

渭河流域降水和气温的时空特征分析

何毅¹, 王飞^{1,2}, 穆兴民^{1,2}, 白桦³, 蒋冲¹, 李锐^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 降水和气温等气候要素对农业生产具有显著影响。根据 1957—2009 年渭河流域内 12 个代表性气象站点 53 a 的降水和气温实测资料, 采用传统统计、经验正交函数分解(EOF 分析)和小波分析等方法, 讨论了渭河流域降水量和气温的空间分布特征, 并分析了其周期变化特点。结果表明: (1) 受大尺度天气系统影响, 流域降水量和气温异常的一致性为主要特点, 也存在南北差异和东西差异; (2) 年降水量主要存在 30 a 或更大的周期变化特征, 而年平均气温、年平均最低气温和年平均最高气温主要存在 29 a 或更大的周期变化特征。

关键词: 气候变化; 时空特征; 渭河流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0102-04

中图分类号: P467

Temporal and Spatial Characteristics of Temperature and Precipitation in Weihe River Basin

HE Yi¹, WANG Fei^{1,2}, MU Xing-min^{1,2}, BAI Hua³, JIANG Chong¹, LI Rui^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Climate factors including precipitation and temperature have significant effects on agricultural production. Traditional statistics, EOF analysis and wavelet analysis were applied to analyze the characteristics of periodic variations and spatial distribution of precipitation and temperature in this region based on data collected at the 12 weather stations in Weihe River basin during 1957—2009. The results show that: (1) The precipitation and temperature in the basin is affected by larger scale weather systems. The abnormality of precipitation and temperature in Weihe River basin were simultaneous, and the abnormality of precipitation and temperature differed between south and north, and in the east and west. (2) Morlet wavelet transform indicated that the major periods for precipitation was about 30 years or more, while the main periods for annual mean temperature and mean maximum temperature were about 29 years or more.

Keywords: climate change; temporal and spatial characteristics; Weihe River basin

气候变化及其影响越来越受到广泛关注, 据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)2007 年报告指出^[1], 近 100 a 来全球平均气温经历了 4 次波动, 总的来看气温呈上升趋势, 但是全球气候变化在各区域存在明显的区域差异^[2-5]。全球大幅度气候变暖, 势必会导致降水量的变化。降水量的变化又与生态环境及生态安全密切相关, 对农业生产、生态环境都会

产生影响, 制约着社会、经济和生态的发展^[6]。渭河流域地处我国西北地区东部生态环境脆弱带, 自然灾害多发, 其中旱灾发生最为频繁, 程度最重, 危害最大, 已成为制约该地区国民经济特别是农业经济持续发展的主要因素。研究近几十年来气候变化对深化气候变化的环境影响及其与当地农业布局具有十分重要的意义, 为此, 本研究分析了渭河流域 53 a 来的

收稿日期: 2011-06-09

修回日期: 2011-11-02

资助项目: 中国科学院对外合作重点项目计划“渭河流域水环境问题综合治理对策研究”(GJHZ1018); 荷兰科学研究组织(NOW); 中荷联合主题研究项目(OND1339291); 欧盟第六框架计划项目(EU FP6; 037046); 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B00)

作者简介: 何毅(1985—), 男(汉族), 广西壮族自治区梧州市人, 硕士研究生, 主要从事气候变化和 GIS 应用方面研究。E-mail: hy1985006@163.com。

通信作者: 王飞(1971—), 男(汉族), 陕西省户县人, 博士, 副研究员, 主要从事水土保持环境效应评价、荒漠化防治和气候变化等研究, E-mail: wafe@ms.iswc.ac.cn。

降水量和气温的空间分布及其周期变化特征,以期对减缓或适应气候变化及西北地区的水土流失防治,环境保护和生态建设提供理论参考。

1 资料来源与研究方法

1.1 数据来源及处理

数据来自中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/>)提供的中国地面气候资料年值数据集(1957—2009 年)中的年平均最高气温、年平均最低气温、年平均气温以及年降水量。为保证资料的统一性和完整性,选取渭河流域内气象站中气候要素比较完备,建站时间比较长,分布在渭河流域不同方位,时间序列大于 50 a 的气象站(12 个),对于少部分缺测站点数据,采用邻近站点多元线性回归进行插补,从统计意义上讲,选用的该时间长度序列能够获得比较可信的分析结果。

1.2 研究方法

本研究采用传统统计方法,利用 Excel 软件对气象要素的统计特征进行计算,在分析降水与气温时空变化特征时,应用了 EOF 分析。EOF 分析也称经验

正交函数分解,其基本原理是对包含 P 个空间点(变量)的场随时间变化进行分解。能从气象变量场的资料集中识别出主要的相互正交的空间分布型和从多变量序列中提取主要的相互独立的新变量序列,用少数几个新变量序列反映原多个变量的变化信息^[7-9]。

小波分析是一种信号的时间—尺度分析方法,由 Morlet 于 20 世纪 80 年代提出,它是傅立叶分析、样条理论、数值分析等多个学科相互交叉的结果,可以对信号进行多尺度细化分析,能得到各个频率随时间的变化及不同频率之间的关系^[9]。关于小波分析方面的文献有很多^[10-11],本研究小波分析母函数选用 Morlet 小波函数,特点是更擅长于有效地解释原序列的振荡位相,在时、频两域上均有良好的分辨率。

2 结果与分析

2.1 渭河流域气象要素统计特征分析

近 53 a 间渭河流域年均降水量在 409~834 mm,年均最高气温在 9.8~19.4 °C,年均气温在 5.5~13.7 °C,年均最低气温在 -0.1~9.2 °C,4 个气象要素的变差系数均在 0.038~0.284 之间变化(表 1)。

表 1 渭河流域 53 a 来气候特征值统计

站名	年均温/°C				年均最高温/°C				年均最低温/°C				年均降水量/mm			
	平均	最高	最低	变差系数	平均	最高	最低	变差系数	平均	最高	最低	变差系数	平均	最高	最低	变差系数
武功	13.26	14.8	12.4	0.043	18.88	20.9	17.2	0.041	8.71	10.1	7.6	0.071	600.54	978.3	326.7	0.261
西安	13.85	15.6	12.7	0.056	19.48	21.0	17.9	0.039	9.41	11.6	8.2	0.097	567.87	903.2	312.2	0.225
宝鸡	13.23	14.5	12.0	0.047	18.62	20.4	16.8	0.045	9.03	10.5	8.0	0.073	659.14	951.0	378.3	0.211
华山	6.21	7.7	5.0	0.099	9.86	11.5	8.6	0.069	3.40	4.9	2.3	0.177	820.82	1262.0	465.3	0.209
天水	11.03	12.4	9.9	0.058	17.07	18.9	15.4	0.049	6.47	7.8	5.4	0.102	516.76	809.6	321.8	0.235
长武	9.26	10.4	8.1	0.057	15.19	16.8	13.2	0.059	4.17	5.2	3.4	0.092	577.82	954.3	296.0	0.225
平凉	8.94	10.6	7.6	0.074	15.32	17.0	13.4	0.056	3.84	5.6	2.9	0.165	494.61	743.1	272.4	0.225
西峰镇	8.78	10.7	7.2	0.095	13.95	15.7	11.8	0.067	4.60	6.9	2.9	0.202	545.79	828.2	333.8	0.217
洛川	9.59	11.0	8.3	0.074	15.46	16.9	13.6	0.052	4.70	6.3	3.7	0.141	606.25	929.4	341.9	0.208
西吉	5.56	7.2	4.4	0.109	12.70	14.5	10.8	0.062	-0.10	1.4	-1.4	0.718	408.43	654.1	255.4	0.219
环县	8.76	10.4	6.5	0.093	15.59	17.6	11.8	0.087	3.18	4.6	2.1	0.190	426.50	811.0	258.1	0.284
吴旗	8.01	9.2	6.8	0.071	15.91	17.4	14.4	0.043	1.73	3.0	0.3	0.384	466.46	786.3	270.0	0.234

2.2 流域降水和气温的空间特征

表 2 列出了渭河流域 1957—2009 年降水量和气温 EOF 分解后的前 7 个特征向量场的方差贡献率和累积方差贡献率。由表 2 可知,降水量和气温的前 7 个特征向量场的方差贡献均超过 95%,而除年降水量外,其余气象要素的前 3 个特征向量方差累积贡献率均超过 90%。根据 North 判别准则^[12],前 3 个特征向量场具有显著的物理意义,表明前 3 个特征向量场能较好地反映流域各气象要素空间变化的主要特征。

图 1 给出了年降水量前 3 个特征向量场(方差累

积贡献率达 82.9%),以揭示流域年降水量的整体空间分布结构。由年降水量第一特征向量场(图 1a)可以看出,第一特征向量在全流域内均为正值,这表明渭河流域的年降水量在空间上具有很好的一致性,这种全流域一致的特性占总体方差的 62.2%,显然这是受大尺度天气系统影响的缘故,从降水的气候特征看,渭河流域地处大陆性季风气候区,主要受西太平洋副热带高压和蒙古高压系统的影响。第一特征向量所代表的空间变化特征定义为渭河流域年降水分布第一型,即总体一致型,全地区降水量一致偏多或一致偏少。

表 2 EOF 分解前后 7 个特征向量对降水量、气温总方差的贡献

特征向量		1	2	3	4	5	6	7
年降水量	方差贡献率/%	62.2	14.6	6.1	4.3	3.3	2.9	1.6
	累积贡献率/%	62.2	76.8	82.9	87.2	90.5	93.4	95.0
年均温	方差贡献率/%	90.5	2.8	2.0	1.6	1.1	0.7	0.5
	累积贡献率/%	90.5	93.3	95.3	96.9	98.0	98.7	99.2
年均最高温	方差贡献率/%	85.5	8.9	2.1	1.1	0.7	0.5	0.4
	累积贡献率/%	85.5	94.4	96.5	97.6	98.3	98.8	99.2
年均最低温	方差贡献率/%	84.9	4.5	3.1	2.2	1.6	1.1	1.0
	累积贡献率/%	84.9	89.4	92.5	94.7	96.3	97.4	98.4

第二特征向量场(图 1b)揭示了流域年降水量场具有南北相反的变化趋势,特征值零线穿越陕西省和甘肃省边界。这种变化趋势可能是由于西太平洋副热带高压做南北进退的振荡运动引起的。第二特征向量所代表的空间变化特征定义为流域年降水量分布第二型,即南北差异型。

第三特征向量场(图 1c)显示,等值线值由西北向东南先减小,而后又逐渐增加。其分布特征代表着流

域年降水量变化的经向分布特征。东、西部正好相反,表现出流域年降水量变化东多西少或西多东少的变化形态。这种分布类型表明渭河流域年降水量除存在上述 2 种分布类型外,还存在第 3 种分布类型,即东西差异型。

通过对渭河流域年降水的总体空间结构的讨论,可以看出其结构既有一致的方面,也存在明显的东西或南北差异。

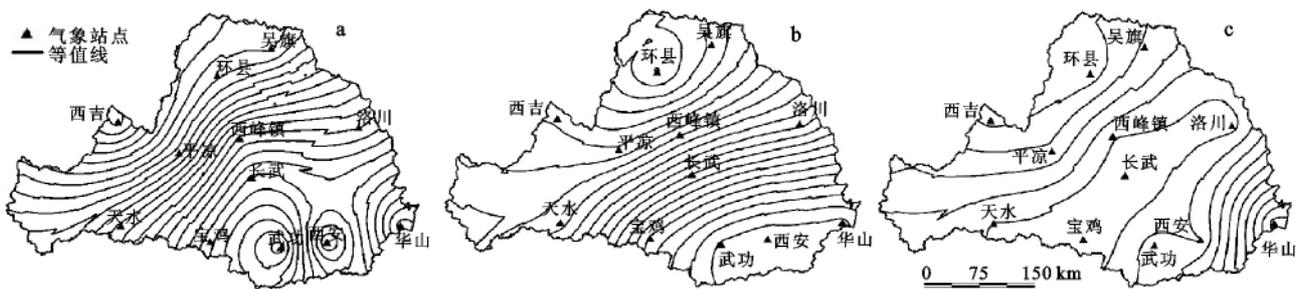


图 1 渭河流域年降水量的第一特征向量场(a)、第二特征向量场(b)及第三特征向量场(c)

渭河流域气温(年均温、年均最高温和年均最低温)第一特征向量占其空间场总方差均超过 84%。在特征向量图上某点的值表明了该点气温与其对应的主成分序列间的相关程度,若该点载荷值的绝对值愈大,则该点气温愈易明显偏暖或偏冷,变化愈敏感;反之亦然。图 2a(仅列出年均温前 3 个特征向量,其他图略)是第一特征向量,全区为一致的正值,说明流

域一致变热或变凉是季风区气温异常最常出现的情况。图 2b 是第二特征向量场,可较好地反映出流域年平均气温变化的南北差异。零等值线基本上沿平凉、西峰镇走向分布,表明年平均气温可能以此为界具有南、北相反的变化特征。图 2c 给出了流域年平均气温经 EOF 分解后的第三特征向量场,表现了年平均气温的东西向分布差异。



图 2 渭河流域年均温的第一特征向量场(a)、第二特征向量场(b)及第三特征向量场(c)

渭河流域年平均最高温和年平均最低温 EOF 分解后(图略)所得到的结果也与上述年平均气温空间分布特征相一致。

2.3 降水量和气温的周期分析

对渭河流域降水量和气温运用 Morlet 小波方法来分析其不同时间尺度的变化特征。由 Morlet 小波系数二维等值线图(图略),可以看出这两个气象要素每一年时间尺度下的变化特征。为了进一步确定在降水量和气温变化的时间序列中存在的周期成分,同时计算出两者的小波方差并绘制方差曲线图(图3,仅列出年降水量和年均温图,其他图略)。方差曲线中,对应峰值处的尺度即为该序列的主要时间尺度,即主要周期^[13]。因此,小波方差提供了一种确定一个时间序列中存在主要周期的客观而有效的分析方法。从图3可以看出,在53a的变化中,年降水量存在17,30a或更大的周期变化特征;年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温均存在17,29a或更大的周期变化特征。其中,年降水量的主周期为30a,年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温的主周期为29a。结果显示,渭河流域的降水量与气温的周期变化趋势并不完全相同。

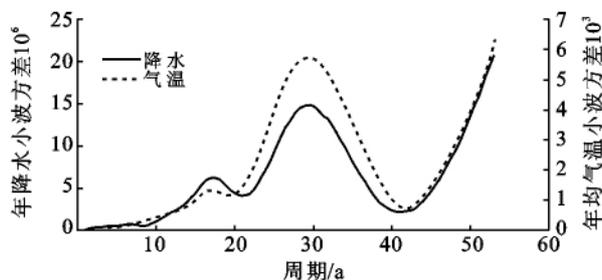


图3 渭河流域年降水量和年均温的 Morlet 小波方差

3 结论

(1) 渭河流域年降水量受大尺度气候异常的影响,第一特征向量反映了该区一致的多雨或少雨。受地理位置、地形分布和天气系统等因素影响,流域年降水量存在南北和东西反相的差异。另外,一致性异常特征是流域年平均气温、年平均最高温和年平均最低气温的最主要空间模态,但也存在东西和南北差异。

(2) 通过小波分析,渭河流域降水量和气温均存在多时间尺度特性。年降水量在长期的变化中存在

17,30a或更大的周期变化特征。年降水量的这种变化周期特征与黄河流域年降水量存在8~12a周期变化特征^[11]有所不同,与西北地区降水量存在25a周期特征^[14]也不尽一致。年平均气温、年平均最低气温和年平均最高气温在长期的变化中存在17,29a或更大的周期变化特征,这种变化周期也与全国气温存在3,6~7a周期特征^[15]不相同。

[参 考 文 献]

- [1] IPCC. Report Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 秦大河,陈振林,罗勇,等. 气候变化科学的最新认知[J]. 气候变化研究进展,2007,3(2):63-73.
- [3] 中国气象局. 中国气候与环境演变[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [4] 陈少勇,郭江勇,郭忠祥,等. 中国西北干旱半干旱区平均气温的时空变化规律分析[J]. 干旱区地理,2009,32(3):364-371.
- [5] 李宗省,何元庆,辛惠娟,等. 我国横断山区1960—2008年气温和降水时空变化特征[J]. 地理学报,2010,65(5):563-579.
- [6] 蔡运龙. 全球气候变化下中国农村的脆弱性与适应对策[J]. 地理学报,1996,51(3):202-211.
- [7] 吴洪宝,吴蕾. 气候变率诊断方法和预测方法[M]. 北京:气象出版社,2005:1-40.
- [8] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2000:130-160.
- [9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 2版. 北京:气象出版社,2007:99-142.
- [10] 崔锦泰. 小波分析导论[M]. 西安:西安交通大学出版社,1995:66-99.
- [11] 邵晓梅,许月卿,严昌荣. 黄河流域降水序列变化的小波分析[J]. 北京大学学报:自然科学版,2006,42(4):503-509.
- [12] North G R, Bell T L, Cahalan R F. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions [J]. Mon. Wea. Rev., 1982,110(7):699-706.
- [13] 纪忠萍,谷德军. 广州近百年来气候变化的多时间尺度分析[J]. 热带气象学报,1999,15(1):48-55.
- [14] 张翀,李晶,任志远. 西北地区1962年至2000年降水量变化的时空特征分析[J]. 资源科学,2010,32(12):2298-2304.
- [15] 宋连春. 近40年我国气温时空变化特征[J]. 应用气象学报,1994,5(1):119-124.