

卢珊,王百朋,张宏芳. 1971~2010年陕西省气候舒适度变化特征及区划[J]. 干旱气象, 2015, 33(6): 987-993. [LU Shan, WANG Baipeng, ZHANG Hongfang. Variation Characteristics and Comprehensive Division of Climate Comfort Degree from 1971 to 2010 in Shaanxi Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(6): 987-993], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-06-0987

1971~2010年陕西省气候舒适度变化特征及区划

卢珊¹, 王百朋², 张宏芳¹

(1. 陕西省气象服务中心, 陕西 西安 710015; 2. 陕西省防雷中心, 陕西 西安 710015)

摘 要: 利用陕西省82个气象站近40 a (1971~2010年)的逐日常规气象观测资料,根据环境卫生学指标及相关研究成果,结合陕西地域特点,建立适合陕西的气候舒适度评价模型,进而得到该省气候舒适度的时空分布,在此基础上采用旋转经验正交分解法(EOF),对陕西省气候舒适度进行综合区划及评价。结果表明:陕西省气候舒适度有明显的地域差异,总体上气候舒适度由南向北逐渐降低,近40 a间各地的气候舒适度均显著增加;陕西省可划分为4个气候舒适区,分别是关中中东部(I区)、陕北西南部(II区)、陕北东北部(III区)、陕南中南部(IV区),其中IV区的气候舒适度最高,但人口仅占全省总数的11.4%,I区次之,人口占全省总数的一半,II区和III区的舒适度明显偏低,相应的人口也最少,分别占全省的6.0%和6.8%;4个区的年气候舒适日数均呈上升趋势,其中II区上升幅度最大,气候正常日数在各区的变化幅度均不明显,而气候不舒适日数各区均表现为明显下降趋势,I区降幅最大。

关键词: 气候舒适度; EOF; 综合区划; 陕西省

文章编号: 1006-7639(2015)-06-0987-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-06-0987

中图分类号: P468

文献标识码: A

引 言

陕西省地处中国西北地区东部的黄河中游,位于105°29'E~111°15'E、31°42'N~39°35'N之间,属内陆省份,境内地形复杂,南北差异显著,东西向横贯全省的秦岭山脉是划分我国南北方的重要自然界线。该省冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,具有明显的大陆性季风气候特点;不论冬夏,南北气流均在其上空交汇,各类天气系统均从不同方向上影响陕西,使其成为独一无二的气候高度敏感区^[1],同时也造就了山川秀丽、景色壮观的自然风光,加之文物古迹荟萃,使得陕西的旅游产业蕴含着巨大的后发优势。

天气与气候是直接影响游客户外体验及旅游业发展的重要因素。良好的气候条件不仅具有特殊的景观功能,还能通过增添和开发富有特色的旅游内容来扩展旅游的时空分布^[2-4]。气候舒适度是一项从气象角度评价人体在不同天气条件下舒适感的生物气象指标,也是评判旅游气候资源的重要标

准^[5-6]。近年来,我国许多学者针对气候舒适度提出了多种生物气候学指标,并开展了众多针对主要城市或景区的气候旅游资源评价与气候舒适度评价的研究,这对旅游业开发及规划给出了指导性建议^[7-16]。然而之前的研究多集中在某一著名城市或旅游景区,而对各地域不同气候背景下的气候舒适度差异对比研究较少。本文利用陕西省1971~2010年逐日气象观测资料,采用经验正交函数分解(EOF)和旋转经验正交函数分解(EOF)方法,对全省气候舒适度进行区划评价,以期更好地掌握陕西省各地旅游气候资源优势,为旅游资源合理开发提供气象信息支撑。

1 资料与方法

1.1 资料

选用陕西省82个气象台站1971~2010年逐日平均气温、平均风速及平均相对湿度资料,资料由陕西省气象信息中心提供。

收稿日期:2015-02-09; 改回日期:2015-03-09

基金项目:陕西省气象局2014年度气象科技创新基金项目“基于信息扩散理论的秦岭北麓旅游区暴雨及高温灾害风险分析”(2014M-39)资助

作者简介:卢珊(1985-),女,陕西石泉人,硕士,工程师,从事预报服务工作. E-mail:lushan660@163.com

1.2 研究方法

1.2.1 气候舒适度计算

根据环境卫生学指标及相关研究结论^[17-19],考虑到陕西南北跨度大的地理特点,经多次对比分析后,最终确定平均气温 22 ℃、相对湿度 70% 和平均风速 2 m/s 作为陕西省人体最舒适的气象条件,构建的气候舒适度指数模型为:

$$SI = 0.68 \times |T - 22.0| + 0.07 \times |H - 70| + 0.5 \times |V - 2.0| \quad (1)$$

式中: SI 为人体舒适度指数; T 为平均气温(单

位: ℃); H 为平均相对湿度(单位: %); V 为平均风速(单位: m/s)。 SI 值越小,表明气候越舒适。依据气候舒适度序列概率分布特征,采用 WMO(世界气象组织)极端气候事件计算推荐的百分位数法^[20],将 1971~2010 年陕西省 82 个台站逐日 SI 值序列(从小到大)按前 10%、30%、70% 和 90% 分位值划分阈值,由此确定陕西省不同气候舒适度指数等级范围(表 1)。为便于分析,将舒适度为 1 级和 2 级的作为气候舒适日,3 级的作为正常日,4 级和 5 级的作为不舒适日。

表 1 陕西省气候舒适度指数等级划分表

Tab.1 Grade standards of climate comfortable degree index in Shaanxi Province

级别	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
SI	$SI \leq 2.16$	$2.16 < SI \leq 4.37$	$4.37 < SI \leq 12.38$	$12.38 < SI \leq 17.67$	$SI > 17.67$
人体感觉	最舒适	较舒适	正常	较不舒适	最不舒适

1.2.2 气候舒适度区划

REOF 是在经验正交分解(EOF)的基础上着重表现空间相关性分布结构的方法,解决了 EOF 展开时因所取范围不同或取样大小不同而引起的特征向量空间分布差异等问题,可以将原要素场的信息特征集中映射到载荷场所表示的优势空间上,使得旋转后的特征场比旋转前在时间上更稳定。旋转后的典型空间分布结构清晰,不仅能较好地反映不同地域的变化,还可反映不同地域的相关分布状况^[21]。该方法成为分离变量场典型空间结构的一种新倾向。因此,选取各站逐年气候舒适级别日数序列做 EOF 分析,并对前 4 个载荷向量进行方差极大正交旋转(REOF),以突出陕西省过去 40 a 气候舒适日数各地域性变化特点。

2 结果分析

2.1 气候舒适度空间分布特征

图 1 是陕西省多年平均气候舒适日数、正常日数及不舒适日数空间分布。由图 1a 可看出,陕西省年平均气候舒适日数大值区位于秦巴山脉的陕南地区,年均舒适日数在 120 d 以上,汉中西部、安康东南部及商洛东部有多站超过 125 d,其中汉中西部的勉县为全省最高 135 d;关中平原大部及延安黄河沿线大都介于 100~120 d 之间;陕北北部最低,普遍在 70~100 d 左右,且由东向西递减,其中定边最低,仅为 73 d。图 1b 显示,陕西省年平均气候正常日数呈南多北少分布,陕北大部的年均正常日数在 120~130 d 之间,关中大部普遍为 130~150 d,高值

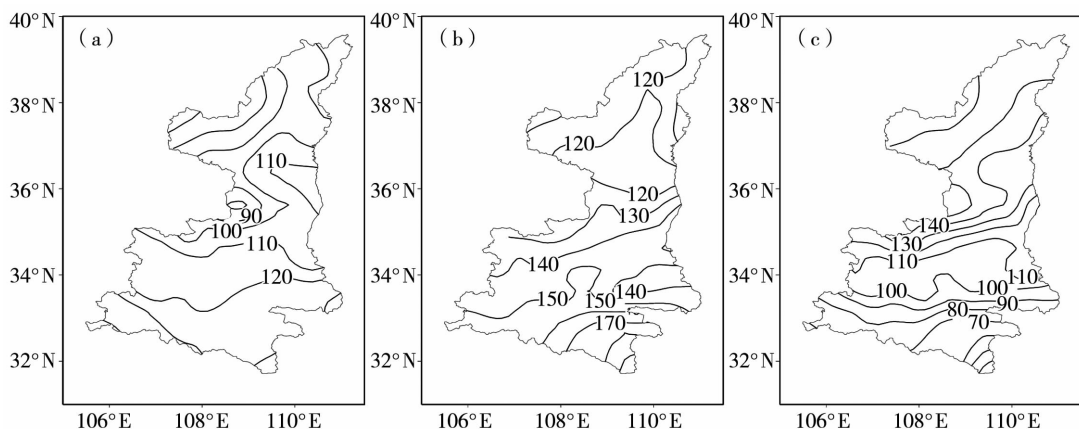


图 1 1971~2010 年陕西省年平均气候舒适日数(a)、正常日数(b)及不舒适日数(c)空间分布(单位:d)

Fig.1 Distribution of the annual average days with comfortable (a), normal (b) and uncomfortable (c) climate in Shaanxi from 1971 to 2010 (Unit:d)

区仍在陕南地区,其年均正常日数基本都在150 d以上,且大值中心位于陕南东南部,多站超过了160 d,其中安康最高,达178 d。与气候舒适日数的空间分布正相反,年均气候不舒适日数呈北多南少分布,陕北大部年均不舒适日数达140~160 d,关中地区在100~130 d左右,陕南地区大都少于90 d,其中陕南东南部各站均在70 d以下(图1c)。

另外统计表明,年均最舒适日数同样在陕南地区最高,关中地区次之,陕北地区最低,其中极大值在略阳,为51 d,定边最少,仅有17 d;年均最不舒适日数正相反,陕北地区最高,基本都在60 d以上,定边最高达97 d,陕南地区最低,大都在10 d以下,其中安康地区甚至有多站为0(图略)。

2.2 气候舒适度年际变化趋势

陕西各站气候舒适日数的线性倾向率基本为正值,表明近40 a来各地的舒适日数均呈普遍增多趋势,除陕北东部、关中中南部及陕南南部部分站点外,全省大部增多趋势均显著(通过0.05的显著性水平检验),尤其是陕北西北部、关中东北部及陕南

东部地区趋势更明显(图2a)。气候正常日数除陕北西北部有减少外,全省其他地区均呈线性增多趋势,其气候倾向率基本在0.10~0.30 d/a之间,略小于舒适日数(图2b)。经检验发现,绝大部分站点气候正常日数的变化趋势均不显著。从气候不舒适日数变化趋势分布可见(图2c),近40 a全省不舒适日数明显减少,绝大多数站点的线性倾向率都在-0.30 d/a以下(通过了0.05的显著性检验),降幅最大的地区主要集中在陕南中东部。

2.3 气候舒适度区划

2.3.1 旋转载荷向量场及空间分布

通过对全省各站逐年气候舒适日数序列进行的EOF和REOF分析,得到前4个主分量旋转前和旋转后的方差贡献及贡献率(表2)。可看出,前4个载荷向量累积解释方差贡献占总方差的76.51%,其中第1载荷向量的累积方差贡献率达48.54%,且载荷向量场均为正值,表明陕西省气候舒适日数变化具有区域一致性的特征,这可能与全球气候变暖造成的区域性整体变化有关。

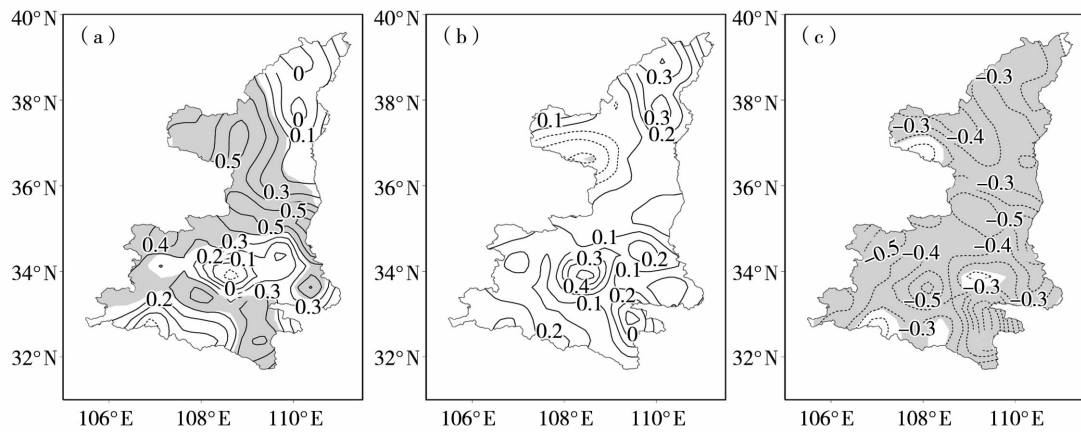


图2 1971~2010年陕西省气候舒适日数(a)、正常日数(b)和不舒适日数(c)线性倾向率空间分布(单位:d/a,阴影区通过了0.05的显著性检验)

Fig. 2 linear trend rate of climate comfortable days (a), normal days (b) and uncomfortable days (c) in Shaanxi from 1971 to 2010 (Unit: d/a, shaded area passed 0.05 significant test)

表2 陕西年气候舒适日数前4个EOF和REOF分量对总方差的贡献

Tab. 2 The contribution of the first four vectors of EOF and REOF to the total variance for climate comfort days in Shaanxi

序号	EOF			REOF		
	方差贡献/%	贡献率/%	累积贡献率/%	方差贡献/%	贡献率/%	累积贡献率/%
1	39.80	48.54	48.54	27.64	33.71	33.71
2	12.28	14.98	63.51	15.57	18.99	52.70
3	7.77	9.48	72.99	11.01	13.43	66.12
4	2.89	3.52	76.51	8.52	10.93	76.51

从表 2 和图 3 中还可以看到,对前 4 个载荷向量进行旋转经验正交分解 (REOF) 后,第 1 旋转载荷向量场解释了总方差的 33.71%,载荷大值区出现在关中中东部,中心值为 0.911(乾县);第 2 旋转载荷向量场解释了总方差的 18.99%,载荷大值区出现在陕北西部及关中西北部,中心最大值为 0.902(旬邑);第 3 旋转载荷向量场解释了总方差的

13.43%,载荷大值区出现在陕北北部,中心最大值为 0.913(绥德);第 4 旋转载荷向量场解释了总方差的 10.93%,载荷大值区出现在陕南南部,中心最大值为 0.772(紫阳)。对比分析发现,旋转后各载荷向量解释方差贡献比旋转前分布更加均匀,且总方差贡献未发生变化,其旋转效果显著,旋转后的空间分布结构更加清晰。

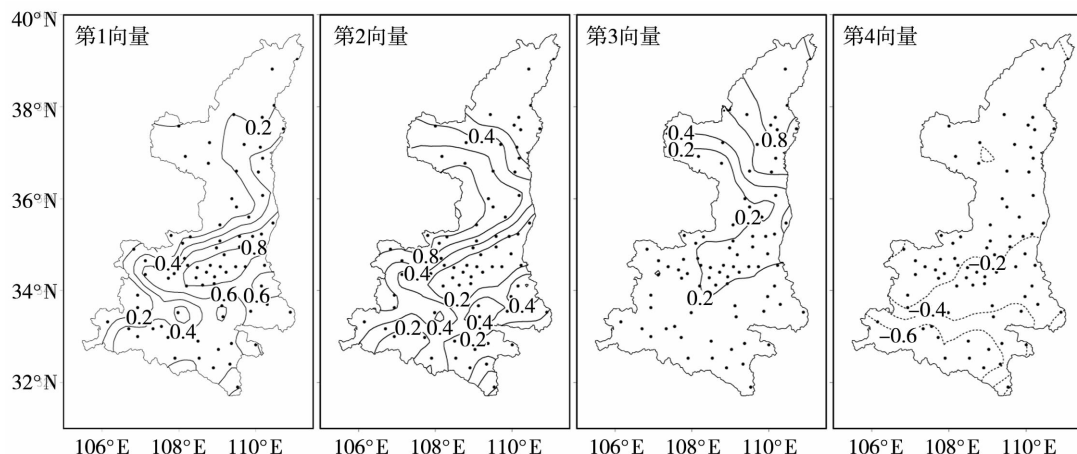


图 3 陕西省气候舒适日数前 4 个旋转载荷向量场空间分布

Fig. 3 The spatial distribution of the first four rotated load vector fields of climate comfort days in Shaanxi

2.3.2 气候舒适度区划

按 North 判别准则^[22],将同一旋转载荷向量场中贡献率 ≥ 0.6 ,在地域上连成一片且测站多于 4 个的区域划为同一区域。因此,根据陕西省近 40 a 气候舒适日数序列,可以将全省舒适区划分为 4 个区域(图 4),即 I 区关中中东部,对应的代表站数为 27 个;II 区陕北西南部,对应的代表站数为 11 个;III 区陕北东北部,对应的代表站数为 12 个;IV 区陕南中南部,对应的代表站数为 12 个。其中各分区之间无重叠,对于不符合分区准则的站点不作考虑,各区所包含的站点详见表 3。

2.4 气候舒适度区域特征

2.4.1 各分区气候舒适度日数分布

统计过去 40 a 来 I ~ IV 区各舒适度级别的平均日数(图 5)可知, I 区(关中中东部)的年均舒适

日数为 111 d,仅次于 IV 区(陕南中南部),年均正常、不舒适日数分别为 144 d 和 111 d。这是由于 I 区介于陕北高原与秦岭山地之间,是三面环山的河谷盆地,号称“八百里秦川”,地势平坦,土质肥沃,自然条件一向较好,属于关中平原暖温带,故使得年均舒适日数及正常日数较高,但由于夏季为陕西主要的高温中心,致使夏季的气候舒适度偏低;II 区(陕北西南部)的年均舒适、正常、不舒适日数分别为 99 d、123 d、144 d。该区主要为陕北南部黄土高原丘陵沟壑半湿润气候区。相比 I 区和 IV 区,II 区自然条件相对较差,加之西接甘肃省、西北隅毗连宁夏回族自治区,故而对上游天气系统的影响比较敏感;III 区(陕北东北部)主要由盐滩地干旱气候区、风沙滩地半干旱气候区以及黄土高原丘陵沟壑半干旱气候区组成,常年降水匮乏,冬季严寒,是陕

表 3 陕西 4 个气候舒适区所包含的县市

Tab. 3 The counties and cities in four climate comfort districts in Shaanxi

分区	地域	县(市)													
I 区	关中中东部	泾阳	咸阳	西安	高陵	大荔	渭南	富平	蒲城	乾县	耀县	韩城	临潼	周至	澄城
		华县	长安	宝鸡	户县	礼泉	潼关	兴平	白水	扶风	岐山	眉县	彬县	凤翔	
II 区	陕北西南部	旬邑	黄龙	长武	宜君	铜川	洛川	宜川	志丹	富县	延安	吴旗			
III 区	陕北东北部	绥德	清涧	子洲	府谷	延川	佳县	米脂	神木	横山	延长	吴堡	子长		
IV 区	陕南中南部	紫阳	汉阴	安康	岚皋	平利	白河	洋县	西乡	城固	勉县	镇巴	略阳		

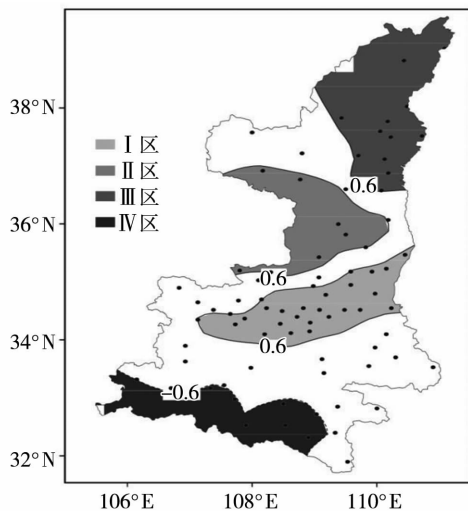


图4 陕西省4个气候舒适度分区分布

Fig. 4 The division of climate comfort degree in Shaanxi

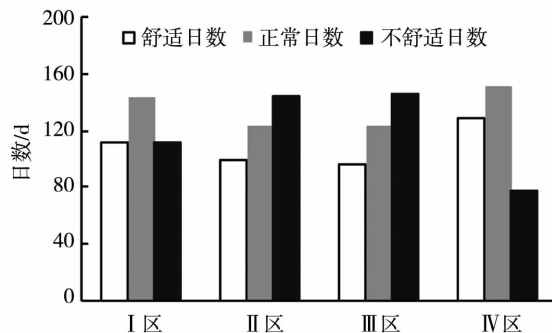


图5 1971~2010年陕西I~IV区各舒适等级平均日数

Fig. 5 The average days of each climate comfort grade in I-IV districts of Shaanxi during 1971-2010

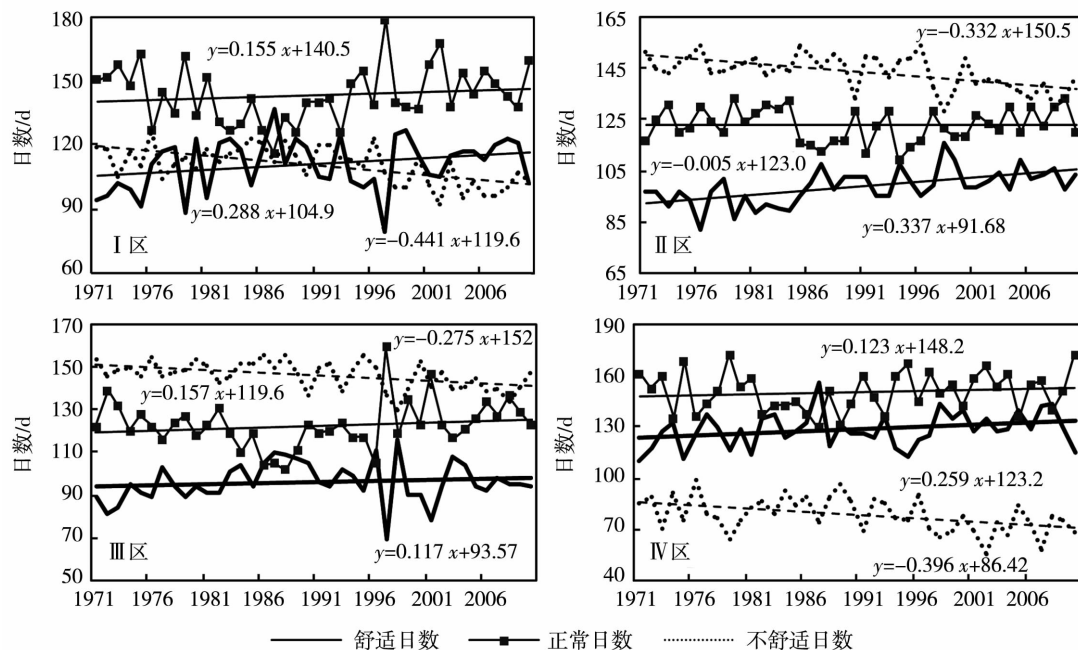


图6 1971~2010年陕西I~IV区各舒适级别日数的逐年变化

Fig. 6 Annual variations of climate comfort days for each grade in I-IV districts of Shaanxi during 1971-2010

西自然条件较为恶劣的地区,本区年均舒适、正常、不舒适日数分别为96 d、123 d、146 d,为气候舒适区I~IV中舒适度最低;IV区(陕南中南部)为陕西省气候舒适度最高的地区,其年均舒适、正常日数分别高达129 d和151 d,而不舒适日数仅有78 d,仅为III区的一半。这是由于IV区主要由汉江河谷盆地湿润气候区和米仓一大巴山地过湿润气候区组成,气温适宜,雨水充足,植被茂密,是陕西省水、热条件最佳之地。

综上所述,IV区的气候舒适度最佳,I区次之,II区和III区由于地形复杂,自然条件恶劣,同属于气候舒适度较差的地区。

2.4.2 各分区人口分布

据2010年第六次全国人口普查主要数据公报显示,舒适度较好的I区27个县(市)的人口总数为1 864.63万,占陕西人口总数的50.0%,是全省人口最密集的地区;II区11个县(市)的人口总数为223.58万,III区12个县(市)的人口总数为254.92万,分别占陕西人口总数的6.0%和6.8%。源于较差的自然状况和舒适度条件,这2个地区的常住人口较少;IV区12个县(市)的人口总数为424.53万,占陕西总人口的11.4%。尽管IV区的气候舒适度最佳,但由于地理条件所致的交通不便等原因,致使常住人口总数也不高。

2.4.3 各分区气候舒适度日数年变化

图6给出了1971~2010年陕西I~IV区各舒

适日数的年变化曲线及线性趋势线,可知,过去 40 a 中,4 个区域的年舒适日数均呈上升趋势。其中,4 个区域年舒适日数的趋势率为 1~3 d/10 a 左右,Ⅱ区的上升幅度最大,达 3.4 d/10 a。经显著性检验发现,Ⅱ区和Ⅳ区年舒适日数的上升趋势显著,均通过了 0.05 以上的显著性水平检验。就年正常日数来说,4 个区域近 40 a 的变化不甚明显,变化幅度基本维持在 1 d/10 a 左右。年不舒适日数的变化趋势与舒适日数正相反,Ⅰ~Ⅳ区均表现为一致的显著下降趋势(均通过了 0.01 的显著性水平检验),4 个区的下降幅度在 -4~-3 d/10 a 左右,其中Ⅰ区下降最为明显,达到 -4.4 d/10 a。

3 结 论

(1)陕西气候舒适日数和正常日数基本都呈南多北少分布,秦巴山脉以南的陕南地区的气候舒适及正常日数较多,其它地区相对较少。陕北地区的气候不舒适日数最多,且从北向南逐渐减少。总体上,陕西省的气候舒适度陕南最高,关中次之,陕北最低。

(2)近 40 a 来,陕西各地的气候舒适日数均呈显著增多趋势;气候正常日数在陕北西北部略有减少,其余地区为增加趋势,但变化趋势不明显;气候不舒适日数在全省各地均有明显的减少,其降幅中心主要位于陕北西北部和陕南中东部地区。

(3)陕西省气候舒适度可划分为 4 个区域,分别是关中东东部(Ⅰ区)、陕北西南部(Ⅱ区)、陕北东北部(Ⅲ区)、陕南中南部(Ⅳ区)。位于汉江河谷盆地和大巴山地的Ⅳ区气候舒适度最高,但人口仅占全省总数的 11.4%,而由平原组成的Ⅰ区气候舒适度次之,人口分布最为密集,人口占了全省总数的一半,Ⅱ区和Ⅲ区由于自然条件较差,舒适日数都明显偏低,人口数量也明显偏少,分别占全省总数的 6.0% 和 6.8%。

(4)近 40 a 间,气候舒适日数在 4 个分区均呈上升趋势,其中Ⅱ区和Ⅳ区的上升趋势显著。正常日数在各区的变化幅度均不明显,而不舒适日数则表现为明显下降趋势,Ⅰ区的下降幅度最大达 4.4 d/10 a。

气候作为自然系统中的重要因子,其舒适度明显影响着人口的分布,本文的研究结论可以为本省的旅游资源开发及各种生产活动的开展提供理论支持,同时还能为人分布趋势预测提供依据。在研

究气候舒适度时,本文仅选取了温度、相对湿度和风速 3 个要素,然而在实际中太阳辐射、气压、以及空气质量等因子对气候舒适度也有较大影响,从而使该模型存在一定的局限性,这将是下一步研究所要解决的问题。

参考文献:

- [1] 杜继稳,侯明全,梁生俊,等. 陕西省短期天气预报技术手册[M]. 北京:气象出版社,2007.
- [2] 马鹤年. 气象服务学基础[M]. 北京:气象出版社,2001.
- [3] 吴章文. 旅游气候学[M]. 北京:气象出版社,2002.
- [4] 郭洁,姜艳,胡毅,等. 四川省旅游气候资源分析及区划[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(3):390-395.
- [5] 唐焰,封志明,杨艳昭. 基于栅格尺度的中国人居环境气候适应性评价[J]. 资源科学,2008,30(5):648-653.
- [6] 蒲金涌,姚小英. 甘肃省主要城市人居环境气候舒适性评价[J]. 资源科学,2010,32(4):679-685.
- [7] 马丽君,孙根年,王洁洁. 中国东部沿海沿边城市旅游气候舒适度评价[J]. 地理科学进展,2009,28(5):713-722.
- [8] 党冰,王式功,尚可政. 甘肃平凉市的旅游气候舒适度评价[J]. 干旱气象,2013,31(4):684-689.
- [9] 赵小艳,申双和,孙虎生. 南京旅游气候舒适度的探讨[J]. 南京气象学院学报,2008,31(2):250-256.
- [10] 彭洁,宗志平,黄小玉,等. 湖南猛洞河漂流气候舒适度评价及预报方程的建立[J]. 气象,2011,37(6):771-776.
- [11] 谈建国. 衡量上海夏季暑热程度的相对舒适度指数研究[J]. 南京气象学院学报,2005,28(2):213-218.
- [12] 贾海源,陆登荣. 甘肃省人体舒适度地域分布特征研究[J]. 干旱气象,2010,28(4):449-454.
- [13] 吴兑. 多种人体舒适度预报公式讨论[J]. 气象科技,2003,31(6):370-372.
- [14] 徐大海,朱蓉. 人对温度、湿度、风速的感觉与着衣指数的分析研究[J]. 应用气象学报,2000,11(4):432-441.
- [15] 马丽君,孙根年. 中国西部热点城市旅游气候舒适度[J]. 干旱区地理,2009,32(5):791-797.
- [16] 朱宝文,哈承智,时盛博,等. 青海海北地区旅游气候舒适度与客流量关系[J]. 气象与环境科学,2014,37(1):83-87.
- [17] 吴兑,邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报[M]. 北京:气象出版社,2001.
- [18] 杨建明. 全球气候变化对旅游业发展影响研究综述[J]. 地理科学研究进展,2010,29(8):997-1004.
- [19] 孔邦杰,李军,黄敬峰. 山地旅游区气候舒适度的时空特征分析[J]. 气象科学,2007,27(3):342-348.
- [20] 王胜,田红,谢五三,等. 近 50 年安徽省气候舒适度变化特征及区划研究[J]. 地理科学进展,2012,31(1):40-45.
- [21] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版)[M]. 气象出版社,2008. 128-134.
- [22] 唐亚平,张凯,李忠娴,等. 基于 REOF 方法的辽宁气候舒适度区域特征分析[J]. 环境科学与技术,2011,34(2):120-124.

Variation Characteristics and Comprehensive Division of Climate Comfort Degree from 1971 to 2010 in Shaanxi Province

LU Shan¹, WANG Baipeng², ZHANG Hongfang¹

(1. Shaanxi Meteorological Service Center, Xi'an 710015, China;

2. Shaanxi Lighting Protect Center, Xi'an 710015, China)

Abstract: Based on the daily mean temperature, relative humidity and wind speed of 82 weather stations in Shaanxi Province from 1971 to 2010, the evaluation model of climate comfort degree was established by considering the related research results and combining with the regional characteristics, and then the spatial and temporal distribution of climate comfort degree was calculated. On this basis the comprehensive division and evaluation of climate comfort degree was done by using the rotated empirical orthogonal function (REOF) method. The results showed that the climate comfort degree had obvious regional differences in Shaanxi, which decreased from south to north in general and increased significantly everywhere in the past 40 years. Shaanxi Province was divided into 4 climate comfortable districts including the central and east of Guanzhong (District I), southwest of northern Shaanxi (District II), northeast of northern Shaanxi (District III) and central and south of southern Shaanxi (District IV), respectively. The climate in District IV was the most comfortable, and its population accounted for 11.4% of the provincial population. The climate comfort degree in District I was slightly lower than that in District IV, and its population accounted for half of the total, while that in District II and District III were the lowest, their population accounted respectively for 6.0% and 6.8% of the total. The annual climate comfortable days showed an increasing trend in each district during 1971–2010, and the biggest increase appeared in District II. The annual change of climate normal days was little, but that of climate uncomfortable days was significantly downward trend in four districts, and with the largest decline in District I.

Key words: climate comfort degree; REOF; comprehensive division; Shaanxi Province

(上接第 954 页)

Preliminary Relationship Between the Planetary Wave Anomalies and Temperature, Precipitation in the Tibetan Plateau and Surrounding Areas in Winter

ZHAO Yujuan^{1,2}, CHEN Quanliang², JIAO Meiling¹, ZHAO Weiwei³

(1. Qingyang Meteorological Bureau of Gansu Province, Qingyang 745000, China;

2. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Plateau Atmospheric and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610225, China;

3. Nyingchi Meteorological Bureau of Xizang, Nyingchi 860000, China)

Abstract: Based on the NCEP/NCAR reanalysis data with $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ spatial resolution and the monthly temperature anomalies and precipitation anomaly percentage from weather stations in the Tibetan Plateau during 1971–2010, three-dimensional E–P flux was calculated, firstly. On this basis the characteristics of planetary waves were analyzed by using harmonic analysis and synthesis analysis method, and the preliminary relationship between the planetary wave anomalies and temperature, precipitation in the Tibetan Plateau and surrounding areas was explored. The results showed that there was three-centres including Asia Europe, North America and North Atlantic for the propagation of the quasi-stationary planetary wave, and that spread to lower latitudes and the polar at 50°N in the horizontal direction, respectively. Planetary wave anomalies had some relation with temperature and precipitation in the Tibetan Plateau and surrounding areas. When the wave guide of low-latitude in winter was strong during 1971–2010, the temperature was lower than the normal in the Tibetan Plateau, Northwest China, Guangdong and Guangxi region and the middle reaches of the Yangtze River, while that was higher than the normal in Southwest China, Loess Plateau and the central of Inner Mongolia. At the same time, the precipitation was more in eastern Tibet Plateau, the south of Northwest China, the north of Southwest China, the middle reaches of the Yangtze River and Guangdong, Guangxi, but that was fewer in western Inner Mongolia and Yunnan Province. When the wave guide of low-latitude was weak from 1971 to 2010, the temperature was lower than the normal in northeastern of Tibet Plateau, the Yangtze River basin and Guangdong, Guangxi, while that was higher in most parts of Southwest China. Meanwhile, the precipitation increased in Inner Mongolia and decreased elsewhere.

Key words: Tibetan Plateau; Planetary waves; E–P flux