

秦岭南北年极端气温的时空变化趋势研究

张立伟 宋春英 延军平

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要:依据 1960~2009 年秦岭南北地区 60 个气象站数据,主要应用 M-K 突变检验、kriging 插值法对秦岭南北地区近 50 a 来年平均气温、年极端最高、最低气温的时空变化特征进行了分析。结果显示:① 年均气温和极端最高、最低气温的气候倾向率关系为陕南<关中<全国、关中<全国<陕南、陕南≈关中<全国。② 秦岭南北地区年均气温突变年份均为 1997 年,晚于全国;年极端最高温度突变都不显著,年极端最低气温的突变年份都为 1978 年。③ 年均气温和极端最低气温的空间分布为南高北低,沿纬向分布;极端最高气温为东高西低,呈经向分布。

关 键 词:气候变化;极端气温;秦岭南北

中图分类号: P468.0⁺21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2011)08-1007-05

引 言

20 世纪以来,全球气候变暖背景下的气候极端值和极端事件的变化引起了众多学者的关注。特别是近年来,由于人类活动以及自然因素等的综合影响,不断出现大范围气候异常现象,给社会、经济和人民生活造成了严重的影响和损失。2007 年政府间气候变化专门委员会(IPCC)完成的第四次评估报告(AR4),综合评估了气候变化科学、气候变化的影响和应对措施的最新研究进展^[1]。国外学者对极端气温,特别是极端最高气温的研究已经卓有成效。Karl 等的研究揭示,在美国和前苏联极端最低温度在过去几十年有明显上升趋势,而极端最高温度的变化则表现出较强的区域性,从大范围看为无显著的变化趋势^[2]。Frich 等发现 20 世纪后半叶逐年的极端最高温度与极端最低温度的差异在显著减小^[3]。在国内,许多学者的研究也表明,近 50 a 中国气候最高温度略有增温、最低温度显著增温,且极端最低温度的显著增高是平均气温增高的主要贡献因素,而这种特征反映了温室效应持续加强的迹象;中国年极端最低气温的气候线性增长率($0.53^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)大于年极端最高气温($0.074^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)和年均气温的气候倾向率($0.26 \pm 0.032^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)^[4~10]。

纵观众多的研究,大多数是只对某一地理环境相似区域的研究,对于生态脆弱区,尤其是像秦岭这样的重要的地理界限区的研究还较少。延军平分析了秦岭南北地区的环境变化,指出秦岭南北都有暖干化趋势^[11,12]。中国平均气温的升温和纬度变化存在一定的关系^[13]。卢爱刚研究认为大约在以秦岭-淮河一线的 33°N 左右是中国气温突变时间最晚的地带,以此为界,往高纬度和低纬度方向上都趋于提前^[14],可见这一地区的特殊性明显。而在全球变暖背景下秦岭南北极端气温的响应的研究至今还是一片空白。秦岭是亚洲大陆东部海拔最高的山地,在全球环境变化中具有重要意义,其南北的气候环境和全国相比既有相同点又有其特殊性。以其南北两侧的关中地区与陕南地区作为研究对象,进行极端最高和极端最低气温的比较研究,具有典型性,是区域环境变化对全球变化响应研究领域中的一个重要组成部分。

1 研究区概况、资料与方法

秦岭是中国南北地理环境的重要分界线,是亚洲东部暖温带与亚热带之间的过渡带,又是典型的“生态环境脆弱区”,其主要地段和高峰都在陕西省境内。本文采用陕西省境内的秦岭南北地区($105^{\circ}30'\sim 111^{\circ}1'E$, $31^{\circ}43'\sim 35^{\circ}51'N$)作为研究区

收稿日期:2010-09-21; 修订日期:2010-11-08

基金项目:国家自然科学基金项目“秦岭南北全球变化适应度评价及可持续发展模式选择”(40871052)、陕西师范大学研究生培养创新基金(2011CX045)资助。

作者简介:张立伟(1985-),男,陕西咸阳人,硕士研究生,主要从事全球变化与自然灾害研究。E-mail: whaxy42@163.com

域,有利于保持资料的完整性,研究的可比性,与应用的方便性。

本文采用的气象数据来源于陕西省气象局,选取了秦岭以北关中平原 34 个气象站点和南部的陕南地区 26 个气象站点 1960~2009 年近 50 a 的年极端最高、极端最低气温和年平均气温记录资料。主要运用 Mann-Kendall 检验法^[15],kriging 插值法^[16]和其他数理统计方法进行分析。

2 极端气温的时间变化特征

2.1 统计特征

分析表 1 可知,近 50 a 关中地区年均气温、极端最低气温小于陕南,极端最高气温、极差(极端最高气温-极端最低气温)大于陕南;除关中最低气温的变差系数小于陕南外,其他量均大于陕南。

关中的年平均气温气候倾向率为 $0.203^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,明显高于其极端最高和极端最低气温的气候倾向率;陕南的年均温的气候倾向率为 $0.121^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,略低于其极端最高和极端最低气温的气候倾向率。对比分析可知陕南极端最高气温的气候倾向率显著高于关中,呈较高的增加趋势,而陕南极端最低气温的气候倾向率基本等同于关中。关中地区的极差下降速率明显高于陕南。

总体来说,秦岭南北两地气温的极差在减少且关中地区远大于陕南,两地极端最低气温增加幅度明显高于极端最高气温,极端最低气温对平均气温

的升高贡献最大。呈现这种极端最高、最低温度非对称性的增长和中国近 50 a 日极端温度的变化趋同^[17],其原因可能源自 CO_2 浓度的增加所产生的温室效应^[8,18],而关中地区经济较陕南地区发达,人类活动对气候产生了较大影响。

表 1 秦岭南北年温度变化描述统计

Table 1 Temperature changes of northern and southern Qinling Mountains

		实际值 ($^{\circ}\text{C}$)	变差系数 (%)	气候倾向率 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)
关中	平均气温	12.20	4.44	0.203
	最高气温	37.51	3.25	0.039
	最低气温	-12.76	15.48	0.151
	极差	50.27	6.28	-0.267
陕南	平均气温	13.72	3.41	0.121
	最高气温	36.52	3.11	0.129
	最低气温	-7.81	17.37	0.150
	极差	44.33	3.87	-0.01

2.2 年际变化

分析图 1 可知,近 50 a 来秦岭南北平均气温变化趋势基本一致,1997 年以前两地年均温都呈降低趋势,且在 1997 年两地同时发生了增温突变;突变以后两地都呈增温趋势,关中、陕南分别在 2002、2006 年达到增温显著水平(图 1 中平行虚线是显著性水平 $\alpha=0.05$ 时, $U_{\alpha}=\pm 1.96$ 的临界值线,下同)。

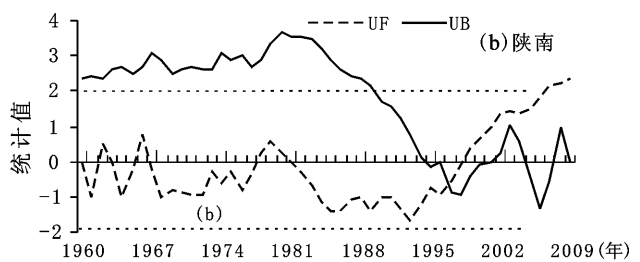
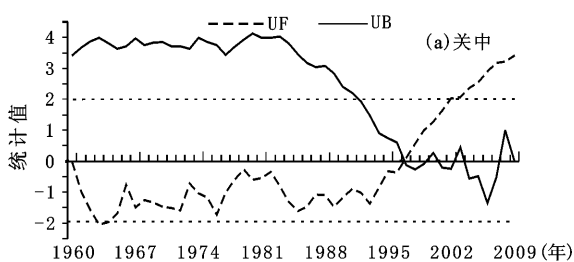


图 1 秦岭南北平均气温 M-K 检验

Fig. 1 Average temperature M-K test of southern (b) and northern (a) Qinling Mountains

分析图 2 可知,关中地区年极端最高气温在整个 20 世纪中后期呈下降趋势,且在 1983~1994 年间达到了下降趋势显著水平,2005 年后呈现上升趋势;陕南地区 20 世纪 60、70 年代极端最高气温呈增温趋势,80 年代到 90 年代中期呈降温趋势,在 1996 年以后呈增温趋势;两地年最高气温近年波动较大,突变点都不明显。

分析图 3,从 UF 曲线看出,关中地区 20 世纪 60、70 年代极端最低气温呈降低趋势,1980 年以后呈增温趋势,1987~1990 年间增暖趋势十分显著,且在 1978 年发生增温突变。陕南地区的极端最低气温除 20 世纪 60 年代前期和 70 年代后期出现降温趋势外,其余年份均呈升温趋势,在 1987 年后呈升温趋势,距今最近的升温突变点出现 1978 年。

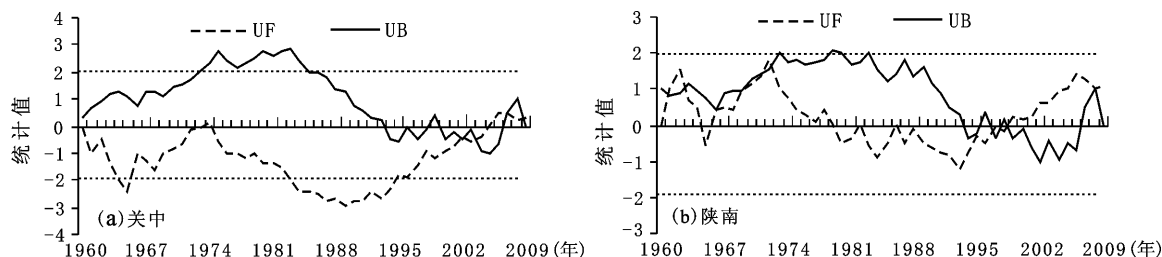


图2 秦岭南北极端最高气温的 M-K 检验

Fig. 2 M-K test of highest temperature of northern and southern Qinling Mountains

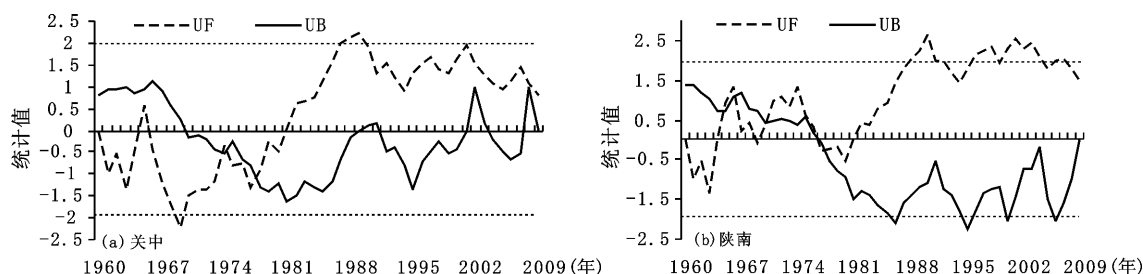


图3 秦岭南北极端最低气温的 M-K 检验

Fig. 3 M-K test of lowest temperature of northern and southern Qinling Mountains

3 极端气温的空间分布特征

分析图4得知,关中和陕南地区平均气温的变化范围为 $7.9 \sim 15.7^{\circ}\text{C}$,总体表现为南高北低,沿纬向分布。咸阳市北部的彬县、旬邑和长武三地冷中心,安康地区的中部为暖中心。秦巴山地对平均气温的空间分布有较明显的影响,由于秦岭最高峰太白峰的存在,太白县地区平均气温纬向分布中断;另外,受大巴山影响,安康南部气温较低。

由图5可知,关中、陕南地区年极端最高气温的空间分布基本表现为东高西低,温度变化范围为 $30.97 \sim 39.36^{\circ}\text{C}$,呈经向分布。一个冷中心出现在略阳,暖中心的范围较广,东北-西南向横穿渭南,

另外一个暖中心位于蓝田县。以秦岭为界,暖中心出现在秦岭以北,冷中心在其南。极端最低气温的空间分布与平均气温基本一致,可见秦岭南北差异很大。

由图6可知,关中、陕南地区年极端最低气温和年平均气温的分布近似,自北向南依次增高,温度变化范围为 $-20.1 \sim -4.8^{\circ}\text{C}$,呈明显的纬向分布。

比较秦岭南北图4~6的气候倾向率空间分布图发现,秦岭以北的关中地区平均气温增速较快,以南的陕南地区较慢,增速最低点位于商南县;陕南地区极端最高气温的增温速率明显高于关中,最大值点位于陕南商洛市的镇安、柞水,最小值点出现在关中咸阳的乾县、礼泉,渭南的蒲城、大荔,安

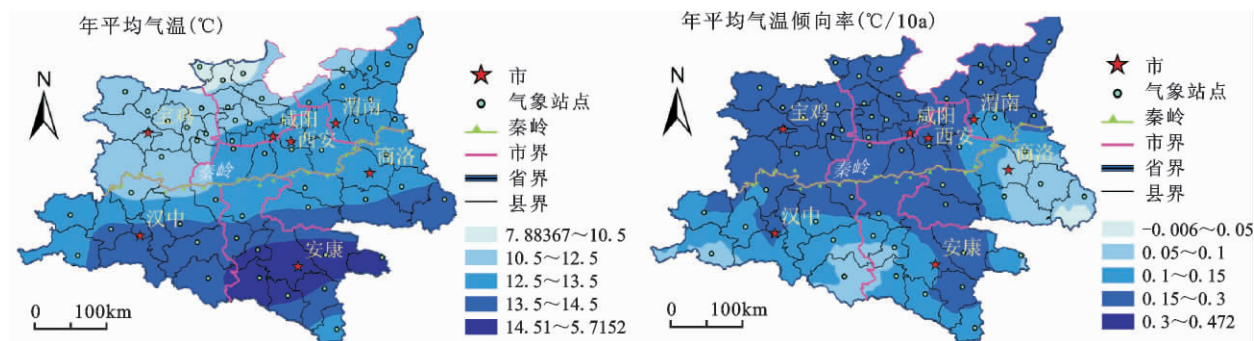


图4 秦岭南北平均气温及其气候倾向率空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of average temperature and its climate trend rate of northern and southern Qinling Mountains

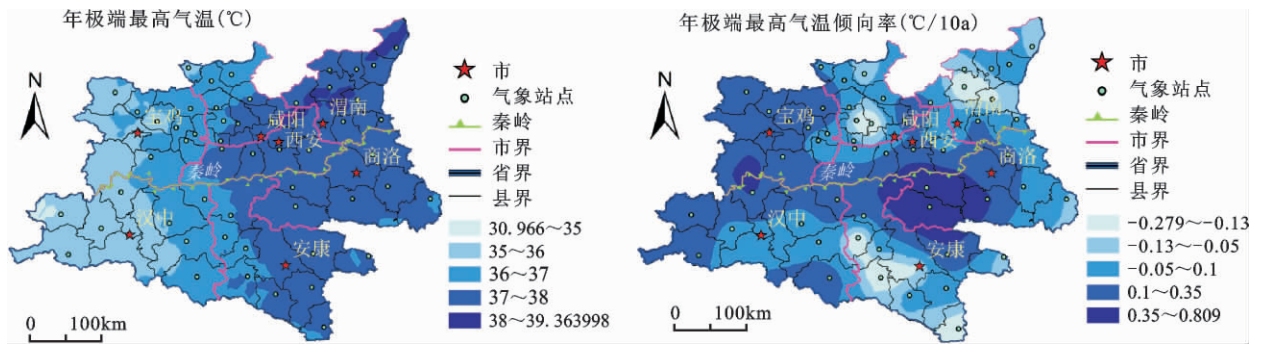


图5 秦岭南北极端最高气温及其气候倾向率空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of highest temperature and its climate trend rate of northern and southern Qinling Mountains

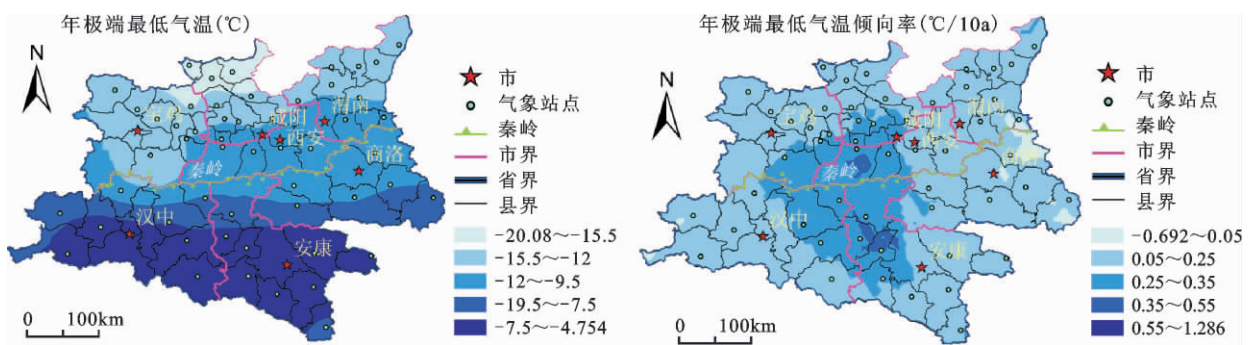


图6 秦岭南北极端最低气温及其气候倾向率空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of lowest temperature and its climate trend rate of northern and southern Qinling

康的紫阳、石泉、镇坪等地;秦岭南北年极端最低气温的气候倾向率总体以关中的周至、陕南的石泉、汉阴为中心向外同心降低。

4 结 论

1) 近 50 a 来,秦岭南北地区的平均气温、极端最高气温和极端最低气温均呈增温趋势,但幅度不同;年均气温气候倾向率关系为陕南($0.121^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) < 关中($0.203^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) < 全国 [$(0.26 \pm 0.032)^{\circ}\text{C}/10\text{a}$];年极端最高气温气候倾向率关系为关中($0.039^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) < 全国($0.074^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) < 陕南($0.129^{\circ}\text{C}/10\text{a}$);年极端最低气温气候倾向率的关系为陕南($0.15^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) $\approx$ 关中($0.151^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) < 全国($0.53^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)。可见年极端最低气温的升高对秦岭南北地区的增温趋势影响较大,秦岭的气候分界意义明显。

2) 近 50 a 来,通过 Mann-Kendall 检验得出关中陕南地区年均气温突变年份均为 1997 年,晚于全国其他地区的突变时间和北半球的平均气温突变时间(1993 年)^[8];极端最高温度突变点不明显,极端最低气温的突变年份都为 1978 年。

3) 近 50 a 来,秦岭南北地区平均气温总体表现为南高北低,沿纬向分布;极端最高气温的空间分布基本表现为东高西低,呈经向分布,以秦岭为界,暖中心出现在秦岭以北,冷中心在南部;极端最低气温的空间分布与平均气温基本一致,秦岭南北差异很大。

4) 近 50 a 来,关中地区平均气温的气候倾向率大于陕南地区;极端最高气温的气候倾向率在秦岭山脊沿线区域较大,最大值点位于陕南的镇安、柞水,最小值点出现在咸阳、渭南和安康地区;秦岭南北极端最低气温的气候倾向率相差不大,变化速率基本一致。

参考文献:

- [1] IPCC. Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] Karl T R, Kukla G, Razuvayev V N, et al. Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change [J]. Geophys. Res. Lett., 1991, 18(12): 2253-2256.
- [3] Frich P, L V Alexander, P Della-Marta, et al. Observed coherent change in climatic extremes during the second half of the

- 20th Century[J]. Clim. Res. 2002 **19**(3): 193–212.
- [4] 龚志强, 王晓娟, 支 蓉, 等. 中国近 58 年温度极端事件的区域特征及其与气候突变的联系[J]. 物理学报, 2009 **58**(6): 4342–4353.
- [5] 何云玲, 张一平, 杨小波. 中国内陆热带地区近 40 年气候变化特征[J]. 地理科学, 2007 **27**(4): 499–505.
- [6] 孙凤华, 袁 健, 关 颖. 东北地区最高、最低温度非对称变化的季节演变特征[J]. 地理科学, 2008 **28**(4): 532–536.
- [7] 崔林丽, 史 军, 周伟东. 上海极端气温变化特征及其对城市化的响应[J]. 地理科学, 2009 **29**(1): 93–97.
- [8] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低温度变化[J]. 气象学报, 1997 **55**(4): 418–429.
- [9] 马柱国, 符淙斌, 任小波, 等. 中国北方年极端温度的变化趋势与区域增暖的联系[J]. 地理学报, 2003 **58**(增): 11–20.
- [10] 李庆祥, 董文杰, 李 伟, 等. 近百年中国气温变化中的不确定性估计[J]. 科学通报, 2010 **55**(16): 1544–1554.
- [11] Yan Junping, Liu Yansui. A study on environmental aridity over northern and southern to Qinling Mountains under climate warming[J]. Journal of eographical Sciences, 2001 **11**(2): 193–201.
- [12] 延军平. 秦岭南北环境响应程度比较[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [13] 卢爱刚, 庞德谦, 何元庆, 等. 全球升温对中国区域温度纬向梯度的影响[J]. 地理科学, 2006 **26**(3): 345–350.
- [14] 卢爱刚, 康世昌, 庞德谦, 等. 全球升温下中国各地气温变化不同步性研究[J]. 干旱区地理, 2009 **32**(4): 506–511.
- [15] 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.
- [16] 曹文静, 李强子, 蒙继华, 等. 基于 GIS 的气温插值方法比较[J]. 中国农业气象, 2007 **28**(增): 175–178.
- [17] 郭志梅, 缪启龙, 李 雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征的研究[J]. 地理科学, 2005 **25**(4): 448–454.
- [18] 孙凤华, 杨素英, 袁 健. 东北气候变化与极端气象事件[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 46–48.

Spatio-temporal Trends of Annual Extreme Temperature in Northern and Southern Qinling Mountains

ZHANG Li-wei, SONG Chun-ying, YAN Jun-ping

(College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: With global climate warming, the research on regional extreme climate change has remarkable significance. This paper, based on the meteorological data of the 60 stations in Qinling Mountains, analyzed the spatio-temporal characteristics of average, extreme high and low temperature in northern and southern Qinling Mountains, using Mann-Kendall mutation test and Kriging interpolation. The results showed that the order of climate trend rate of average annual temperature is that the southern part of Shaanxi < Guanzhong < other regions of China; the relationship of climate trend rate of annual high temperature is that: Guanzhong < other regions of China < the southern part of Shaanxi. The order of climate of extreme low temperature is that the southern part of Shaanxi $\approx$ Guanzhong < other regions of China. The mutation year of average annual temperature in the two areas was 1997, which is later than the other regions of China. But, extreme high temperature fluctuation is not significant. At the same time, the mutation year of extreme low temperature in the two areas was 1978. Qinling Mountains have the important geographical feature dividing line effect. The spatial distributions of average and extreme low temperature in the areas of Qinling Mountains display that the high temperature is in the southern area, but the low temperature in the northern area, which are distributed along the latitudinal. Contrarily, the spatial distribution of extreme high temperature shows that it is high in the eastern area, but low one in the western area, which are distributed through the longitude.

Key words: climate change; extreme temperature; northern and southern Qinling Mountains