

# 近百年塔吉克斯坦潜在蒸散量时空分布特征

加依娜古丽·窝扎提汗<sup>1</sup>, 巴特尔·巴克<sup>1</sup>, 吴燕锋<sup>1</sup>, Rasulov H H<sup>2</sup>

(1. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 塔吉克农业大学 水文气象系, 塔吉克斯坦 杜尚别 734003)

**摘要:**利用塔吉克斯坦百年逐月潜在蒸散量资料,以线性趋势分析、滑动平均、Mann-Kendall法、小波分析法以及Kriging插值法对潜在蒸散量的时空变化进行了分析。结果表明:(1)在时间变化上,塔吉克斯坦百年潜在蒸散量总体上呈微弱的减少趋势,气候倾向率为 $-1.25\text{ mm}/10\text{ a}$ ,其中夏季的值最大,冬季的值最小;除了秋季和冬季以外的春季、夏季以及年潜在蒸散量都发生突变;年平均和春季潜在蒸散量都存在30 a的准变化周期,夏季存在24 a的准变化周期,秋季存在7 a的准变化周期,冬季存在21 a的准变化周期。(2)在空间变化上,塔吉克斯坦百年年平均和四季潜在蒸散量呈西部向东部递减的特征,年潜在蒸散量的变化范围为 $653.19\sim 1\,324.12\text{ mm}$ ,其中1901—1930年塔吉克斯坦大部分地区潜在蒸散量增加较为明显;而1991—2011年塔吉克斯坦大部分地区减少趋势最为明显。

**关键词:**潜在蒸散量; 时空变化; Mann-Kendall法; 小波分析; 塔吉克斯坦

中图分类号: P333.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)01-0280-06

## Spatiotemporal Characteristics of Potential Evapotranspiration in Tajikistan in the Past 100 Years

Jiayinaguli · Wozhatihan<sup>1</sup>, Batur · Bake<sup>1</sup>, WU Yanfeng, Rasulov H H<sup>2</sup>

(1. College of Grassland and Environmental Science, Xinjiang Agricultural University,

Urumqi 830052, China; 2. Faculty of Hydrometeorology, Tajik Agrarian University, Dushanbe 734003, Tajikistan)

**Abstract:** Based on the monthly potential evapotranspiration data during 1901 to 2011 in Republic of Tajikistan, the spatiotemporal characteristics of precipitation variation were analyzed by using the linear trend analysis, wavelet analysis, Mann-Kendall method, and the Kriging interpolation. The results showed that: (1) from the temporal change perspective, the annual potential evapotranspiration declined significantly during the past 100 years, with a rate of  $-1.25\text{ mm}/10\text{ a}$ , peaked in the summer and decreased to a minimum in the winter. The potential evapotranspiration in spring and summer and annual potential evapotranspiration presented abrupt change except for fall and winter; the annual potential evapotranspiration and the potential evapotranspiration of spring, summer, autumn and winter had a 24 years, 24 years, 30 years, 7 years and 21 years periodicity, respectively. (2) from the spatial change perspective, the annual potential evapotranspiration had a decreasing trend from west to the east of Tajikistan, ranging from  $653.19$  to  $1\,324.12\text{ mm}$ . The potential evapotranspiration in 1901—1930 increased significantly in most regions of Tajikistan and the potential evapotranspiration 1991—2011 decreased significantly in most areas.

**Keywords:** potential evapotranspiration; spatial and temporal variation; Mann-Kendall method; wavelet analysis; Republic of Tajikistan

2013年IPCC第五次评估报告第一工作组报告中指出,1983—2012年这近三十年可能是北半球自1400年以来最热的三十年,1901—2012年全球海陆表面平均气温上升了 $0.89^{\circ}\text{C}$  ( $0.69\sim 1.08^{\circ}\text{C}$ )<sup>[1]</sup>,1951—2012年平均气温上升了 $0.72^{\circ}\text{C}$  ( $0.49\sim 0.89^{\circ}\text{C}$ )<sup>[1]</sup>。气候变暖已成为“不可争论”的事实。气候变暖不仅改变着水资源的时空分布,还严重影响了各地的社会经济、生态

环境和人们的日常生活。气候变化对水资源的影响中,潜在蒸散量变化是一个不可忽略的影响因子。潜在蒸散量是水循环的重要组成部分,在水量平衡和能量平衡中起到非常关键的作用<sup>[2-5]</sup>。近几年来国内学者对潜在蒸散量进行了研究,得出较一致的结果是全国不同地区,太阳辐射和风速的减少是潜在蒸散量下降的主要原因<sup>[6-11]</sup>。这表明,影响潜在蒸散量的气候

收稿日期: 2014-05-08

修回日期: 2014-08-11

资助项目: 国家国际科技合作计划资助(2010 DFA92720-13); 新疆维吾尔自治区土壤学重点学科资助

第一作者: 加依娜古丽·窝扎提汗(1988—),女(柯尔克孜族),新疆塔城人,硕士研究生,研究方向为气候变化。E-mail: jiayinaguli7013@163.com

通信作者: 巴特尔·巴克(1973—),男(维吾尔族),新疆莎车县人,教授,研究方向为干旱区生态与环境。E-mail: bateerbake@163.com

因子较多,不同地区的气候特征决定着潜在蒸散量的变化和主要因子存在区域性差异。

塔吉克斯坦位于中亚东南部,是个多山及干旱的国家,分布在亚热带边界和温带气候区。塔吉克斯坦有丰富的水资源,所以被称为中亚国家中的“水塔”,是中亚国家包括我国新疆南疆地面水资源的主要来源。但是,最近全球气候变暖,使帕米尔高山上的冰川快速消融,使得这一区域的干旱、山体滑坡以及粮食短缺和疾病现象不断加剧<sup>[12-13]</sup>,当地冰雪覆盖面积也减少了1/3<sup>[14]</sup>。塔吉克斯坦两大河流阿姆河和锡尔河最终流入咸海,但是最近几十年咸海面积急剧缩小,已经分成3个小湖,到了2007年3个小湖总面积缩小到咸海极盛时的10%,咸海已经不存在了<sup>[15]</sup>。因此,在全球气候变暖的大背景下,本文讨论该区潜在蒸散量的时空变化特征,为水资源的合理开发与利用提供科学依据并为生态环境保护措施提供参考依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

塔吉克斯坦位于欧亚大陆的中心,是中亚独联体南部的一个国家,纬度 $36^{\circ}40'—41^{\circ}05'$ ,经度 $67^{\circ}31'—75^{\circ}14'$ 。塔吉克斯坦国土面积是14.31万 $\text{km}^2$ ,东西长达700 km,南北跨越350 km。北边和西边分别与乌兹别克斯坦和吉尔吉斯斯坦接壤,南邻阿富汗,东边与中国接界。该国边界周长共计3 000 km。国土划分为4个行政区域:索格特州、哈特隆州、戈尔诺—巴达赫尚自治州以及国家直辖区。塔吉克斯坦全境属典型的大陆性气候,气温变化明显,南北温差较大,降水稀少。塔吉克斯坦有三条较大的河流和卡腊库利湖,由北到南依次是锡尔河、泽拉夫尚河、阿姆河及其支流喷赤河、瓦赫什河。由高原奔腾而下的河水落差大,形成丰富的水力资源。塔吉克斯坦是一个“山地之国”。山区面积约占国土总面积的93%。其中,50%以上的地区海拔高于3 000 m。海拔高度从海拔300 m

到7 495 m不等。西部沙漠和图兰低地的半沙漠缓慢转变为丘陵地带。向东是青藏高原和巨大的天山山脉。这种地理位置使其自然条件和环境极具多样性。该国地形形态不一,北面是费尔干纳盆地(Ferghana valley)和苦拉敏(Kuramin)山岭。共和国的中央地区是科希斯坦山脉,东面是帕米尔高原——塔吉克斯坦最严寒的山区(最高峰是索莫尼峰 Ismoil Somoni),海拔高度为7 495 m。

### 1.2 数据来源

采用英国 East Anglia 大学 Climatic Research Unit(CRU)最近释放的1901—2010年全球陆面月平均地面数据集CRU-TS-3.1,其空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ (<http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/cru/data>),是nc格式数据。

### 1.3 研究方法

采用趋势分析、滑动平均、累计距平、Mann-Kendall 突变检验法、小波分析法以及 Kriging 插值法对塔吉克斯坦近百年(1901—2011年)潜在蒸散量时空变化进行分析<sup>[16-21]</sup>。潜在蒸散量数据四季划分是:春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)、冬季(12—2月)。

## 2 结果与分析

### 2.1 潜在蒸散量的时间变化趋势

2.1.1 潜在蒸散量的年代际变化 塔吉克斯坦1901—2011年平均潜在蒸散量为937.70 mm,最高值出现在1917年,其值为1 009.53 mm,最低值出现在1969年,其值为866.24 mm,极差为143.29 mm。塔吉克斯坦百年潜在蒸散量总体上呈微弱的减少趋势(图1A),气候倾向率为 $-1.25 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。从塔吉克斯坦地区累计距平(图1B)可知,在1901—1947年呈增加趋势,1947年达到最大值。1947—2011年呈较少趋势,1988年达到最小值而后增加。

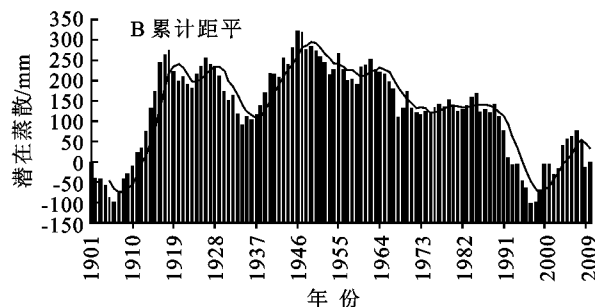
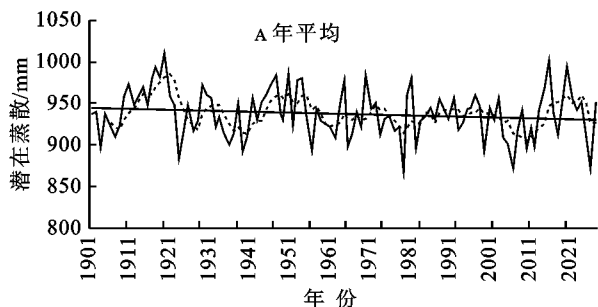


图1 1901—2011年塔吉克斯坦百年年平均潜在蒸散变化趋势

2.1.2 潜在蒸散量的季节变化 塔吉克斯坦四季潜在蒸散量均呈小幅下降趋势(图2)。春季平均潜在蒸散量为231.31 mm(图2A<sub>1</sub>),呈微弱的增加趋势,

其气候倾向率为 $0.2 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ,潜在蒸散量最高值出现在2000年,其值为272.59 mm,最低值出现在1906年,其值为190.83 mm。从累计距平曲线(图

2A<sub>2</sub>)可知,该区潜在蒸散量在 1901—1919 年期间呈显著的增加趋势,1947 年达到最高值后逐渐减小,1998 年达最低值而后呈增加趋势。夏季平均潜在蒸散量为 433.21 mm(图 2B<sub>1</sub>),呈明显的下降趋势,气候倾向率为  $-1.36 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ,潜在蒸散量最高值出现在 1914 年,其值为 462 mm,最低值出现在 1993 年,其值为 387.61 mm。从塔吉克斯坦夏季累计距平曲线(图 2B<sub>2</sub>)可知,1901—1927 年呈显著增加趋势,1927 年达到最高值,而后呈下降趋势,到 1999 年降至最低,而后开始增加。秋季平均潜在蒸散量呈微弱的下降趋势(图 2C<sub>1</sub>),其值为 201.14 mm,气候倾向率为  $-0.36 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ,最高值出现在 1915 年,其

值为 217.42 mm,最低值出现在 1982 年,其值为 180.81 mm。从累计距平曲线(图 2C<sub>2</sub>)可以看出,该区秋季累计距平曲线在 1901—1956 年期间呈增加趋势,到 1956 年达最大值,而后下降,到 1996 年至最低。冬季平均潜在蒸散量为 71.17 mm,呈微弱的增加趋势(图 2D<sub>1</sub>),气候倾向率为  $0.01 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ,最高值出现在 1965 年,其值为 82.83 mm,最低值出现在 1968 年,其值为 57.56 mm。从冬季累计距平曲线(图 2D<sub>2</sub>),可知,该区冬季累计距平曲线在 1901—1927 年期间呈增加趋势,1927 年达到最高值,而后呈明显的下降趋势,到 1934 年最低,然后开始波动增加。

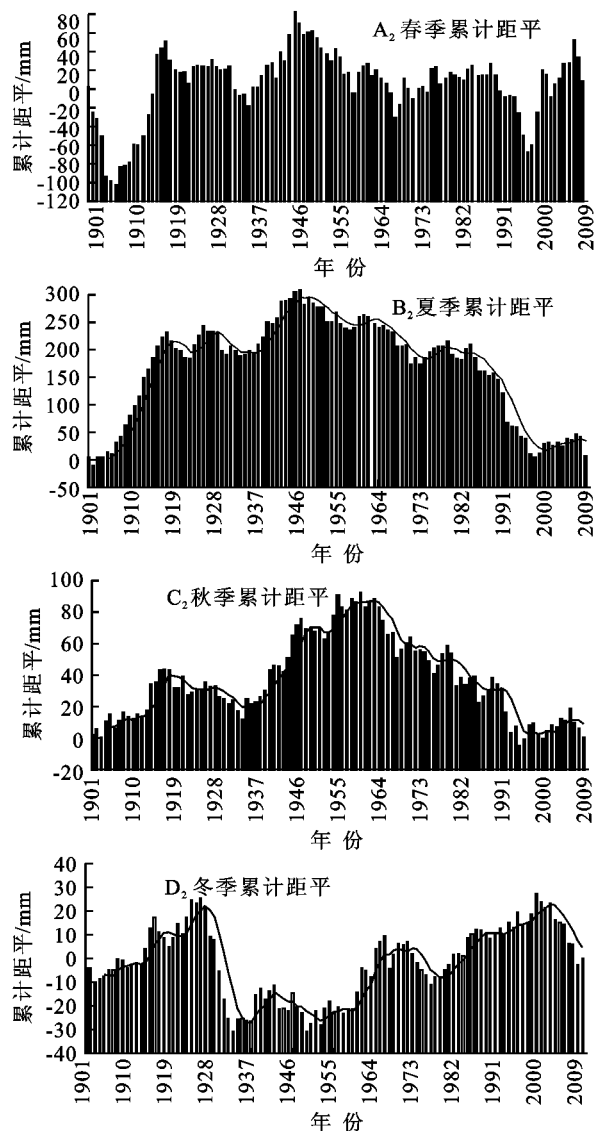
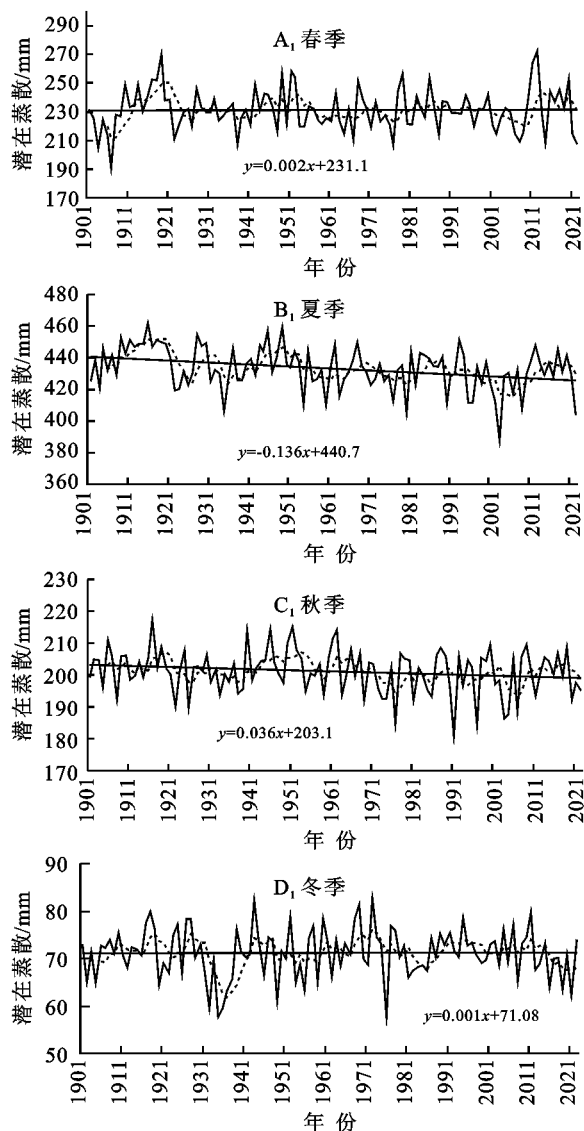


图 2 塔吉克斯坦地区四季潜在蒸散量的年际变化趋势(1901—2011 年)

2.1.3 潜在蒸散量的突变分析 塔吉克斯坦年平均潜在蒸散量 M-K 检验结果表明(图 3A),UF 和 UB 曲线在 1911 年超出  $\alpha=0.05$  的临界线( $y=\pm 1.96$ ),UF 和 UB 曲线多次相交于临界线之间,20 世纪 30 年代开始发生突变,突变后塔吉克斯坦年平均潜在蒸

散量呈现出明显的下降趋势。春季平均潜在蒸散量(图 3B)可知,UF 和 UB 曲线多次相交于临界线之间,并在 1913 年超过了临界线,春季平均潜在蒸散量在 20 世纪 50 年代开始发生突变,突变后呈现出显著的下陷趋势。塔吉克斯坦夏季平均潜在蒸散量(图

3C)可知,UF 和 UB 曲线相交于临界线之间,并在 1910 年超过了临界线,突变年年份为 1948 年,突变后也呈现出显著的下陷趋势。秋季平均潜在蒸散量(图 3D)和冬季平均潜在蒸散量(图 3E)的 UF 和 UB 曲线没有超过临界线,没有显著的变化趋势,因此,判定没有突变。

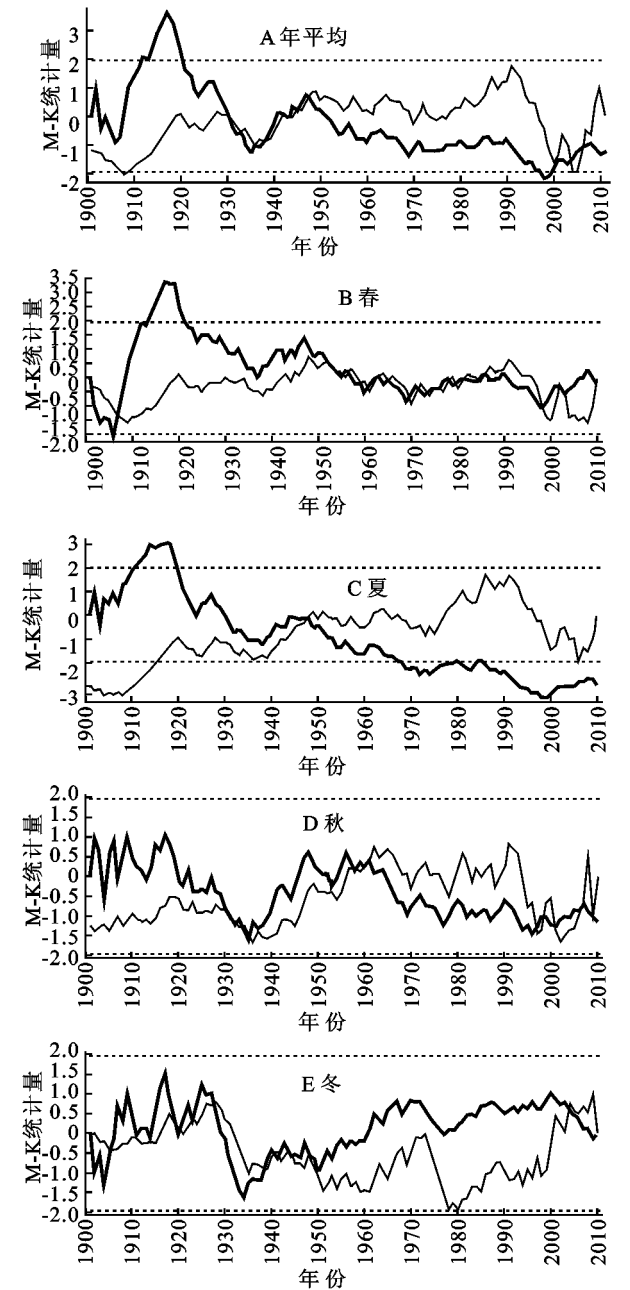


图 3 1901—2011 年塔吉克斯坦地区、季潜在蒸散量的 M-K 分析

2.1.4 潜在蒸散量的小波分析 研究区域潜在蒸散量 Morlet 小波趋势结果表明,年潜在蒸散量变化存在 10~25 a 左右的周期(图 4A),通过计算年降水的小波方差,小波在 24 a 尺度上达到峰值,表明在过去百年研究区域的年潜在蒸散量以 24 a 为准变化周期;春季存在 17~30 a 左右的潜在蒸散量周期(图 4B),通过计算春季的小波方差,小波 30 a 尺度上达

到峰值,表明在过去百年研究区域的春季以 30 a 为准变化周期;夏季存在 24 a 左右的降水周期(图 4C),通过计算夏季的小波方差,小波在 24 a 尺度上达到峰值,表明其以 18 a 为准变化周期;秋季存在 5~10 a 的变化周期(图 4D),通过计算秋季的小波方差,小波在 7 a 尺度上达到峰值,表明其以 7 a 为准变化周期;冬季存在 10~25 a 左右的降水周期(图 4E),通过计算冬季的小波方差,小波在 21 a 尺度上达到峰值,表明其以 21 a 为准变化周期。

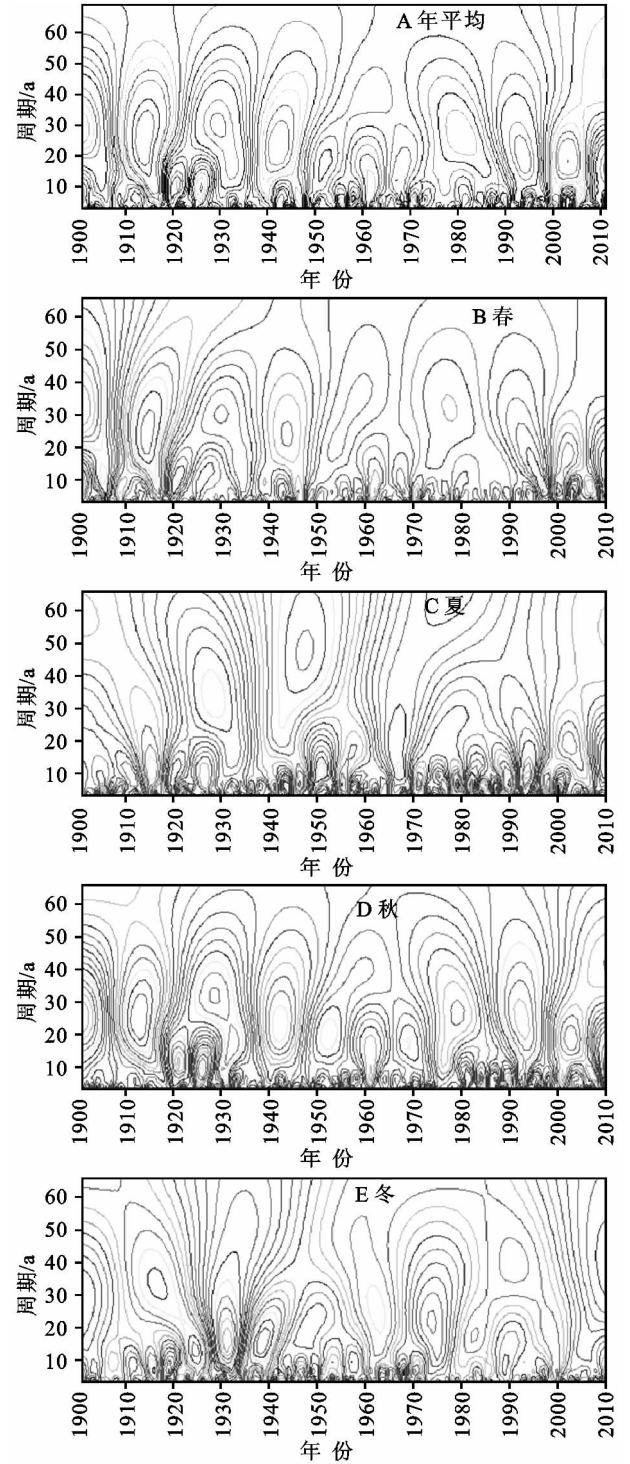


图 4 1901—2011 年塔吉克斯坦地区、季潜在蒸散量的小波分析

### 3 潜在蒸散量的空间变化特征

#### 3.1 年平均潜在的空间变化特征

塔吉克斯坦百年年平均潜在蒸散量在空间上表现为西部高东部低,自西部向东部递减(图 5A)。年潜在蒸散量的变化范围为 653.19~1 324.12 mm。其中,西南和西北地区的增加趋势较为明显,西部偏中地区产生潜在蒸散量高值中心,而东部地区产生低值中心,其值不足 600 mm。1901—1930 年,塔吉克斯坦地区年潜在蒸散量距平值(图 5B)可知,潜在蒸散量在该时段除西北地区表现为明显的较少趋势外,其他绝大地地区呈微弱的增加趋势,其中西南地区增加的趋势较为明显,潜在蒸散量增加 21.24 mm。1931—1960 年,研究区域的年潜在蒸散量(图 5C)在西南和北部地区增加较明显,其增加 14.43 mm,而东部大部分和西部一小部分地区呈下降趋势,其值下降-8.55 mm。1961—1990 年,研究区域的年潜在蒸散量(图 5D)在空间上有东部地区向西部和西南地区递减的趋势,其中下降趋势最明显的地区是西南地区,下降-18.79 mm,而东部地区增加趋势较明显,其增幅达 4.81 mm。1991—2011 年,研究区域潜在蒸散量(图 5E)在空间上除北部地区明显增加之外,其它大部分地区呈减少趋势,其中东部地区减少趋势最为明显,潜在蒸散量减少-22.28 mm,而北部地区则增加 14.64 mm。

#### 3.2 潜在蒸散量的季节分布特征

从图 6 可知,四季潜在蒸散量与年潜在蒸散量基本一致,都呈西部向东部递减的趋势。春季潜在蒸散量(图 6A)的变化范围为 158.52~350.65 mm,其中西部地区增加趋势较为明显,并在西部偏中地区产生高值中心,而东部地区则产生低值中心。夏季潜在蒸散量(图 6B)的变化范围为 319.50~631.43 mm,其中最小值依然出现在东部地区,而最大值出现在西部地区。秋季潜在蒸散量(图 6C)的变化范围为 143.16~268.16 mm,其中最大值出现在西部地区,而最小值出现在东部地区。冬季潜在蒸散量(图 6D)的变化范围为 39.61~112.92 mm,最大值和最小值依然依次出现在西部和东部地区。四季潜在蒸散量中夏季潜在蒸散量最多,春季和秋季较多,而冬季则最少。

### 4 结论与讨论

塔吉克斯坦近百年和四季潜在蒸散量在时间上呈微弱的减少趋势,气候倾向率为-1.25 mm/10 a,其中春季潜在蒸散量减少趋势最明显;年平均潜在蒸散量在 1901—1947 年呈增加趋势,1947 年达到最大

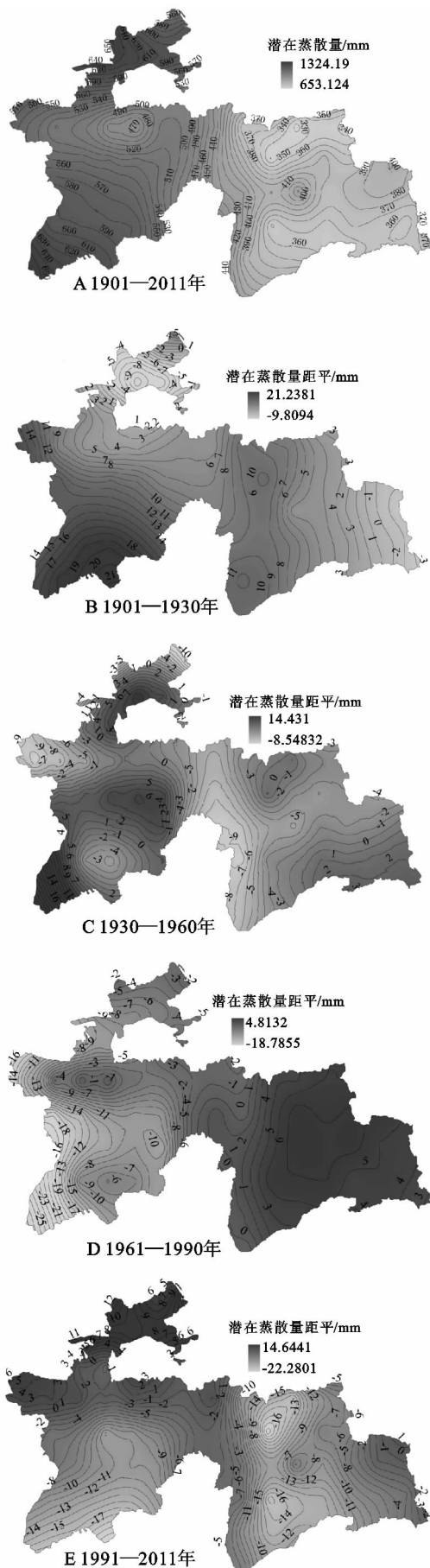


图 5 1901—2011 年塔吉克斯坦年平均潜在蒸散量的空间分布

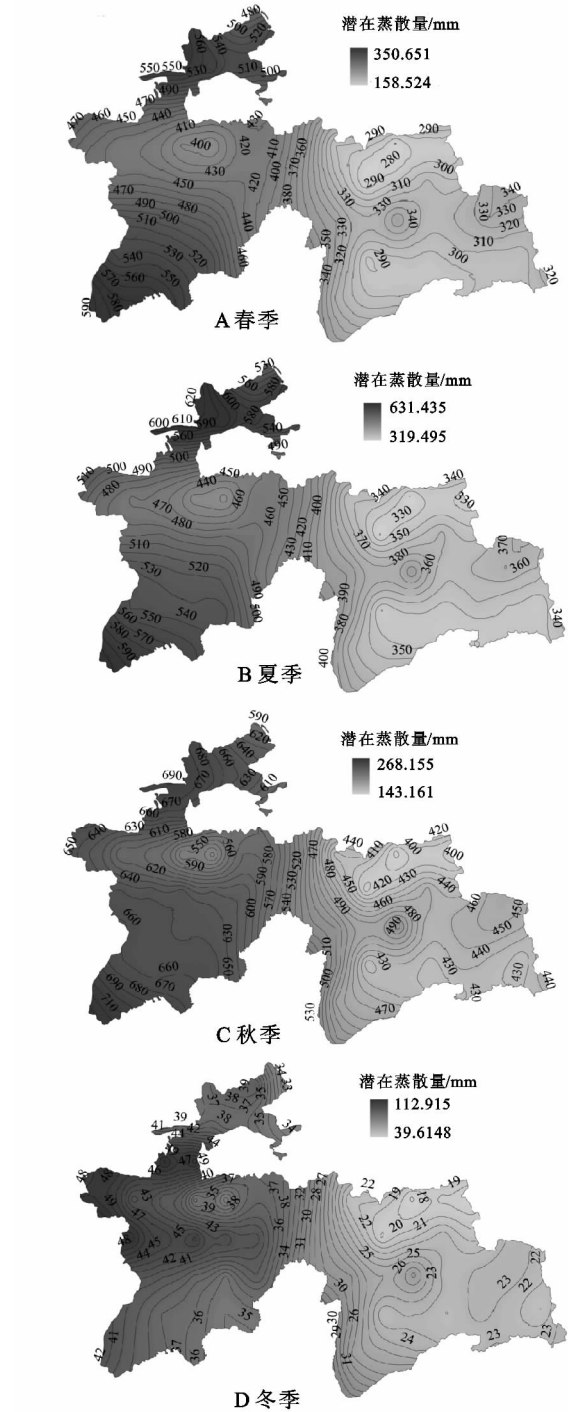


图 6 1901—2011 年塔吉克斯坦年平均季节  
潜在蒸散量的空间分布

值,在 1947—2011 年呈减少趋势,1988 年达到最小值而后增加;年平均潜在蒸散量、春季和夏季平均潜在蒸散量分别在 20 世纪 30 年代、50 年代和 40 年代开始发生突变,突变后都呈现显著的下降趋势,秋季平均潜在蒸散量和冬季平均潜在蒸散量没有发生突变;年潜在蒸散量、春季、夏季、秋季和冬季潜在蒸散量分别以 24,30,18,7,21 a 为准变化周期。在空间上,塔吉克斯坦近百年和四季潜在蒸散量都呈西部向东部递减的过程,四季潜在蒸散量中夏季潜在蒸散量

最多,春季和秋季较多,而冬季则最少。这结果表明,气候变暖背景下潜在蒸散量存在经纬度差异,另一方面反映了潜在蒸散量受区域和地形差异的影响。塔吉克斯坦东西复杂的地形条件影响到该区域的气温、降水量和水汽压等气象要素的分布,因而影响到该区域潜在蒸散量的变化趋势和空间分布。

参考文献:

[1] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

[2] Xu C Y, Sing V P. Evaluation of three complementary relationship evapotranspiration models by water balance approach to estimate actual regional evapotranspiration in different climate regions[J]. Journal of Hydrology, 2005, 308(1/4): 105-121.

[3] Zhang Q, Xu C Y, Chen Y D, et al. Comparison of evapotranspiration variations between the Yellow River and Pearl River basin, China[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2011, 25(2): 139-150.

[4] Peterson T C, Golubev V S, Groisman P Y. Evaporation Losing its strength[J]. Nature, 1995, 377(6551): 687-688.

[5] Chattopadhyay N, Hulme M. Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate change[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1997, 87(1): 55-73.

[6] Roderick M L, Farquhar G D. Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002[J]. International Journal of Limatology, 2004, 24(9): 1077-1090.

[7] 高歌,陈德亮,任国玉,等. 1956—2000 年中国潜在蒸散量变化趋势[J]. 地理研究, 2006, 25(3): 378-387.

[8] 曾燕,邱新法,刘昌明,等. 1960—2000 年中国蒸发皿蒸发量的气候变化特征[J]. 水科学进展, 2007, 18(3): 311D318.

[9] 尹云鹤,吴绍洪,郑度,等. 近 30 a 我国干湿状况变化的区域差异[J]. 科学通报, 2005, 50(15): 1636-1642.

[10] 郭军,任国玉. 黄淮海流域蒸发量的变化及其原因分析[J]. 水科学进展, 2005, 16(5): 666-672.

[11] 王艳君,姜彤,许崇育. 长江流域 20 cm 蒸发皿蒸发量的时空变化[J]. 水科学进展, 2006, 17(6): 830-833.

[12] Makhmadaliev B, Novikov V, Kayumov A, et al. National action plan for climate change mitigation [G]. Ministry for nature protection of the Republic Tajikistan. Main administration on hydrometeorology and environmental pollution monitoring. Dushanbe, June, 2003.

### 3.2 讨论

通过构建土地利用效益评价体系与耦合协调度模型,探讨了武汉城市圈土地利用效益、耦合度和耦合协调度的区域空间特征,为区域土地利用效益改善提供了参考。本文选取武汉城市圈 2011 年的截面数据,对区域内各地区土地利用效益进行了横向对比分析,但受限于武汉城市圈面板数据获取的困难,在分析区域土地利用效益长期变化规律上缺乏纵向认识,影响了城市圈土地利用效益总体特征的辨识,今后需要补充数据进一步完善分析结果。此外,本文仅从社会经济效益和生态环境效益两个维度上评价土地利用系统的耦合协调关系,如何从更多的维度分析城市圈土地利用效益内在属性,将是下一步研究的方向与内容。

#### 参考文献:

- [1] 彭建,蒋依依,李正国,等.快速城市化地区土地利用效益评价[J].长江流域资源与环境,2005,14(3):204-309.
- [2] 叶敏婷,王仰麟,彭建,等.深圳市土地利用效益变化及其区域分异[J].资源科学,2008,30(3):401-408.
- [3] 朱瑜馨,张锦宗.对应分析在土地利用综合效益评价中的应用[J].地理科学进展,2010,29(4):478-482.
- [4] 曹堪宏,朱宏伟.基于耦合关系的土地利用效益评价:以广州和深圳为例[J].中国农村经济,2010(8):58-66.
- [5] 董雯,杨宇,周艳时.干旱区绿洲城市土地利用效益研究:以乌鲁木齐为例[J].干旱区地理,2011,34(3):679-684.
- [6] 宋戈,高楠.基于 DEA 方法的城市土地利用经济效益分析:以哈尔滨市为例[J].地理科学,2008,28(2):185-188.
- [7] 梁红梅,刘卫东,刘会平,等.深圳市土地利用社会经济

效益与生态环境效益的耦合关系研究[J].地理科学,2008,28(5):636-641.

- [8] 李冠英,张建新,刘培学,等.南京市土地利用效益耦合关系研究[J].地域研究与开发,2012,31(1):130-134.
- [9] 申海元,陈瑛,张彩云,等.西安市土地利用综合效益研究[J].土壤通报,2009,40(2):209-212.
- [10] 张旺锋,林志明.兰州市城市土地利用效益评价[J].西北师范大学学报:自然科学版,2009,45(5):99-103.
- [11] 程龙,董捷.武汉城市圈建设用地增减挂钩潜力分析[J].农业现代化研究,2012,33(1):95-99.
- [12] 王国刚,刘彦随,方方.环渤海地区土地利用效益综合测度及空间分异[J].地理科学进展,2013,32(4):649-656.
- [13] 孙凯,鞠晓峰,李煜华.基于变异系数法的企业孵化器运行绩效评价[J].哈尔滨理工大学学报,2007,12(3):165-172.
- [14] 胡永宏.对 TOPSIS 法用于综合评价的改进[J].数学的实践与认识,2002,32(4):572-575.
- [15] 韩瑞玲,佟连军,宋亚楠.基于生态效率的辽宁省循环经济分析[J].生态学报,2011,31(16):4733-4740.
- [16] 陶江,吴世新,董雯.天山北坡经济带土地利用效益评价[J].干旱区地理,2009,32(6):987-990.
- [17] 刘耀斌,李仁东,宋学锋.中国城市化与生态环境耦合度分析[J].自然资源学报,2005,20(1):105-112.
- [18] 吴玉鸣,柏玲.广西城市化与环境系统的耦合协调测度与互动分析[J].地理科学,2011,31(12):1474-1479.
- [19] 吴大进,曹力,陈立华.协同学原理和应用[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.
- [20] 宋成舜,谈兵,黄莉敏,等.城市土地集约利用效益耦合协调度分析:以咸宁市为例[J].土壤,2013,45(4):746-751.

(上接第 285 页)

- [13] Karimov U, Kayumov A, Makhmadaliev B, et al. Republic of Tajikistan ministry for nature protection main administration on hydrometeorology and environmental monitoring. The first national communication of the Republic of Tajikistan to the United Nations framework convention on climate change [G]. Dushanbe, September, 2002.
- [14] Kayumov A, Rajiabov I. State Agency for Hydrometeorology of Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan. Glaciers-water resource of Tajikistan in condition of the climate change [G]. Dushanbe, November, 2010.
- [15] 吐尔循·哈斯木,哈斯木·阿皮孜.咸海的变迁及其对周

围环境的影响[J].新疆大学学报,2002,19(4):492-494.

- [16] 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术[M].北京:气象出版社,2007:36-69.
- [17] 刘晓云,岳平,徐殿祥.酒泉市最近 54 a 气温和降水特征分析[J].干旱区研究,2006,23(3):496-499.
- [18] 刘德林.郑州市近 60 a 来降水变化特征及突变分析[J].水土保持研究,2011,18(5):236-238.
- [19] 杨凤海.基于 GIS 的黑龙省气候资源时空变异研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2010.
- [20] 韩雪云,杨青,姚俊强.新疆天山山区近 51 a 来降水变化特征[J].水土保持研究,2013,20(2):139-144.
- [21] 黄秋霞,赵勇,何清.基于 CRU 资料的中亚地区气候特征[J].干旱区研究,2013,30(3):396-403.