

全球气候变化下秦岭南北气温变化特征

李双双, 延军平, 万 佳

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 选取秦岭南麓 1 000 m 划分方案, 运用气候倾向率、线性拟合方程、Mann-Kendall 非参数检验、小波分析等气候数理统计方法, 分析秦岭南北气温变化特征。结果表明: 近 50 a 秦岭南北气候变化具有同步性, 增温趋势明显; 在气温突变方面, 关中地区气温突变(1995 年)早于陕南(1998 年)。通过近 10 a 秦岭南北气温时空格局演变分析, 认为秦岭地区气温变化符合全球变化规律, 其变化是自然因素和人类活动共同作用的结果, 在小尺度上人类活动干扰尤为明显(特别体现在快速城市化影响气温上升)。

关键词: 全球变化; 秦岭南北; 气温

中图分类号: P468.0*21

文章标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)07-0853-06

1 问题的提出

秦岭长期以来被认为是中国东部重要的南北气候分界线, 即亚热带和暖温带分界线, 是研究全球气候变化与区域适应的优势地域, 也是新时期适应全球变化研究战略调整典型区域。

近 50 a 来, 秦岭地区作为南北气候分界线, 虽有波动, 但是相对于淮河流域的分界还是比较稳定的(图 1)。近年来, 国内学者关于秦岭南北气候变化及其环境效应研究作出大量的工作, 并取得丰富的成果^[1-9]。现有研究秦岭南北气候特征差异多选取分水岭作为分界依据。

秦岭内部的地貌特征相当复杂, 简单的一条线, 往往在解释植被类型及植物区系分布特点、生态与自然地带性现象等方面产生矛盾^[10], 不同的划分势必也会对秦岭南北气候变化以及人类适应研究产生影响。刘胤汉先生依据气候在土壤、植被和农业等方面的反映, 认为陕西省内北亚热带与暖温带自然地带分界, 应平行于秦岭主脊, 略阳—黑河坝—马道—金水河—宁陕—柴家坪—山阳—竹林关—商南连线, 此界符合秦岭地区自然地域分异规律和自然特征, 也不存在隔断秦岭南坡垂直自然

带谱的完整性^[11,12]。

基于此, 本文选取秦岭南麓 1 000 m 为界, 划分秦岭南北, 利用线性倾向率、线性拟合方程、Mann-Kendall 非参数检验等数理统计方法, 探讨 1961~2009 年中国的秦岭南北气温变化特征, 为秦岭地区气候变化特征以及适应研究提供新的视角和理论依据。

2 资料来源与研究方法

秦岭山脉呈东西向横亘于中国中部, 西起甘肃东南部, 东至河南伏牛山, 主体位于陕西。本文研究秦岭范围主要位于陕西境内, 利用 61 个均匀分布于秦岭南北气象站 1961~2009 年实测资料, 选取平均气温、最高温、最低温等气候指标, 采用线性倾向率、Mann-Kendall 非参数检验和小波分析法等数理统计方法, 对秦岭南北气温特征进行分析。其中秦岭南麓 1 000 m 以北有 43 个站点, 以南 18 个站点(图 2)。为保持与前期研究的一致性, 此界以北地区仍称为关中, 以南称为陕南。本文采用的气象数据来源于陕西省气象局, 对个别台站(城固、柞水)的缺测资料进行了插补处理, 经过订正处理后的 61 个台站的各要素资料具有较好的连续性。

收稿日期: 2011-09-15; **修订日期:** 2011-10-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(40871052)、国家自然科学基金项目(41171090)资助。

作者简介: 李双双(1988-), 男, 陕西潼关人, 硕士研究生, 主要研究全球变化与区域灾害防治。E-mail: 40609010@stu.snnu.edu.cn

通讯作者: 延军平, 教授。E-mail: yanjp@snnu.edu.cn

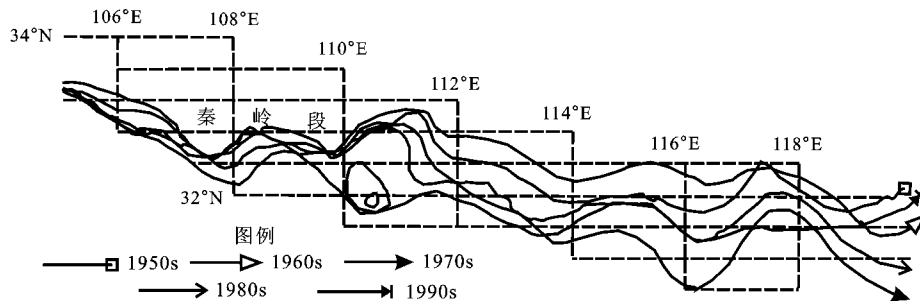


图1 近50 a北亚热带变迁(据文献[2]改绘)

Fig.1 The decadal shifting of the northern boundaries for the northern subtropical belt

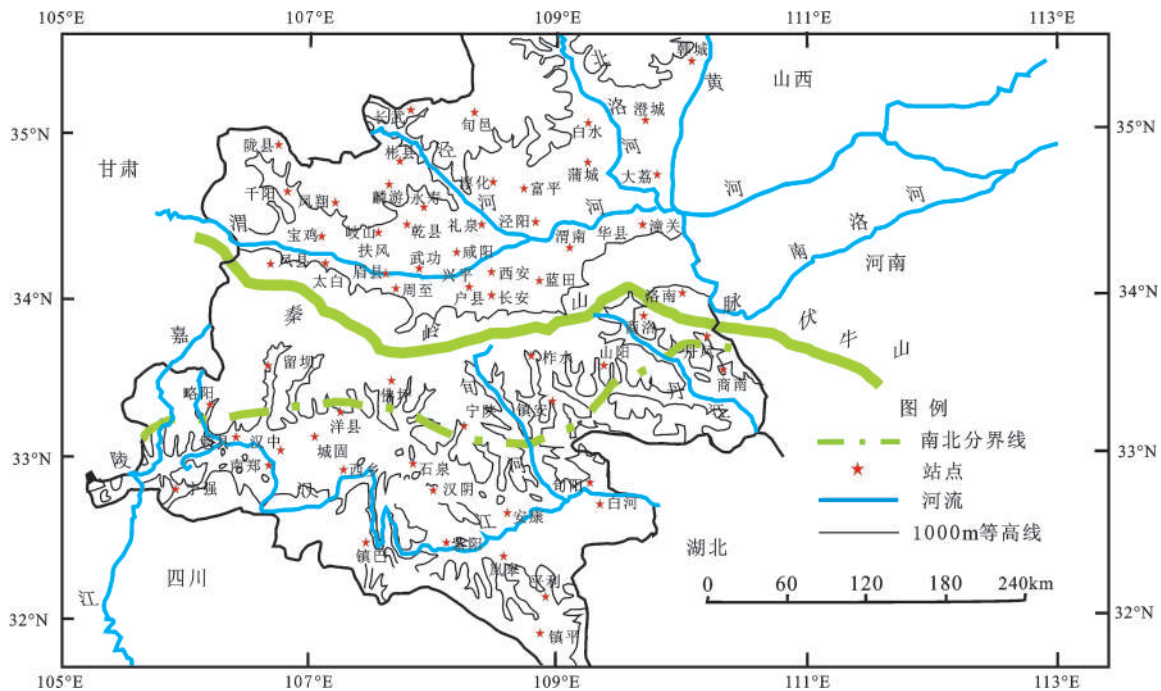


图2 秦岭南北研究区域(据文献[3]改绘)

Fig.2 Sketch map of the southern and northern regions of the Qinling Mountains

3 结果分析

3.1 气温特征

1) 气温。关中地区1961~2009年平均气温为12.3℃,陕南为14.4℃(图3)。关中地区以0.212℃/10 a的速度呈升温趋势,陕南地区增温率0.116℃/10 a。两地年均温标准差分别为0.533(关中地区)、0.482(陕南地区),变异系数为0.043(关中地区)、0.033(陕南地区),两地气温相对均值变化差异不大,关中比陕南略高。从6阶多项式拟合的年平均气温曲线看,两地气候变化呈现良好的同步性,20世纪60年代末至80年代中期气温波动下降,90年代气温显著增加,2003年后呈现下降趋势。

2) 最高温。1961~2009年,关中地区年均最高温为37.0℃,陕南为37.1℃,陕南略高于关中地区(图4)。关中、陕南地区分别以0.106℃/10 a和0.020℃/10 a的速度呈上升趋势,关中增幅明显于陕南。两地最高温标准差分别为1.165(关中地区)、1.163(陕南地区),变异系数为0.031 5(关中地区)、0.031 3(陕南地区)。两地亦表现出相似的变化趋势:20世纪60年代末至80年代中期气温波动下降,90年代初大幅增加,2003年后呈现下降趋势。

3) 最低温。1961~2009年,关中地区年均最低温平均值为-12.1℃,陕南为-6.5℃(图5)。关中、陕南地区分别以0.152℃/10 a和0.166℃/10 a的速度呈增加趋势,陕南增幅明显于关中。两地

最低温相对均值变化差异较大,关中高于陕南,两地最低温标准差分别为1.816(关中地区)、1.287(陕南地区)。两地演变趋势存在差异,陕南地区相对平稳。关中地区60~80年代中期波动增温,90年代先降后增,2005年后随呈现变冷的趋势。

3.2 气候特征突变分析

采用非参数统计检验方法(Mann-Kendall),对秦岭南北年均气温进行突变检验。若UF或UB的值大于0,则表示序列呈上升趋势,小于0则表明

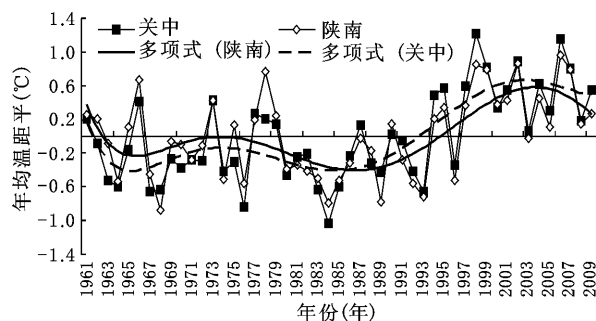


图3 秦岭地区1961~2009年年均温变化曲线

Fig.3 Variations of annual mean temperature in Qinling Mountains from 1961 to 2009

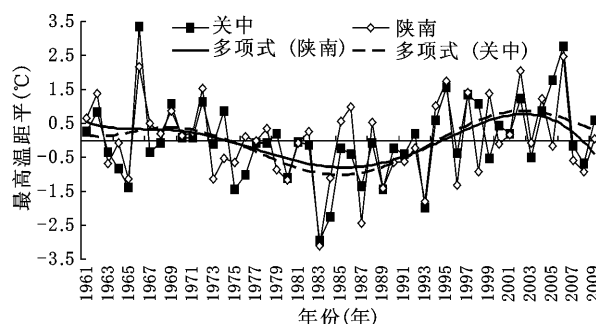


图4 关中、陕南地区1961~2009年最高温变化曲线

Fig.4 The change of maximum temperature in Qinling Mountains from 1961 to 2009

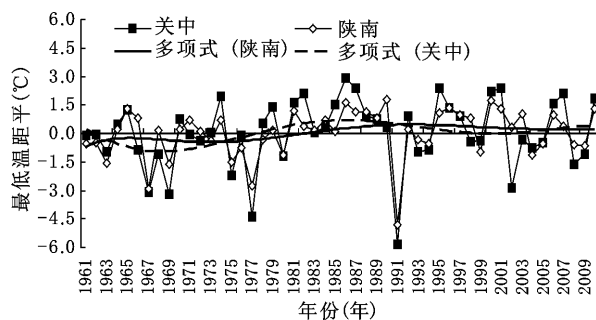


图5 秦岭地区1961~2009年最低温变化曲线

Fig.5 The change of minimum temperature in Qinling Mountains from 1961 to 2009

呈下降趋势。

图6为关中、陕南年均温的M-K突变检验,其中C1代表正向时间序列统计值(UF),C2代表逆向时间序列统计值(UB)。由图可知,关中地区,1961~1995年C1多在0值以下,说明此时段气温呈波动下降趋势。1995年后C1>0,气温回升,在2001年超过显著性水平0.05信度线,甚至超过了显著性水平0.001($u_{0.001}=2.56$)信度线,气温极显著增加。C1与C2在 ± 1.96 临界线间相交于1995年,说明关中地区年均温在1995年前后发生了从冷到暖的突变。

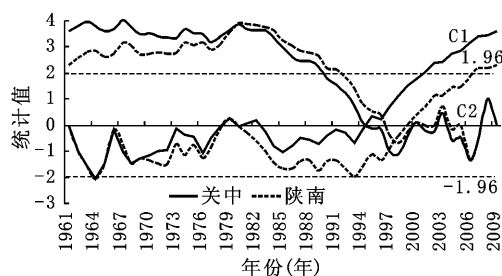


图6 秦岭地区气温突变Mann-Kendall检验

Fig.6 M-K test of annual mean temperature in Qinling Mountains

陕南地区1961~1999年,气温呈波动下降趋势,在1978~1981年间有小幅上升。1999年后气温骤然上升,在2007年超过1.96信度线,气温显著增加。C1与C2相交于1998年,故陕南地区年均气温在1998年前后发生由冷到暖的突变。

3.3 气候周期特征分析

图7为秦岭南北近50 a年均温在不同时间尺度上的周期振荡。图中信号的强弱通过小波系数的大小来表示,值越大,代表气温偏高;值越小,代表气温偏低。

由图7中可以看出,关中和陕南年均温变化周期基本一致。在15~20 a尺度上,出现减少—小幅增加—大幅减少—大幅增加变化特征,2005年后气温有降低趋势。

3.4 气温变化空间特征

从秦岭南北年均温、最高温和最低温时间变化特征可以看出,2000年之后气温变化与20世纪60~90年代相比差异明显,2000年后年均温、最高温和最低温整体位于均值之上且均有降低趋势。为清楚反映其变化特征,结合M-K突变检验结果,选取1997年前后各站点年均温,绘制秦岭南北年均温突变前后及2000年后逐年空间分布图(图8)。

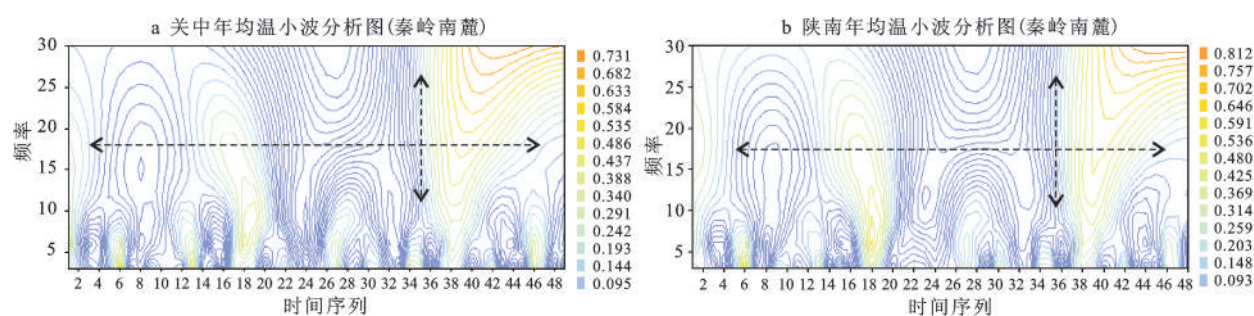


图7 秦岭南北气温小波分析

Fig.7 The wavelet analysis of annual mean temperature in Qinling Mountains

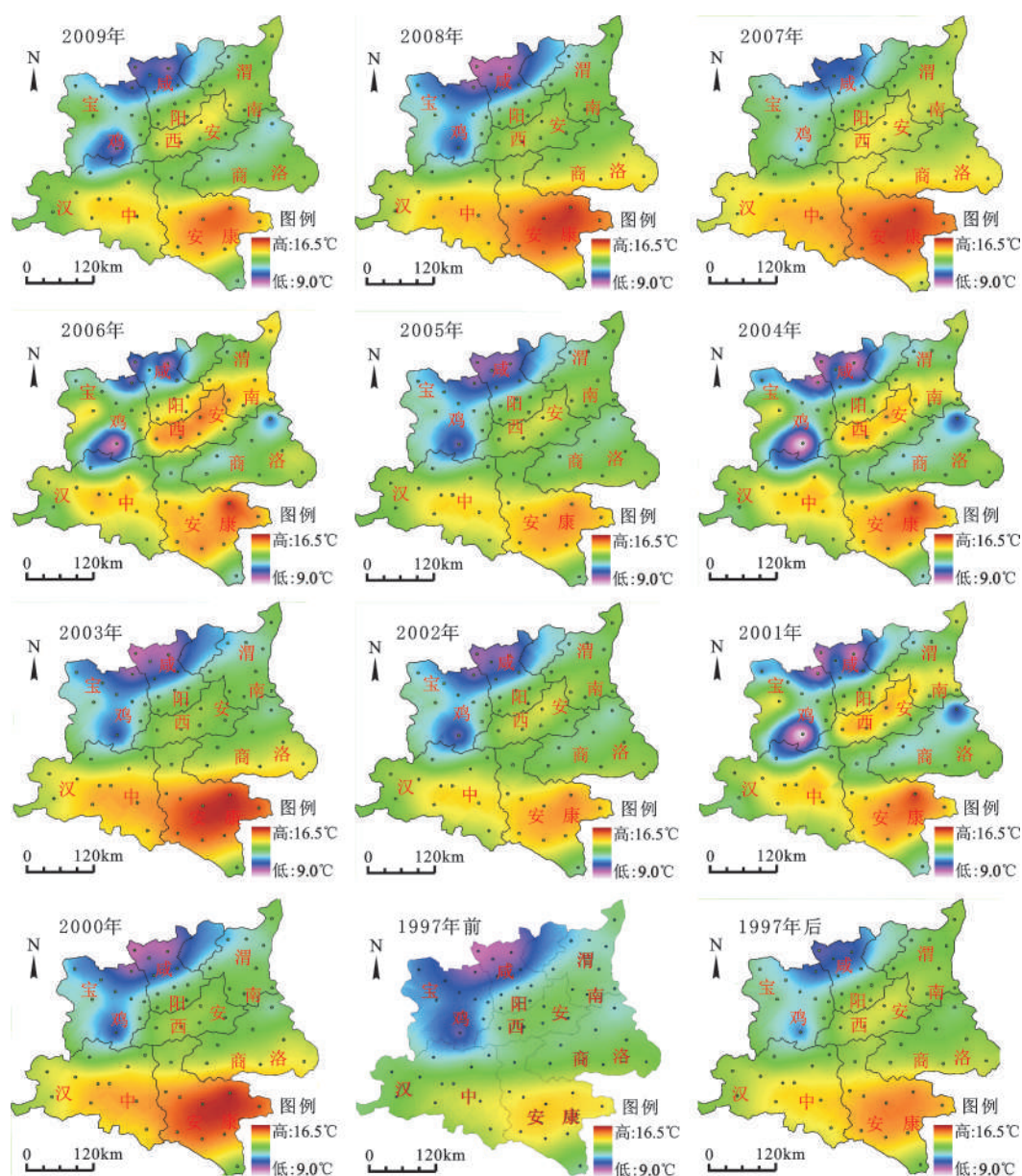


图8 秦岭南北年均温突变前后及2000年后逐年空间分布

Fig.8 The spatial distribution of temperature before and after the abrupt change and after 2000 in Qinling Mountains

1) 秦岭南北突变前后气温空间特征。1997年前后秦岭南北多年平均气温空间分布,地域差异明显。

1997年之前,气温整体沿东南—西北向递减,以安康为中心形成一个相对高温区;关中地区气温相对较低,关中西部气温明显低于东部,以长武—彬县—旬邑—麟游和太白县为中心,形成两个相对明显低温区。

1997年之后,秦岭南北气温整体呈增加趋势,关中、陕南均形成明显的暖中心。陕南升温明显,在安康形成一个高温区,并向汉中延展;长武—彬县—旬邑—麟游、太白县冷中心强度逐渐减弱,西安—渭南地区形成一个新的高温区。

2) 秦岭南北2000年后逐年气温空间特征。秦岭南北2000年后逐年气温空间演化特征,基本与1997年之后一致。冷中心主要分布于关中,暖中心在陕南,气温由东南向西北递减。

在陕南地区,以安康市为中心的高温区增温趋势强劲,并呈现3~4 a波动周期,表现为强(2000年)→减弱→强(2003年)→减弱→强(2007年)→减弱。与此同时,汉中地区逐渐形成新的暖中心。

关中地区气温空间分布有两大特征,一是以西安—渭南高温区波动时隐时现。二是西安地区暖中心与太白地区冷中心强度同步互动,即西安地区暖中心增强,温度升高,太白山地区冷中心强度亦随之增强,温度变低,这一点在2001、2004、2006、2009年体现的尤为明显。笔者认为这种不稳定性有力地证明秦岭地区气温变化是自然作用力和人类活动共同作用的结果,近10 a来人类活动在小尺度上影响气温变化尤为明显(特别体现在快速城市化对气温上升的影响^[13~15])。

4 结 论

本文分析了近50 a秦岭南北气温变化特征,并用Mann-Kendall检验、小波周期对气温变化进行突变检验和周期分析,得到基本结论如下:

1) 近50 a秦岭南北气温变化整体一致,变化频率和周期具有同步性,以增温为主,暖化趋势明显,但幅度有所不同。其中,年均气温倾斜率:陕南($0.12^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)<关中($0.21^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)<全国($0.26\pm 0.032^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$);年最高温:陕南($0.02^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)<全国($0.07^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)<关中($0.11^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$);年最低温:关中($0.15^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)<陕南($0.17^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)<全国

($0.53^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)^[17]。

2) 气温年际变化特征,除陕南最低温变化较稳定外,无论是平均气温、最高温,还是关中最低温都呈现一致的变化趋势。共同表现为:20世纪60~80年代中期气温波动下降,80年代后气温出现大幅增加,2003年后气温呈现下降趋势。

3) 秦岭南北气候变化突变年份存在差异,关中地区气温突变早于陕南,关中地区年均气温突变为1995年,陕南地区为1998年,晚于全国其他地区突变时间和北半球平均气温突变时间(1993年)^[18]。

4) 秦岭南北气温空间分布特征,空间分异明显。1997年前,陕南和西安—渭南地区为相对冷区,1997年后增温趋势强劲。西安—渭南暖温中心时隐时现,并与太白地区冷中心强度同步互动,即暖中心温度越高,冷中心温度愈低。

Lean等提出用统计方法模拟全球温度序列,共考虑4个因素,即人类活动(包括温室气体及气溶胶)、太阳辐射、火山气溶胶及ENSO^[19]。王绍武等在此基础上进一步分析,认为1999~2008年有La Nina事件,太阳辐射则由强到弱,但人类活动仍然呈线性增长。ENSO及太阳辐射带来的降冷,在相当大程度上抵消了人类活动造成的变暖^[20]。笔者认为在宏观尺度上,秦岭地区气温变化符合全球变化规律^[21],其变化驱动力是自然因素和人类活动共同作用的结果,在小尺度上人类活动干扰尤为明显(特别体现在快速城市化影响气温上升)。积极探索不同尺度气候变化规律,深入认识气候变化对人类生存环境以及对气候变化的适应策略、方式、措施,依然是当前气候变化研究的主题。

参考文献:

- [1] 符淙斌,董文杰.全球变化的区域响应和适应[J].气象学报,2003,61(2):245~246.
- [2] YE Du zheng,JIANG Yundi,Dong Wenjie.The northward shift of climate belts in China during the last 50 years and the corresponding seasonal responses[J].Advances in Atmosphere Science,2003,20(6):959-964.
- [3] 刘引鸽,葛永刚.秦岭以南地区降水量变化及其灾害效应研究[J].干旱区地理,2008,31(1):50~54.
- [4] 殷淑燕.近40年秦岭南坡地区气候变化及与El Nino/La Nina事件相关性分析[J].山地学报,2002,20(4):403~406.
- [5] 张立伟,宋春英,延军平.秦岭南北极端气温的时空变化趋势研究[J].地理科学,2011,31(8):1007~1011.
- [6] 延军平,郑宇.秦岭南北地区环境变化响应比较研究[J].地理研究,2001,20(5):576~582.

- [7] 闫军辉,延军平,曹小星.厄尔尼诺对秦岭南北降水影响及致灾效应研究[J].陕西师范大学学报:2009,37(5):92~96.
- [8] 白 晶,延军平.1958~2007年秦岭南北气候变化的差异性分析[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2010,38(6):99~104.
- [9] 延军平.秦岭南北环境响应程度比较[M].北京:科学出版社,2006:1~11.
- [10] Yan Junping, Liu Yansu. A study on environmental aridity over northern and southern to Qinling Mountains under climate warming[J].Journal of Geo-graphical Sciences,2001,11(2):193-201.
- [11] 康慕谊,朱 源.秦岭山地生态分界线的论证[J].生态学报,2007,27(7):2775~2777.
- [12] 刘胤汉.关于陕西省自然地带的划分[J].地理学报,1980,35(3):210~218.
- [13] 刘胤汉,岳大鹏.综合自然地理学纲要[M].北京:科学出版社,2010:7.
- [14] 高红燕,蔡新玲.西安城市化对气温变化趋势的影响[J].地理学报,2009,64(9):1094~1101.
- [15] 李星敏,白爱娟.西安市气候变化与城市发展[J].陕西气象,1998, (5): 25~28.
- [16] 田武文.西安市气候变暖与城市热岛效应问题研究[J].应用气象学报,2006,17(4):438~443.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] Lean J L,Rind D H.How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures:1889 to 2006[J].GeophysRes Lett,2008,35,L18701,doi:10.1029/2008 GL 034864.
- [20] 王绍武,罗 勇,唐国利,等.近10年全球变暖停滞了吗?[J].气候变化研究进展,2010,6(2):95~99.
- [21] 杨 周,林振山.北半球过去2000年气温变化的多尺度分析[J].地理科学,2010,30(2):296~299.
- [22] 郑景云,邵雪梅,郝 志.过去2000年中国气候变化研究[J].地理研究,2010,29(9):1561~1569.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术[M].北京:气象出版社,1999:62~71.
- [26] 张学忠,张志英.从秦岭南北坡常绿阔叶木本植物的分布谈划分亚热带的北界线问题[J].地理学报,1979,34(4):342~352.
- [27] Qiang Liu,Zhifeng Yang,Baoshan Cui.Spatial and temporal variability of annual precipitation during 1961-2006 in Yellow River Basin,China[J].Journal of Hydrology,2008,361(3-4):330-338.
- [28] 缪启龙,丁园圆,王 勇.气候变暖对中国亚热带北界位置的影响[J].地理研究,2009,28(3):635~642.
- [29] 丘宝剑.我国亚热带划分中的一些问题[J].地理研究,1984,3(1):66~76.

The Characteristics of Temperature Change in Qinling Mountains

LI Shuang-shuang, YAN Jun-ping, WAN Jia

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

Abstract: Qinling range has been recognized as the geo-ecological boundary between subtropical and warm-temperate zones in the eastern China, which is the advantage of regional area to study global change. This article, based on the meteorological data of the 61 meteorological stations in the northern and southern regions of the Qinling Mountains (1961-2009), selecting the contour 1 000 m in southern piedmont as the ecological boundary line, analyzed the fundamental characteristics, spatio-temporal distribution and reasons of temperature change using methods of linear regression, Mann-Kendall mutation test, analysis of wavelets, Kriging interpolation and other Climate diagnosis method. The results show that the average temperature, extreme high and low temperature in the south and north Qinling Mountains were in increase trend, but there was a certain difference in the sharp change time and range. The tilt rate of annual average temperature in the south of Qinling Mountains is the lowest ($0.121^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$), then is in the north of Qinling Mountains ($0.203^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$), and they all lower than the other regions of China ($0.26\pm 0.032^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$). The temperature mutation of the north of Qinling Mountains (1995) occurred earlier than that of the south (1998), which was later than the other regions of China (1993). Based the climate characteristics, it was found that the influence of climate change mainly reflects nature and human activities.

Key words: global change; the northern and southern regions of the Qinling Mountains; temperature