

# 1971—2022年秦岭南北气温时空比较及气候分界变化

郝成元, 杨 铮\*

(河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000)

**摘要:** 以秦岭南北两侧各6个气象站为研究对象, 基于1971—2022年逐日平均气温、最高气温及最低气温数据, 采用趋势分析法与中值波动法, 系统表征了该区域气温变化趋势及波动特征, 主要结论如下: (1) 秦岭山地整体气温呈显著递增趋势, 北麓增温速率相对较快, 南麓较慢; (2) 春季增温幅度最大, 秋季最小; (3) 研究期内, 所有月份的气温变化倾向率均为正值, 且大部分表现为北麓高于南麓; (4) 低温是秦岭山地气温分界效应变化的最主要指标, 春季则是对区域增温贡献率最高的季节。伴随着全球气候加速增温, 秦岭作为南北分界线的气温分界作用已呈现减弱趋势; (5) 相较于其他月份, 秦岭区域1月增温更为突出, 尤其是1998年之后增温趋势显著。叠加上北麓增温快而南麓增温慢的空间差异, 秦岭或将从传统的中国最冷月的0℃等温线转变为1℃等温线的南北分界。

**关键词:** 中国南北地理生态分界线; 0℃等温线; 全球变暖; 春季气温变化

中图分类号: P423.3

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Spatio-temporal comparison of temperature and climatic boundary changes between the northern and southern Mts. Qinling from 1971 to 2022

HAO Chengyuan, YANG Zheng\*

(College of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** Six meteorological stations on both the northern and southern sides of the Mts. Qinling were selected as the research objects. Based on the daily average temperature, maximum temperature, and minimum temperature data from 1971 to 2022, the trend analysis method and median fluctuation method were adopted to systematically characterize the temperature change trends and fluctuation characteristics of this region. The main conclusions were as follows: (1) The overall temperature in the Mts. Qinling showed a significant increasing trend; The temperature increase rate in the northern foot was relatively fast, while that in the southern foot was slower; (2) The temperature increase range was the largest in spring and the smallest in autumn; (3) During the research period, the temperature change tendency rate of all months was positive, and for most months, the rate in the northern foot was higher than that in the southern foot; (4) Low temperature was the most important indicator affecting the change of the Mts. Qinling temperature boundary effect, and spring was the season with the highest contribution rate to the regional temperature increase. With the accelerated global warming, the temperature boundary function of the Mts. Qinling as the north-south dividing line had shown a tendency of weakening; (5) Compared with other months, the temperature increase in the Qinling region in January was more prominent, especially after 1998, the temperature increase trend was significant. Combined with the spatial difference that the temperature increased faster in the northern foot and

收稿日期: 2023-10-25; 修回日期: 2024-03-26; \* 通信联系人, E-mail: 1191707753@qq.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(42471130)

作者简介: 郝成元(1969—), 男, 山东曹县人, 教授, 博士生导师, 主要从事区域环境变迁及自然地理综合研究。

引用格式: 郝成元, 杨铮. 1971—2022年秦岭南北气温时空比较及气候分界变化[J]. 信阳师范大学学报(自然科学版), 2026, 39(1): 26-35.

HAO Chengyuan, YANG Zheng. Spatio-temporal comparison of temperature and climatic boundary changes between the northern and southern Mts. Qinling from 1971 to 2022[J]. Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition), 2026, 39(1): 26-35.

slower in the southern foot, the Mts. Qinling might change from the traditional north-south dividing line of China's 0 °C isotherm in the coldest month to the dividing line of the 1 °C isotherm.

**Key words:** geographical and ecological boundary line between north and south China; 0 °C isotherm; global warming; temperature change in spring

## 0 引言

全球环境变化的影响已深度渗透至自然与人类社会各领域,中国区域的增温趋势尤为明显。近百年来,全球气候系统经历了显著变化,其影响不仅直接作用于陆地生态系统的地、气、水、土、生等自然要素,也间接波及人类健康、人居环境稳定性及社会生态平衡<sup>[1-3]</sup>。同时,全球气候系统的持续变异已显著增加极端气候事件的发生概率,如极端高温、极端低温、极端降水、持续干旱等事件的发生频率、空间分布范围、持续时长及强度等级均出现明显异动<sup>[4-5]</sup>,进而对人类社会的影响更趋深远、程度也显著加剧<sup>[6]</sup>。根据IPCC(联合国政府间气候变化专门委员会)第六次评估报告,在全球气候变化背景下,中国区域气温响应的总体结论可概括为整体趋同、局部存异:整体增温趋势与北半球基本一致,但具体变化过程及典型区域的增温波动幅度上,仍存在着明显差异<sup>[7-8]</sup>。

秦岭作为公认的南北地理与生态分界线,是全球变暖背景下研究区域气候响应的典型样本<sup>[9-10]</sup>。早在1958年,竺可桢先生<sup>[11]</sup>便以最冷月气温、无霜期、大于或等于10 °C积温为核心指标,明确其亚热带与暖温带分界线的定位。秦岭既是中国南北最冷月0 °C等温线的分布区,也是年降水量800 mm等降水量线的关键点<sup>[12]</sup>。针对秦岭地区气温变化,部分学者从多维度展开研究并形成丰富结论。徐震宇等<sup>[13]</sup>基于日均数据认为,秦岭地区年均气温呈增加趋势,南北区域具有较好同步性但幅度存在差异;李双双等<sup>[14]</sup>通过逐日气温数据分析,进一步验证了秦岭南北气温变化的同步性及逐年增温特征;李富民等<sup>[15]</sup>基于逐日气温资料研究发现,秦岭大巴山及邻近区域极端低温呈现下降趋势,极端高温则呈上升趋势,这一结论印证了全球变暖背景下秦岭地区的整体增温态势。但当前研究仍存在待补充的细节:基于日均温、最高温、最低温的具体变化特征需进一步量化对比,且需重点区分年际、季际乃至月际尺度,因为不同季节或月份的气候响应程度可能存在显著差异。在最冷月0 °C等温线这一关键指标上,学术界已有

针对性研究:白红英等<sup>[16]</sup>以日均气温为基础数据,指出秦岭南北坡一月均温呈上升趋势;李双双等<sup>[17]</sup>提出,尽管秦岭作为气候分界线的核心功能未变,但南北区域“北强南弱”的增温空间分异特征已明显加强;更值得关注的是,张善红等<sup>[18]</sup>结合日均温数据与1月0 °C等温线分布,认为秦岭南坡作为北亚热带与暖温带的分界作用已有所减弱,分界线路径或已跨越山脊线。

综上,受全球变暖影响,我国南北地理生态分界线的北移迹象正逐步加强<sup>[19-20]</sup>,但作为秦岭分界核心标志的“最冷月0 °C等温线”,其具体变化仍需系统地量化论证。为此,本文选取纬度分布均匀、经度范围相近且覆盖山地南北的12个气象站,基于1971—2022年逐日平均气温、最高气温及最低气温数据,采用趋势分析与中值波动法,研究秦岭南北气温的时空差异及气候分界变化。该研究不仅能推动全球变暖背景下区域气候响应的定量化进程,也能为气候敏感区的灾害预警提供科学支撑。

## 1 区域概况及研究数据

### 1.1 区域概况

秦岭地处我国中部,是一座呈东西方向延伸的古老褶皱断层山地,主峰太白山海拔3 771.2 m。区域内典型地貌类型丰富,涵盖冰缘地貌、河谷阶地地貌及喀斯特溶蚀地貌等。学术界以紫柏山→首阳山→终南山→草链岭→蟒岭为界,将秦岭山地划分为南麓与北麓两大区域。其主体分布于甘肃、四川、陕西、河南、湖北5省,以陕西省为核心<sup>[21]</sup>。所涉及的12个气象站均位于陕西省境内,南麓与北麓各6个,且南北麓站点位置呈一一对应关系(区域概况见图1,站点信息见表1)。

### 1.2 数据来源及其处理

采用的气象数据均来源于中国气象局国家气象信息中心,主要包括逐日的平均气温、最高气温与最低气温。依据气候统计学标准,四季划分如下:春季为3—5月,夏季为6—8月,秋季为9—11月,冬季为12月至次年1—2月。考虑到本研究聚焦气温要素的长时间尺度变化与波动过程,且所

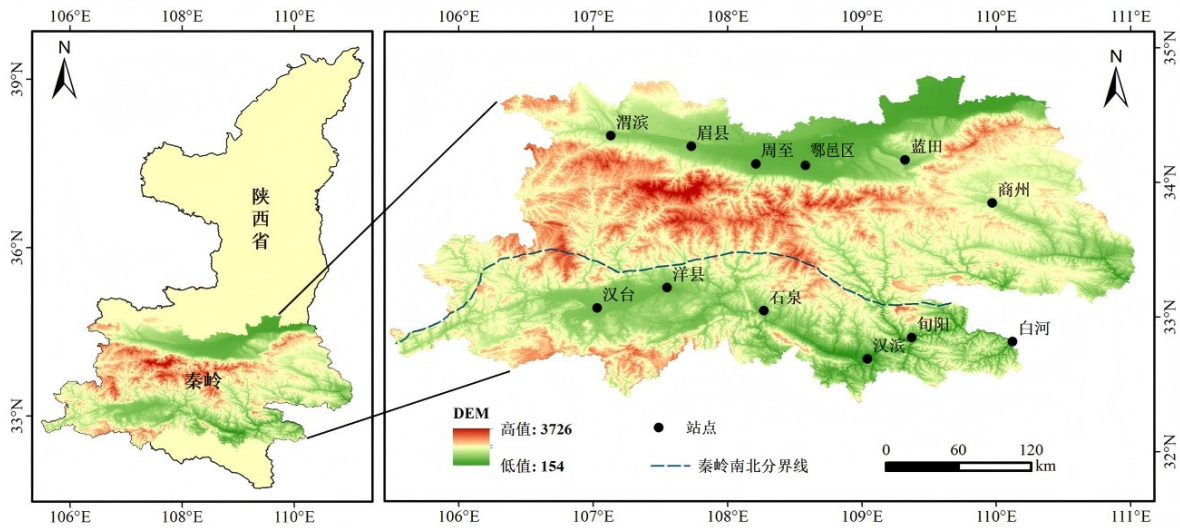


图 1 研究区地貌概况及气象站位置示意图

Fig. 1 Topographic feature of the research area and location diagram of all meteorological stations

表 1 研究区相关气象站信息表

Tab. 1 Information of meteorological stations in research area

所属区域	序号	站点名称	经度/(°E)	纬度/(°N)	海拔/m
秦岭北麓	1	渭滨	107.13	34.35	612.4
	2	眉县	107.73	34.27	517.6
	3	周至	108.20	34.13	436.0
	4	鄂邑区	108.58	34.13	411.0
	5	蓝田	109.32	34.17	540.2
	6	商州	109.97	33.87	742.2
秦岭南麓	7	汉台	107.03	33.07	509.5
	8	洋县	107.55	33.22	468.6
	9	石泉	108.27	33.05	484.9
	10	汉滨	109.03	32.72	290.8
	11	旬阳	109.37	32.85	285.5
	12	白河	110.15	33.43	693.7

涉 12 个气象站的海拔差异较小。因此,未对数据进行海拔的归一化处理。

在区分日均温、最高温和最低温三类核心指标的基础上,对 12 个气象站的原始数据进行了分尺度度量处理。年际气温为当年每日对应气温的平均值,季际气温为春、夏、秋、冬各季节内每日对应气温的平均值,月际气温为当月每日对应气温的平均值。

### 1.3 主要方法

采用趋势分析与中值波动法,对年际、季际、月际三个时间尺度的气温变化特征进行定量分析。

设定某一气候指标的观测值为  $x_i$ , 观测样本量为  $n$ , 对应时间为  $t_i$ 。构建因变量  $x_i$  与自变量  $t_i$  的一元线性方程:

$$\hat{x}_i = a + bt_i, (i=1, 2, \dots, n), R^2 = c, \quad (1)$$

式中:  $a$  为常数项,  $b$  为趋势系数,  $c$  为相关系数。当  $b > 0$  时, 气候变量  $x$  随时间  $t$  呈上升趋势;  $b < 0$  时, 呈下降趋势。  $b$  的绝对值越大, 上升或下降的速率越高<sup>[22]</sup>。通常采用  $b \times 10$  计算气候要素的线性变化倾向率。  $c$  表示回归模型中的相关系数, 取值范围为  $(0, 1)$ ,  $c$  值越接近 1, 表明回归模型的可靠性越高, 趋势线与实际数据的拟合效果越好; 反之, 可靠性与拟合效果则越低<sup>[23]</sup>。

## 2 气温年际变化

### 2.1 基于日均气温

基于日均温数据, 对秦岭南北麓年均气温变化过程的分析结果如图 2a 所示。南麓 52 a 气温均值为  $15.3^\circ\text{C}$ , 增温倾向率为  $0.266^\circ\text{C}/10\text{ a}$ ; 年均气温最高值  $16.6^\circ\text{C}$  出现在 2016 年, 最低值  $14.3^\circ\text{C}$  出现在 1989 年, 极值差为  $2.3^\circ\text{C}$ 。北麓平均气温为  $13.6^\circ\text{C}$ , 增温倾向率为  $0.300^\circ\text{C}/10\text{ a}$ , 年均气温最高值出现在 2013 年, 最低值  $12.3^\circ\text{C}$  出现在 1984 年, 极值差为  $2.7^\circ\text{C}$ 。对比来看, 秦岭南北麓年均温的最高与最低值分别集中在 2010 s 和 1980 s; 北麓极值温差比南麓高  $0.4^\circ\text{C}$ ; 南麓气温均值比北麓高  $1.7^\circ\text{C}$ , 但增温倾向率比北麓低  $0.034^\circ\text{C}/10\text{ a}$ 。

### 2.2 基于日最高气温

基于日最高气温数据, 秦岭南北麓年均气温变

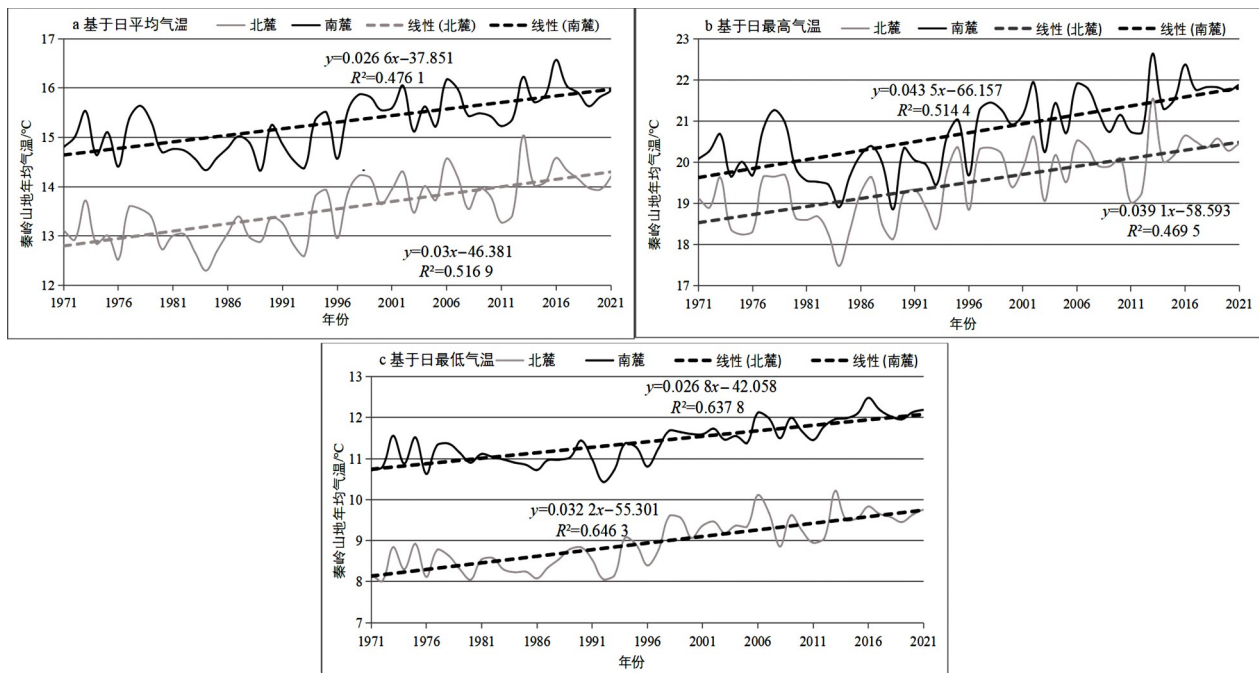


图2 秦岭南北年均气温变化趋势

Fig. 2 Variation curve of average annual air temperatures between the northern and southern of Mts. Qinling

化特征分析结果如图2b所示。南麓52 a气温均值为20.7℃,增温倾向率为0.435℃/10 a。其中,年均最高气温出现在2013年,为22.6℃;最低值出现在1989年,为18.9℃,极值差为3.8℃。对比可见,北麓气温均值为18.6℃,对应的增温倾向率为0.391℃/10 a;其最高气温的峰值出现在2013年,为20.7℃;最低值为16.6℃,出现在1984年,极值差达4.1℃。从整体对比来看,基于日最高气温的秦岭南北年均温的最高及最低值均集中在2010s和1980s,北麓极值温差比南麓高0.3℃,南麓气温均值比北麓高2.1℃,且增温倾向率也高于北麓0.044℃/10 a,呈现出南北麓气温差逐步增大的态势。

### 2.3 基于日最低气温

基于日最低气温数据,秦岭南北年均气温变化特征分析结果如图2c所示。南麓52 a平均气温为11.4℃,增温倾向率为0.268℃/10 a,最高值出现在2016年,为12.5℃,最低值出现在1992年,为10.4℃,极值差为2.1℃。北麓年均气温为9.0℃,增温倾向率为0.322℃/10 a,最高值出现在2013年,为10.2℃,最低值出现在1972年,为8.0℃,极值差为2.2℃。对比来看,基于日最低气温的秦岭南北麓年均温的最高值均集中在2010s,但最低值则出现在1990s和1970s;北麓极值温差比南麓仅高0.1℃,区别于日均温与日最高温。南麓平均气

温比北麓高2.5℃,但增温倾向率比北麓低0.054℃/10 a,其可能结果是南北年均气温差逐步缩小,与基于日均温的分析结果相似。

## 3 气温季节变化

### 3.1 基于日均气温

基于日均温数据的秦岭南北四季气温变化趋势(见图3)显示,两大区域四季呈增温态势,且春冬两季与夏秋两季存在显著差异。首先,春冬两季的增温倾向率较高,其中春季最高;其次,春冬两季的北麓增温倾向率都高于南麓。相对地,夏秋两季的南北增温倾向率较低,其中秋季最低;其次,北麓增温倾向率都低于南麓。

### 3.2 基于日最高气温

基于日最高值的秦岭南北四季气温变化分析(图4)显示,两大区域四季均呈增温态势,且春季与冬、夏、秋三季的增温特征存在显著差异。首先,南北春季增温倾向率最高,北麓增温倾向率高于南麓。其次,冬、夏、秋三季的南北增温率相对较低,其中秋季最低,夏季次之。同时,北麓增温倾向率都低于南麓。

### 3.3 基于日最低气温

分析基于日最低温的秦岭南北四季气温变化趋势(见图5)。由图5可得:(1)四季气温变化倾向率均为正值。(2)增温倾向率数值高低比较,南侧

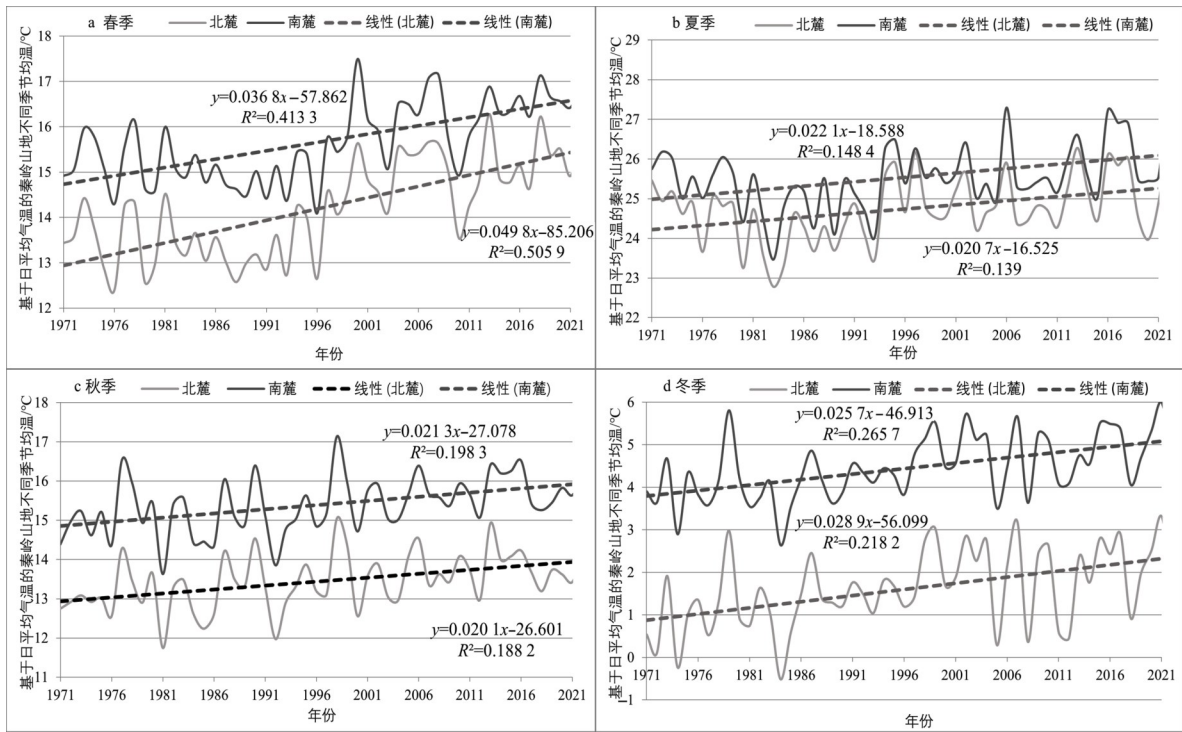


图 3 基于日均温的秦岭南北四季气温变化趋势

Fig. 3 Variation curve of seasonal air temperatures between the northern and southern of Mts. Qinling based on daily mean values

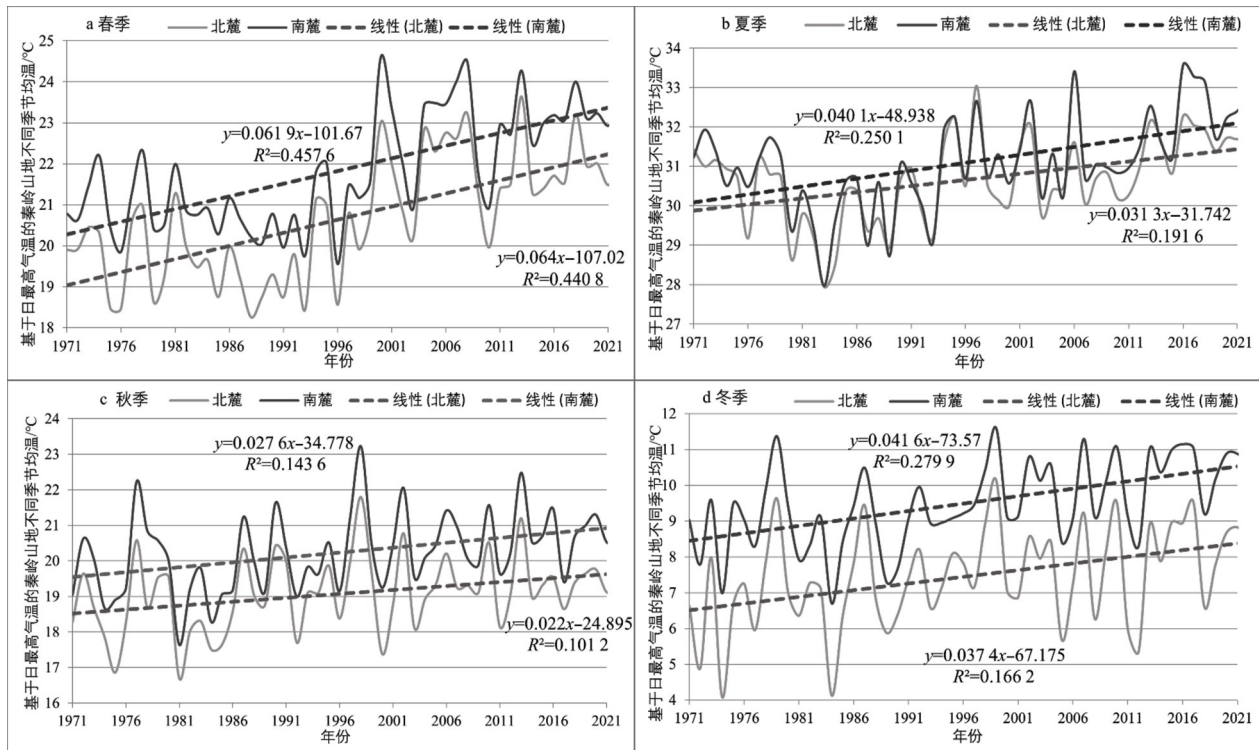


图 4 基于日最高温的秦岭南北四季气温趋势

Fig. 4 Variation curve of seasonal air temperatures between the northern and southern of Mts. Qinling based on daily maximum values

以秋春两季为较高, 北侧则以春秋两季为较高; 而夏冬两季山地南北增温倾向率较低, 并以夏季为

最低。(3)春夏冬三季增温倾向率都是北麓高于南麓, 秋季除外。

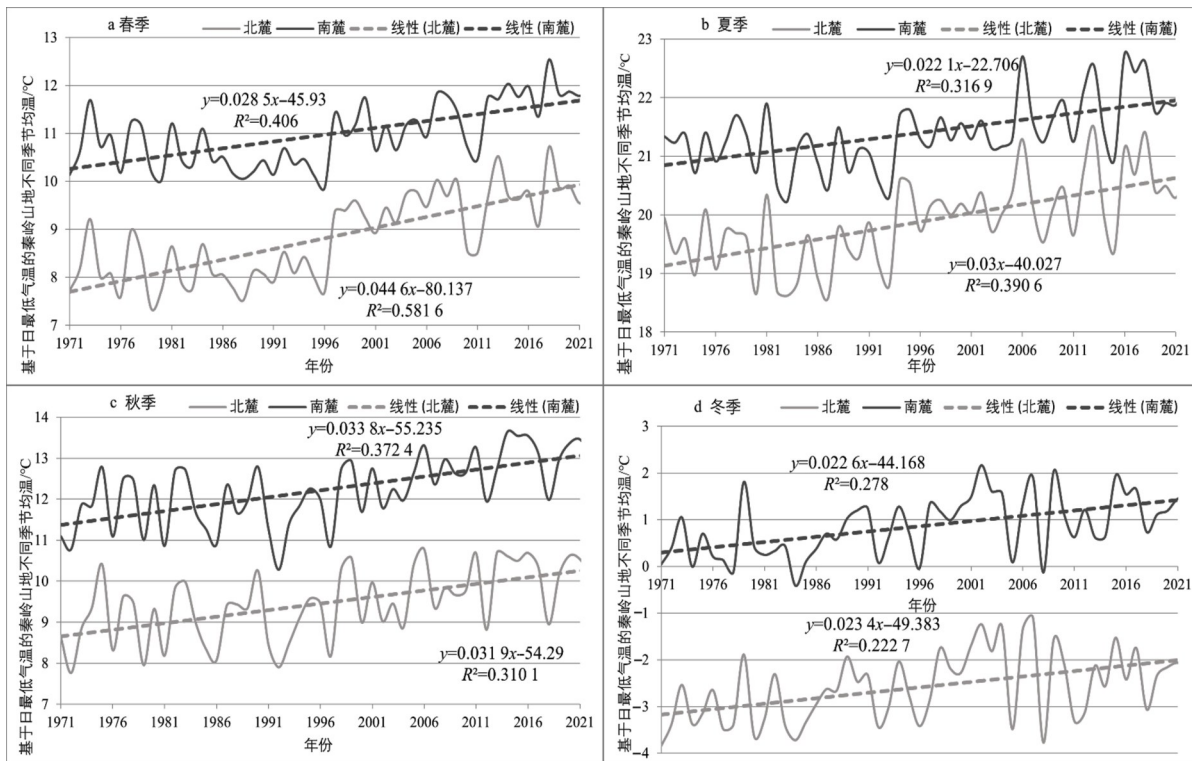


图5 基于日最低温的秦岭南北四季气温变化趋势

Fig. 5 Variation curve of seasonal air temperatures between the northern and southern of Mts. Qinling based on daily minimum values

## 4 气温月际变化

### 4.1 基于日均气温

基于日均温数据的秦岭山地逐月气温变化特征分析(表2)可得:(1)全月均呈现增温态势, 直观反映区域变暖趋向显著。(2)2—6月、11—12月共7个月份中, 北麓增温倾向率高于南麓, 其余5个月份则为南麓增温倾向率高于北麓, 说明年内大部分时间北麓增温强度略高于南麓。(3)在南北麓共24个月份的气温变化趋向率中, 大于0.3℃/10a的共计有7个, 集中在2—5月, 表明春季是推动区域变暖的关键季节。

### 4.2 基于日最高气温

基于日最高气温数据的秦岭山地气温逐月变化分析(表2)可得:(1)全月均呈现增温趋势, 直接反映出区域整体变暖趋向显著。(2)仅有2、5和11月, 北麓增温倾向率高于南麓, 其余9个月份均为南麓增温倾向率高于北麓, 表明年内大部分时间南麓增温强度更高, 北麓相对较弱。(3)在南北麓24个月份的气温变化趋向率中, 大于0.45℃/10a

的共计7个, 其中6个集中在2—5月, 表明春季对区域变暖的贡献率最高。

### 4.3 基于日最低气温

基于日最低气温数据的秦岭山地气温逐月变化分析(表2)可得:(1)全月均呈增温趋势, 体现全球变暖背景下的区域响应显著。(2)除1、10和11月外, 其余9个月份均为北麓增温倾向率高于南麓, 表明秦岭北麓年内大部分时间内增温更显著。(3)在南北麓共24个月份的气温变化倾向中, 大于0.37℃/10a的值共计6个, 其中有5个集中在2—5月, 这一特征与基于日均温、日最高气温的分析结果类似, 说明春季始终是区域变暖的核心贡献季节。

## 5 界山效应的讨论

秦岭山地的气温差异呈现总体减小的趋势。首先, 从年均气温差的变化来看, 基于日平均气温与日最低值的南麓气温分别高于北麓1.7℃和2.5℃, 但增温倾向率分别比北麓低0.034℃/10a和0.054℃/10a(图6a); 而基于日最高气温数据, 南麓的平均气温比北麓高2.1℃, 其增温倾向率也

表 2 基于逐日气温数据的秦岭南北逐月气温变化特征

Tab. 2 Monthly air temperature changes between the northern and southern of Mts. Qinling based on daily data

月份	基于日均气温				基于日最高气温				基于日最低气温			
	南麓		北麓		南麓		北麓		南麓		北麓	
	倾向率/ (°C/10 a)	R <sup>2</sup>	倾向率/ (°C/10 a)	R <sup>2</sup>	倾向率/ (°C/10 a)	R <sup>2</sup>	倾向率/ (°C/10 a)	R <sup>2</sup>	倾向率/ (°C/10 a)	R <sup>2</sup>	倾向率/ (°C/10 a)	R <sup>2</sup>
1	0.229	0.127 8	0.208	0.064 2	0.373	0.127 9	0.269	0.043 9	0.177	0.097 9	0.108	0.028 2
2	0.405	0.188 5	0.490	0.200 5	0.498	0.153 1	0.511	0.126 7	0.303	0.135 8	0.380	0.156 6
3	0.594	0.320 4	0.715	0.364 2	0.880	0.342 6	0.850	0.309 8	0.388	0.223 8	0.526	0.330 2
4	0.302	0.165 8	0.425	0.270 1	0.661	0.294 8	0.629	0.284 6	0.261	0.211 7	0.425	0.395 0
5	0.207	0.092 5	0.351	0.210 2	0.304	0.082 6	0.437	0.148 9	0.182	0.144 1	0.373	0.353 1
6	0.209	0.125 5	0.243	0.117 4	0.310	0.119 5	0.255	0.066 7	0.213	0.339 9	0.347	0.425 6
7	0.283	0.016 2	0.234	0.100 6	0.536	0.266 6	0.448	0.180 7	0.281	0.286 9	0.336	0.321 4
8	0.171	0.037 9	0.145	0.032 1	0.283	0.059 0	0.203	0.034 1	0.146	0.067 6	0.207	0.119 8
9	0.278	0.166 0	0.271	0.176 2	0.347	0.108 8	0.250	0.061 4	0.322	0.290 4	0.381	0.338 8
10	0.154	0.048 9	0.113	0.026 0	0.347	0.099 3	0.238	0.047 9	0.359	0.241 5	0.320	0.166 9
11	0.210	0.080 3	0.222	0.084 8	0.143	0.021 4	0.182	0.029 6	0.326	0.151 6	0.264	0.097 4
12	0.152	0.073 2	0.187	0.066 3	0.334	0.144 0	0.268	0.055 0	0.165	0.060 8	0.196	0.084 2

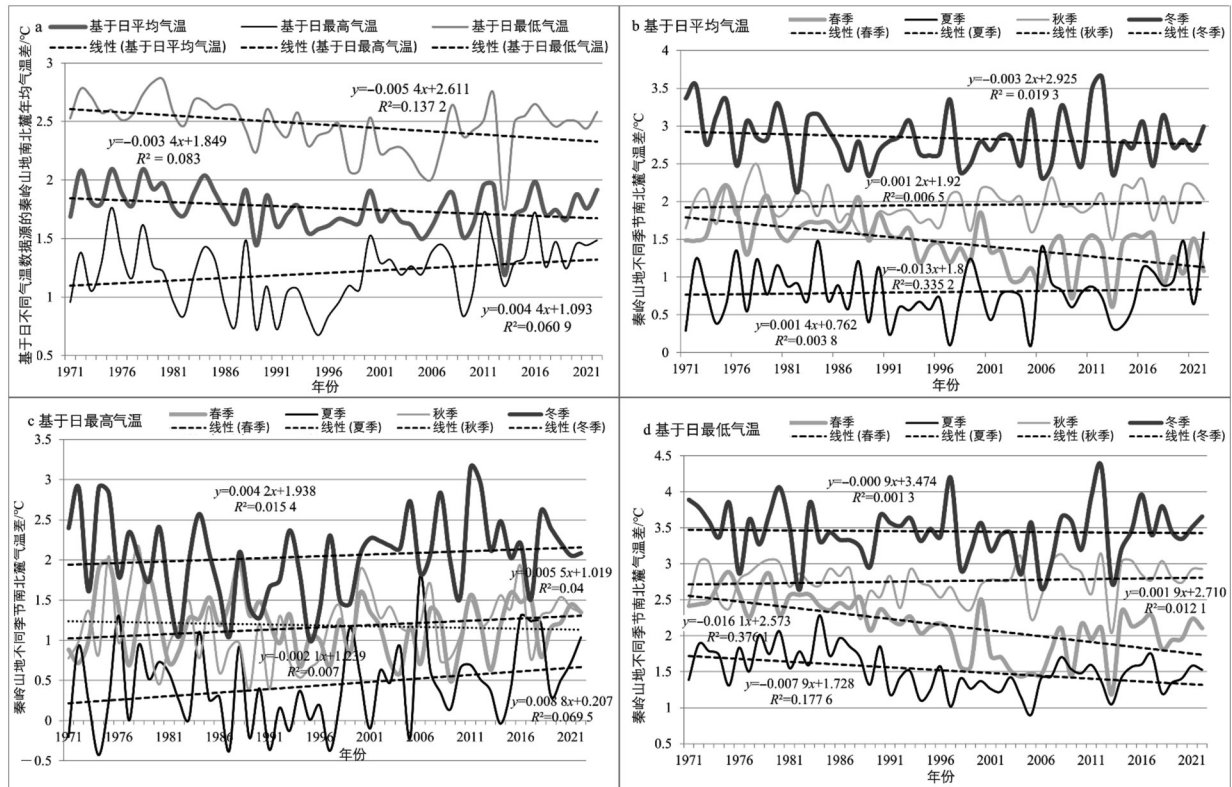


图 6 秦岭南北年均及四季气温差变化状况

Fig. 6 Variation curve of annual and seasonal air temperatures difference between the northern and southern of Mts. Qinling

比北麓高 $0.044\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ (图6a)。其次,基于日均气温的春、冬两季秦岭南北的气温差变化倾向率均为负值,且春季更低;而夏、秋两季均为正值,夏季稍高(图6b)。从日最高气温的变化来看,春季南北气温差变化的倾向率为负,而夏、秋、冬三季为正,其中夏季最高(图6c)。从日最低气温的变化来看,春、夏、冬三季南北气温差变化的倾向率均为负值,春季最低,仅秋季为正(图6d)。总之,山地气温差整体呈现减小趋势,且春季趋势最为突出。随着全球变暖趋势的持续增强,秦岭界山效应也呈现出愈发减弱的变化特征。

对基于日平均气温的秦岭山地1月气温变化信息展开分析可得:(1)南北两侧1月均温呈现升高趋势,其变化倾向率分别为 $0.229\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.208\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,即南侧增温倾向率略高于北侧(图7a);(2)以1998年为关键节点,节点之前的气温变化倾向率分别为 $0.129\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 与 $0.069\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,南

麓增温较快而北麓较慢;节点之后的南北气温变化倾向率分别为 $0.006\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.319\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,即北麓增温明显快于南麓;同时,相较于南麓,北麓1月气温波动得更显著(图7b);(3)南麓6个气象站的1月均温稳定高于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,极少出现低于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的年份,仅有1977年、洋县1978年、石泉2011年、白河2008年及2011年共10个数据点(图7c)。但北麓6个气象站的1月平均气温则极少高于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,多数年份在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 上下波动。其中,蓝田气象站在52年内,仅有2002年的1月均温高于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (图7d)。因此,再沿用“秦岭是中国南北最冷月 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温分界线”的表述已不够准确。结合秦岭南北1月平均气温的变化与全球变暖趋势的持续加强,“秦岭是中国南北最冷月 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温分界线”的表述更具说服力。这一结论与张善红等<sup>[18]</sup>提出的“随着气候变暖,秦岭北亚热带过渡带可能部分或整体转变为北亚热带”的观点相互印证。

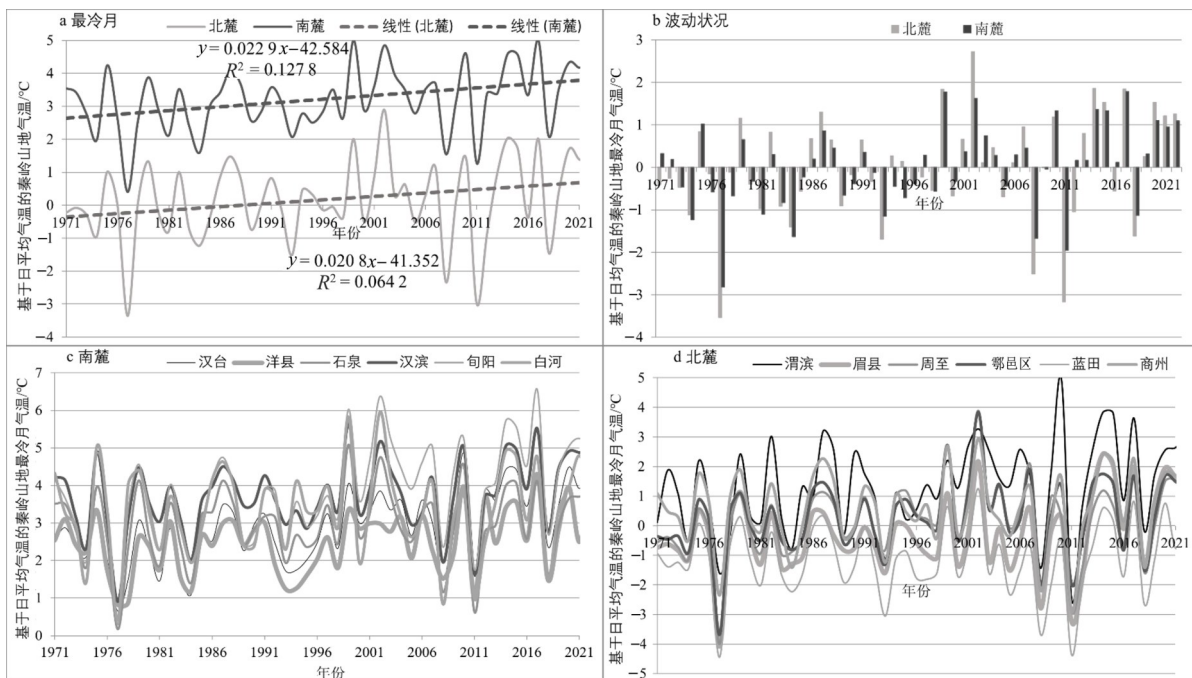


图7 基于日均温的秦岭南北1月气温变化状况

Fig. 7 Variation curve of air temperatures between the northern and southern of Mts. Qinling based on daily mean values in January

## 6 结论

以秦岭山地南北两侧对应的12个气象站为数据源,基于1971—2022年逐日数据,从年际、季际、月际三个时间尺度,系统对比分析了区域气温变化趋势及特征;同时,对山地两侧的气温差变化状况展开论证,主要结论如下:

(1)空间上,北麓增温速率快于南麓;季节上,四季气温均呈递增态势,其中春季对区域整体增温贡献率最高,冬季次之;月度上,所有月份的气温变化倾向率均为正值,3月份表现得最高。

(2)秦岭山地南北两侧气温差总体呈现减小趋势,且春季表现最为明显;伴随着全球加速变暖,秦岭南北分界作用有减弱趋向,基于日最低值

的气温分界效果更为突出。

秦岭或将从传统的中国最冷月 0℃等温分界线, 转变为 1℃等温分界线。

(3)以 1998 年为界, 山地南北 1 月增温趋势由弱趋强且波动幅度增大; 随着全球变暖趋势加强,

### 参考文献:

- [1] 钱维宏. 全球气候系统[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009.  
QIAN Weihong. Global climate system[M]. Beijing: Peking University Press, 2009.
- [2] 秦大河, 陈宜瑜, 李学勇, 等. 中国气候与环境演变-下卷-气候与环境变化的影响与适应、减缓对策[M]. 北京: 科学出版社, 2005.  
QIN Dahe, CHEN Yiyu, LI Xueyong, et al. Climate and environment changes in China (Volume II: The impacts, adapting and mitigating of climate and environmental change in China)[M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [3] 郝成元, 冯宏豪. 气候作用下的中国南北区域分异: 生态、生产、生活[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2023, 36(3): 356-361.  
HAO Chengyuan, FENG Honghao. China's north-south regional differentiation of ecological environment, production activities and individual living under the influence of climate factors[J]. Journal of Xinyang Normal University(Natural Science Edition), 2023, 36(3): 356-361.
- [4] IPCC. Meeting report of the intergovernmental panel on climate change expert meeting on climate change, food, and agriculture[R]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2015: 66.
- [5] 韩艳, 赵国永, 王义民, 等. 最近 150 年气温升高的新认识[J]. 信阳师范学院(自然科学版), 2016, 29(1): 67-70.  
HAN Yan, ZHAO Guoyong, WANG Yimin, et al. New opinion about temperature rising for the recent 150 years[J]. Journal of Xinyang Normal University(Natural Science Edition), 2016, 29(1): 67-70.
- [6] 李忠明. 气候变化与人类社会[M]. 北京: 气象出版社, 2020.  
LI Zhongming. Climate change and human society[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2020.
- [7] 贾蕾, 曾彪, 杨太保, 等. 近半个世纪以来中国季风区气温与降水变化及其时空差异[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2015, 51(2): 186-192, 201.  
JIA Lei, ZENG Biao, YANG Taibao, et al. Temperature and precipitation changes in the Chinese monsoon region during the recent half century and the spatio-temporal differences thereof[J]. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences), 2015, 51(2): 186-192, 201.
- [8] 严中伟, 丁一汇, 翟盘茂, 等. 近百年中国气候变暖趋势之再评估[J]. 气象学报, 2020, 78(3): 370-378.  
YAN Zhongwei, DING Yihui, ZHAI Panmao, et al. Reassessing climatic warming in China since the last century[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2020, 78(3): 370-378.
- [9] LIU Na, LIU Yu, ZHOU Qi, et al. Droughts and broad-scale climate variability reflected by temperature-sensitive tree growth in the Mts. Qinling, central China[J]. International Journal of Biometeorology, 2013, 57(1): 169-177.
- [10] 秦正, 赵景峰, 程武学, 等. 气候变化背景下秦岭-淮河地区亚热带北界变化[J]. 气候变化研究进展, 2023, 19(1): 38-48.  
QIN Zheng, ZHAO Jingfeng, CHENG Wuxue, et al. Change of subtropical northern boundary in Qinling-Huai region in the context of climate change[J]. Climate Change Research, 2023, 19(1): 38-48.
- [11] 竺可桢. 中国的亚热带[J]. 科学通报, 1958, 9(17): 524-528.  
ZHU Kezhen. The subtropical zone in China[J]. Chinese Science Bulletin, 1958, 9(17): 524-528.
- [12] 宋琳琳, 郝成元, 何素楠. 秦岭南北降水空间分异研究[J]. 地球与环境, 2021, 49(6): 615-622.  
SONG Linlin, HAO Chengyuan, HE Sunan. Study on spatial differentiation of precipitation between North and South of Mts. Qinling[J]. Earth and Environment, 2021, 49(6): 615-622.
- [13] 徐震宇, 李经纬, 丁园圆. 1961—2015 年秦岭地区气温变化特征分析[J]. 科技视界, 2017, 7(9): 37-38, 46.  
XU Zhenyu, LI Jingwei, DING Yuanyuan. Analysis on temperature change characteristics of the Qinling region from 1961 to 2015[J]. Science & Technology Vision, 2017, 7(9): 37-38, 46.
- [14] 李双双, 延军平, 万佳. 全球气候变化下秦岭南北气温变化特征[J]. 地理科学, 2012, 32(7): 853-858.  
LI Shuangshuang, YAN Junping, WAN Jia. The characteristics of temperature change in Mts. Qinling[J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(7): 853-858.
- [15] 李富民, 殷淑燕, 殷田园. 1960—2017 年秦巴山地及邻近区域极端气温时空变化特征[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2020, 59(6): 80-92.  
LI Fumin, YIN Shuyan, YIN Tianyuan. The spatial-temporal variations of extreme temperatures in the QinlingDaba mountains and adjacent areas during 1960—2017[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2020, 59(6): 80-92.

- [16] 白红英, 马新萍, 高翔, 等. 基于DEM的秦岭山地1月气温及0℃等温线变化[J]. 地理学报, 2012, 67(11): 1443-1450.  
BAI Hongying, MA Xinping, GAO Xiang, et al. Variations in January temperature and 0℃ isothermal curve in Qinling mountains based on DEM[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(11): 1443-1450.
- [17] 李双双, 芦佳玉, 延军平, 等. 1970—2015年秦岭南北气温时空变化及其气候分界意义[J]. 地理学报, 2018, 73(1): 13-24.  
LI Shuangshuang, LU Jiayu, YAN Junping, et al. Spatiotemporal variability of temperature in northern and southern Mts. Qinling from 1970 to 2015 and its influence on climatic boundary[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(1): 13-24.
- [18] 张善红, 白红英, 齐贵增, 等. 1960—2019年秦岭气候带界限的变化研究[J]. 自然资源学报, 2021, 36(10): 2491-2506.  
ZHANG Shan hong, BAI Hongying, QI Guizeng, et al. Changes of climate zone boundary of the Mts. Qinling from 1960 to 2019[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(10): 2491-2506.
- [19] 缪启龙, 丁园园, 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): 634-642.  
MIAO Qilong, DING Yuanyuan, WANG Yong. Impact of climate warming on the northern boundary of sub-tropical zone of China[J]. Geographical Research, 2009, 28(3): 634-642.
- [20] 苏坤慧, 延军平, 白晶, 等. 河南省境内淮河北气候变化的小麦适宜度比较[J]. 地理科学进展, 2012, 31(1): 63-71.  
SU Kunhui, YAN Junping, BAI Jing, et al. Comparative studies on degree of adaption of wheat under climatic change between areas South and North of Huaihe River in Henan Province[J]. Progress of Geography, 2012, 31(1): 63-71.
- [21] 张剑, 柳小妮, 谭忠厚, 等. 基于GIS的中国南北地理秦淮分界带模拟[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2012, 48(3): 28-33.  
ZHANG Jian, LIU Xiaoni, TAN Zhonghou, et al. Mapping of the north-south demarcation zone in China based on GIS[J]. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences), 2012, 48(3): 28-33.
- [22] 黄卫, 刘升. 基于长期线性趋势的时间序列建模研究[J]. 统计与决策, 2021, 37(2): 30-33.  
HUANG Wei, LIU Sheng. Research on time series modeling based on long-term linear trend [J]. Statistics and Decision, 2021, 37(2): 30-33.
- [23] 武新乾, 张刚. 具有线性趋势的残差自回归模型的估计方法[J]. 统计与决策, 2016, 32(11): 74-77.  
WU Xinqian, ZHANG Gang. Research on the estimation method of residual auto-regressive model with linear trend [J]. Statistics and Decision, 2016, 32(11): 74-77.

责任编辑:张 钰 陈松楠