蒸散量累积距平曲线

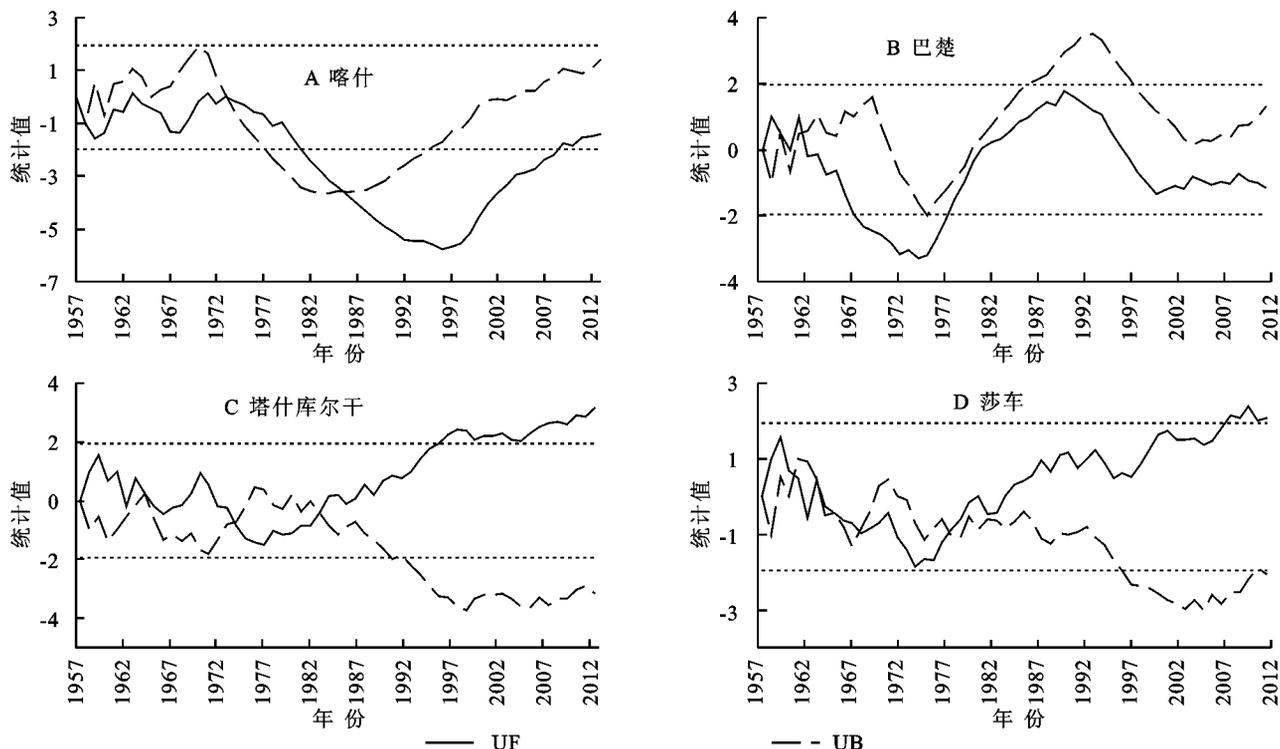


图 5 喀什地区年潜在蒸散量 Mann-Kendall 突变判别曲线

3.5 潜在蒸散量影响因子分析

蒸发量受到多种因素的综合影响,主要有气温、风速、相对湿度、日照时数、饱和水汽压差、云量等气象要素。由于影响潜在蒸散量变化的因素众多,不同因素之间也相互影响,所以潜在蒸量的变化成因十分

复杂^[13]。因此,本文选取最高气温、最低气温、月平均气温、平均相对湿度、平均风速、日照时数、降水量 7 个气象因子,采用相关性分析方法分析潜在蒸散量与影响因子之间的相关性。

表 2 喀什不同地区年平均潜在蒸散量与其他气象因素的显著性相关分析

站点	平均气温	最高气温	最低气温	相对湿度	风速	日照时数	降水量
喀什	0.405**	0.260	0.490**	-0.689**	0.830**	0.646**	-0.180
巴楚	0.214	0.159	0.043	-0.398**	0.897**	0.463**	-0.255
塔什库尔干	0.555**	0.573**	0.493**	-0.173	-0.409**	0.675**	-0.184
莎车	0.609**	0.654**	0.474**	-0.442**	-0.422**	0.452**	-0.303*

注: ** 在 0.01 水平上显著相关, * 在 0.05 水平上显著相关。

相关性结果表明(表 2),不同平原和山区的年潜在蒸散量与其他气象因素相关性有差异。喀什年潜在蒸散量与最低气温、月平均气温、风速、日照时数显著正相关,与相对湿度显著负相关,与最高气温和降水量无相关。巴楚年潜在蒸散量与风速和日照时数显著正相关,与相对湿度显著负相关,与最高气温、最低气温、月平均气温和降水量无相关。塔什库尔干年潜在蒸散量与最高气温、最低气温、月平均气温和日照时数显著正相关,与风速显著负相关,与相对湿度和降水量无相关。莎车年潜在蒸散量与平均气温、最高气温、最低气温、日照时数显著正相关,与相对湿度、风速和降水量显著负相关。

倾向率分别为-7.53 mm/10 a, -7.47 mm/10 a,塔什库尔干与莎车的潜在蒸散量呈现增加趋势,倾向率分别为 8.27 mm /10 a, 6.25 mm /10 a。在四季中,冬季喀什潜在蒸散量增多以外,其他季节都呈减少趋势。巴楚潜在蒸散量四季都呈减少趋势。塔什库尔干和莎车潜在蒸散量四季都上升趋势。

(2) Mann-Kendall 突变检验结果表明,喀什地区潜在蒸散量存在明显差异。喀什年潜在蒸散量突变点为 1981 年,巴楚年潜在蒸散量突变点为 1962 年,塔什库尔干年潜在蒸散量突变点为 1974 年和 1983 年,莎车年潜在蒸散量突变点为 1961 年、1965 年、1968 年和 1978 年。

(3) 潜在蒸散量与 7 个气象因素的相关分析表明,喀什年潜在蒸散量主要受最低气温、月平均气温、相对湿度、风速和日照时数的影响。巴楚年潜在蒸散

4 结论

(1) 近 57 a 来,喀什地区不同平原和山区年潜在蒸散量各不相同,喀什和巴楚的潜在蒸散量呈减少趋势,

开发、旅游布局空间战略调整、旅游产品转型和创新等措施,释放旅游容量和承载潜力,进而达到旅游的可持续发展。

参考文献:

- [1] 曹新向,陈太政,王伟红. 旅游地生态安全评价研究:以开封市为例[J]. 水土保持研究,2006,13(2):209-212.
- [2] 李若凝,王晶,程柯. 云台山旅游景区生态安全评价与优化对策[J]. 北京林业大学学报:社会科学版,2010,9(1):71-75.
- [3] 吕君. 旅游生态安全思想的缘起及其安全状态诊断[J]. 内蒙古财经学院学报,2007(5):35-38.
- [4] 章锦河,张捷,王群. 旅游地生态安全测度分析:以九寨沟自然保护区为例[J]. 地理研究,2008,28(2):449-458.
- [5] 李亚娟,陈田,胡静,等. 武汉市旅游生态安全评价研究[J]. 资源与生态学报:英文版,2013,4(2):149-156.
- [6] 汪朝辉,吴楚材,成凤明. 张家界国家森林公园生态安全管理模式探析[J]. 经济地理,2009,29(9):1580-1584.
- [7] 周大庆. 旅游生态安全视野的政府与市场分工[J]. 经济地理,2011,31(3):514-517.
- [8] 游巍斌,何东进,巫丽芸,等. 武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律[J]. 生态学报,2011,31(21):6317-6327.
- [9] 时卉,杨兆萍,韩芳,等. 新疆天池景区生态安全度时空分异特征与驱动机制[J]. 地理科学进展,2013,32(3):475-485.
- [10] 吕君,于相贤,刘丽梅. 旅游发展生态安全的动力机制探讨[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(4):146-149.
- [11] 武春友,郭玲玲,于惊涛. 区域旅游生态安全的动态仿真模拟[J]. 系统工程,2013,31(2):94-99.
- [12] 吕君,陈田,刘丽梅. 区域旅游发展的生态安全系统分析:以内蒙古自治区四子王旗为例[J]. 地理科学进展,2008,27(2):80-88.
- [13] 游巍斌,何东进,覃德华,等. 世界双遗产地生态安全预警体系构建及应用:以武夷山风景名胜区为例[J]. 应用生态学报,2014,25(5):1455-1467.
- [14] 郑永贤,薛菲,张智光. 森林旅游景区生态安全 IRDS 模型实证研究[J]. 资源科学,2015,37(12):2350-2360.
- [15] 雷艳锦,帅红. 基于物元模型的张家界市生态安全预警研究[J]. 环境科学与管理,2015,50(11):147-152.
- [16] 周彬,林生,陈田,等. 浙江省旅游生态安全的时空格局及障碍因子[J]. 地理科学,2015,35(5):599-607.
- [17] 王富喜,毛爱华,李赫龙,等. 基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J]. 地理科学,2013,33(11):1323-1329.
- [18] 周晓飞,雷国平,徐珊. 城市土地利用绩效评价及障碍度诊断:以哈尔滨市为例[J]. 水土保持研究,2012,19(2):126-130.
- [19] 张锐,刘友兆. 我国耕地生态安全评价及障碍因子诊断[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(7):945-951.
- [20] 陈艳,谭建光,鲍宇阳,等. 城市化对旅游的影响及其反馈机制研究进展[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2013,49(6):613-618.

(上接第 251 页)

量主要受相对湿度、风速和日照时数的影响。塔什库尔干年潜在蒸散量主要受最高气温、最低气温、月平均气温、风速、相对湿度的影响。莎车年潜在蒸散量受 7 个所有因素的影响。从以上结果可以得知,喀什地区年蒸散量最主要受风速和日照时数的影响。

参考文献:

- [1] 史建国,严昌荣,何文清,等. 黄河流域潜在蒸散量时空格局变化分析[J]. 干旱区研究,2007,24(6):6773-6778.
- [2] 刘普幸,卓玛兰草. 甘肃省 1960—2008 年潜在蒸散量时空变化及其影响因子[J]. 自然资源学报,2012,27(9):1561-1571.
- [3] 王琼,张明军,潘淑坤,等. 长江流域潜在蒸散量时空变化特征[J]. 生态学杂志,2013,32(5):1292-1302.
- [4] 李鹏飞,刘文军,赵昕奕. 京津冀地区近 50 年气温、降水与潜在蒸散量变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(3):137-143.
- [5] 普宗朝,张山清. 近 48 年新疆夏半年参考作物蒸散量时空变化[J]. 中国农业气象,2011,32(1):67-72.
- [6] 张山清,普宗朝. 新疆参考作物蒸散量时空变化分析[J]. 农业工程学报,2011,27(5):73-79.
- [7] 张明军,李瑞雪,贾文雄,等. 中国天山山区潜在蒸发量的时空变化[J]. 地理学报,2009,64(7):798-806.
- [8] 王健,吕新,王江丽. 北疆地区参考作物蒸散量时空变化特征[J]. 干旱气象,2015,33(1):63-69.
- [9] 黄艳,裴江文,羊兴. 喀什地区 1961—2005 年降水变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2009,3(3):31-34.
- [10] 阿布都克日木·阿巴司,秦榕,伊力达尔江·吐生,等. 喀什地区 1961—2010 年气候变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2012,6(6):34-40.
- [11] 安瓦尔·买买提明,张小雷,杨德刚,等. 新疆喀什地区城市化与水资源利用结构变化的关联分析[J]. 中国沙漠,2011,31(1):261-266.
- [12] 热汗古丽·吾买尔,满苏尔·沙比提,陆吐布拉·依明. 喀什地区近 10 年地下水资源时空动态变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(7):63-68.
- [13] 张明军,李瑞雪,贾文雄,等. 中国天山山区潜在蒸发量的时空变化[J]. 地理学报,2009,64(7):798-806.