

渭河流域气候变化与区域分异特征

焦彩强¹, 王飞^{1,2}, 穆兴民^{1,2}, 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)

摘要: 基于渭河流域分布区4个中国地面国际交换站气候资料, 分析了1951—2007年风、气温、降水量、日照时数和相对湿度等气候要素变化及区域分异特征。结果表明, 研究期间渭河流域年平均风速和年最大风速均呈现出减小的趋势。近年来年平均风速和年最大风速没有明显变化, 且均小于平均值。年降水量没有明显的突变年份, 但总体上, 1987年后的年降水量平均值明显小于1987年前的年降水量平均值。日降水量 ≥ 0.1 mm日数自1993年后均小于平均值, 但是在1993—2007年期间没有明显变化。渭河流域年平均气温和最低气温均呈现出明显上升趋势, 分别以 $0.544, 0.509, 0.386, 0.667$ $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速度上升, 远大于全球近50 a来 0.13 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的平均增温速率, 年气温极差增大。日照时数呈现出区域分异特点, 不同地区的日照时数变化也有所不同, 东北部日照时数呈现出增加趋势, 其它区域则呈现出减少趋势。相对湿度呈现出明显的下降趋势。渭河流域气候呈现出暖干化变化趋势。

关键词: 渭河流域; 气候变化; 暖干化; 距平累积; Mann—Kendall 检验

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0027-06

中图分类号: S162.1

Climate Change of Weihe River Basin and Its Regional Differences

JIAO Cai-qiang¹, WANG Fei^{1,2}, MU Xing-min^{1,2}, LI Rui^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Sciences, 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)

Abstract: Based on the meteorological data from China meteorological data sharing service system, climate change of Weihe River basin and its regional difference from 1951 to 2007 were analyzed. Results showed that the annual maximum wind speed and the average wind speed presented a decreasing trend, but they have no significant change in recent years and were less than the average. The annual precipitation of Weihe River basin had no abrupt change, but on the whole, the average annual precipitation after 1987 was significantly less than that before 1987. The days for ≥ 0.1 mm daily precipitation after 1993 were less than average, but had no significant change from 1993 to 2007. The annual mean temperature and the minimum temperature of the basin showed a increasing trend, rising at the rates of $0.544, 0.509, 0.386,$ and 0.667 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, respectively. The rates were all far greater than the average global warming rate of 0.13 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ in nearly 50 years, which indicates a great increase in the annual temperature. Number of sunshine hours in Weihe River basin showed different characteristics. The change of sunshine hours was also different in different regions. In the northeast, sunshine hours showed an increasing trend, but in other regions, showed a decreasing trend. Relative humidity of Weihe River basin showed an obvious decreasing trend. The climate change of Weihe River basin showed a warming and drying trend.

Keywords: Weihe River basin; climate change; warming and drying; departure accumulation; Mann—Kendall test

气候是一个地区在一定时期内的平均天气状况。所谓气候变化, 从气象学角度看是指一个特定地点、区域或全球长时间的气候转换或改变, 是以某些或所

有的与平均天气状况有关的特征, 如温度、风和降水量等要素的变化来度量的, 其中极端气候变化对水土流失、沙尘暴、农业生态等影响很大。自从工业革命

收稿日期: 2010-03-08

修回日期: 2010-05-04

资助项目: 国家科技支撑计划“黄土高原水土流失综合治理工程关键支撑技术与示范”(2006BAD09B00); 欧盟框架计划项目“土地荒漠化缓解与修复”(DESIRE, FP6, 037046); 西北农林科技大学留学归国人员科研专项“延河流域水土保持生态服务价值评价”(01140405)

作者简介: 焦彩强(1980—), 男(汉族), 河南省南乐县人, 主要从事农业生产及食品安全方面的研究。E-mail: jiaocaiqiang@nwsuaf.edu.cn.

通信作者: 王飞(1971—), 男(汉族), 陕西省户县人, 博士, 副研究员, 从事水土保持环境效应评价研究。E-mail: wafe@ms.isw.c.ac.cn.

以来,全球规模的气候变化逐渐引人注目,并且这种变化与人类的生产、生活密切相关。目前,国际社会普遍认为,在气候自然变化的同时,人类活动也改变了大气的化学成分,导致今天的气候变化,而这种变化反过来又困扰着人类社会的发展,阻碍了社会的进步和发展,甚至影响人类的生存^[1]。自 20 世纪 80 年代以来,气候变暖对地球自然环境和人类社会环境及各种经济活动都会产生一系列的影响,造成严重的后果,所以气候变化成为全球关注的热点问题。气候变化对农业生产、生态环境都会产生影响,制约着社会、经济和生态的发展^[2]。大量研究表明我国年降水量以 -12.66 mm 的速度减少^[3-4]。20 世纪 90 年代,我国相继提出了“西部大开发”和“可持续发展”两大战略,因此,研究西北地区气候变化对我国区域经济结构调整、生态建设及自然资源的合理开发利用具有非常重要的现实意义。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,成为制约该地区国民经济特别是农业经济和农业持续发展的主要因素。因此,笔者研究了渭河流域 57 a 来的气候变化特点及区域分异规律,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有一定的指导意义。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

渭河位于东经 103.5° — 110.5° 和北纬 33.5° — 37.5° ,发源于甘肃省渭源县西南的鸟鼠山北侧,自西向东流经甘肃省和陕西省 13 个地(市)的 86 个县,干流全长 818 km,是黄河最大的支流,流域面积 $1.348 \times 10^5 \text{ km}^2$,由北洛河、泾河 2 大支流和渭河干流组成,其中陕西境内就有千里之长,流域面积 $6.75 \times 10^4 \text{ km}^2$,沿途注入渭河的支流有 30 余条,在潼关境内流入黄河。渭河流域地处大陆性季风气候区、干旱地区和湿润地区的过渡地带,春暖干旱,受西太平洋副热带高压影响,夏季热而多雨且有伏旱,秋凉湿润,冬季受蒙古高压控制,气候干燥寒冷,降水稀少^[5]。受地形等因素影响,流域降水分布由东南向西北递减,南部秦岭山麓降水充沛,最大年降水量在 1 000 mm 以上,随地势降低降水量骤减,平原地区年降水量约为 500 mm。降水量年际变化大且年内分配不均,最大年降水量约为最小年降水量的 2.5 倍,汛期降水量约占年降水量的 65%,并多以暴雨或秋季连阴雨出现^[6]。渭河流域最冷月平均气温为 -1°C — -3°C ,最热月平均气温为 23°C — 26°C ,气温年较

差一般为 26°C — 28°C ^[7]。流域性土壤以黄土为主,黄土平均粒径从西北向东南逐渐减小。地貌特征空间差异较大,包括黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、黄土塬区、土石山区、黄土阶地区、河谷冲积平原区等。渭河南岸的支流较多,但较大支流都集中在北岸,水系呈扇状分布,集水面积 $1\ 000 \text{ km}^2$ 以上的支流有 14 条^[8]。泾河是渭河最大的支流,北洛河为渭河第 2 大支流,流域面积分别占渭河流域面积的 33.7% 和 20.0%。渭河流域是黄河流域降水量比较多的区域之一^[9]。

1.2 基础资料

数据资料来源为:中国气象科学数据共享服务网—中国地面国际交换站气候资料年值数据(1951—2007)。为保证资料的统一性和完整性,选取渭河流域地面国际交换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的交换站。并剔除连续缺 3 a 以上数据和时间序列小于 45 a 的站点,从统计意义上讲,这样长的时间序列能够获得比较可信的分析结果。选取位于渭河流域 4 个方位的兰州、延安、平凉、西安中国地面国际交换站。

1.3 数据处理

采用距平分析和 Mann—Kendall 检验的处理方法,分析研究 1951—2007 年渭河流域风、气温、降水量、相对湿度、日照等气候要素变化特点及区域分异规律。其中 Mann—Kendall 检验用 Hydropspect 软件分析,距平分析用 Excel 软件分析。

2 结果与分析

2.1 风速变化特征及区域变异规律

风具有促进大气水分循环,改善农田小气候的作用,但风速过大会产生破坏作用,特别是风沙化地区,大风会吹起流沙,促使沙粒堆积形成“沙漠”。北方地区沙地起沙风速一般 4 m/s 左右^[10]。

故风速的变化对西北地区的生态建设,农业生产,环境保护有很大的影响。

从图 1a, 1b 可以看出,4 个站的气候变化存在着区域分异。对气候要素风来说,1951—1962 年间,兰州站年平均风速距平呈逐年上升趋势;1963—1992 年间,兰州站年平均风速距平累积总体成下降趋势,但 1968—1976 年间,兰州站年平均风速距平累积变化平缓,也就是说,在这期间兰州站的年平均风速基本与平均值相等。1992 年,兰州站年平均风速达到最小值 0.7 m/s ,之后一直到 1998 年,兰州站的年平均风速距平累积逐渐增加;1998—2007 年间兰州站年平均风速距平变化趋于平缓。1951—1985 年间,兰州站最

大风速距平累积逐年增加, 1985 年最大风速达到最大值 13 m/s; 1986—2007 年间, 兰州站最大风速距平累积又逐年下降。对于延安站, 1951—1970 年间, 年平均风速距平累积也呈逐年上升趋势, 1970 年年平均风速达到最大值 2.1 m/s; 在 971—1987 年年平均风速都比较接近平均值, 1988—2007 年间, 年平均风速距平累积逐年下降。最大风速距平累积 1971—1992 年总体是增加的, 1983 年达到最大值 15 m/s。对于平凉站, 1956—1965 年间, 年平均风速距平累积逐渐上升, 1972 年, 年平均风速达到最大值 2.4 m/s; 1965—1967 年间, 年平均风速距平累积呈下降趋势, 1967 年年平均风速达到最小值 1.7 m/s。1968—1982 年间, 年平均风速距平累积呈上升趋势, 年平均风速均大于平均风速, 1982 年年平均风速达到最大值 18 m/s。1982—2003 年间, 年平均风速距平累积呈下降趋势, 2003 年年平均

风速达到最小值 1.7 m/s; 年最大风速在 1973 年达到最大值 18 m/s, 1993 年以前年最大风速都大于平均值; 1993 年以后, 年最大风速都小于平均值, 2003 年达到最小值 9.7 m/s。对于西安站, 1951—1954 年间, 年平均风速小于平均值; 1955—1975 年间, 年平均风速都大于平均值, 其中 1956 年年平均风速达到最大值 2.6 m/s; 1976—1993 年间, 年平均风速都小于平均值; 1994—1997 年间年平均风速都大于平均值; 1998—2007 年间, 2002 年年平均风速达到最小值 0.9 m/s。最大风速在 1963 年达到最大值 23.3 m/s, 1961—1971 年间, 最大风速都大于平均值; 1972—1977 年间, 最大风速均小于其平均值, 在 1978—1980 年间, 均大于其平均值; 1981—1987 年间, 其最大风速基本与平均值一致, 自 1988—2007 年其最大风速都小于其平均值, 2004—2005 年达到最小值 7.7 m/s。

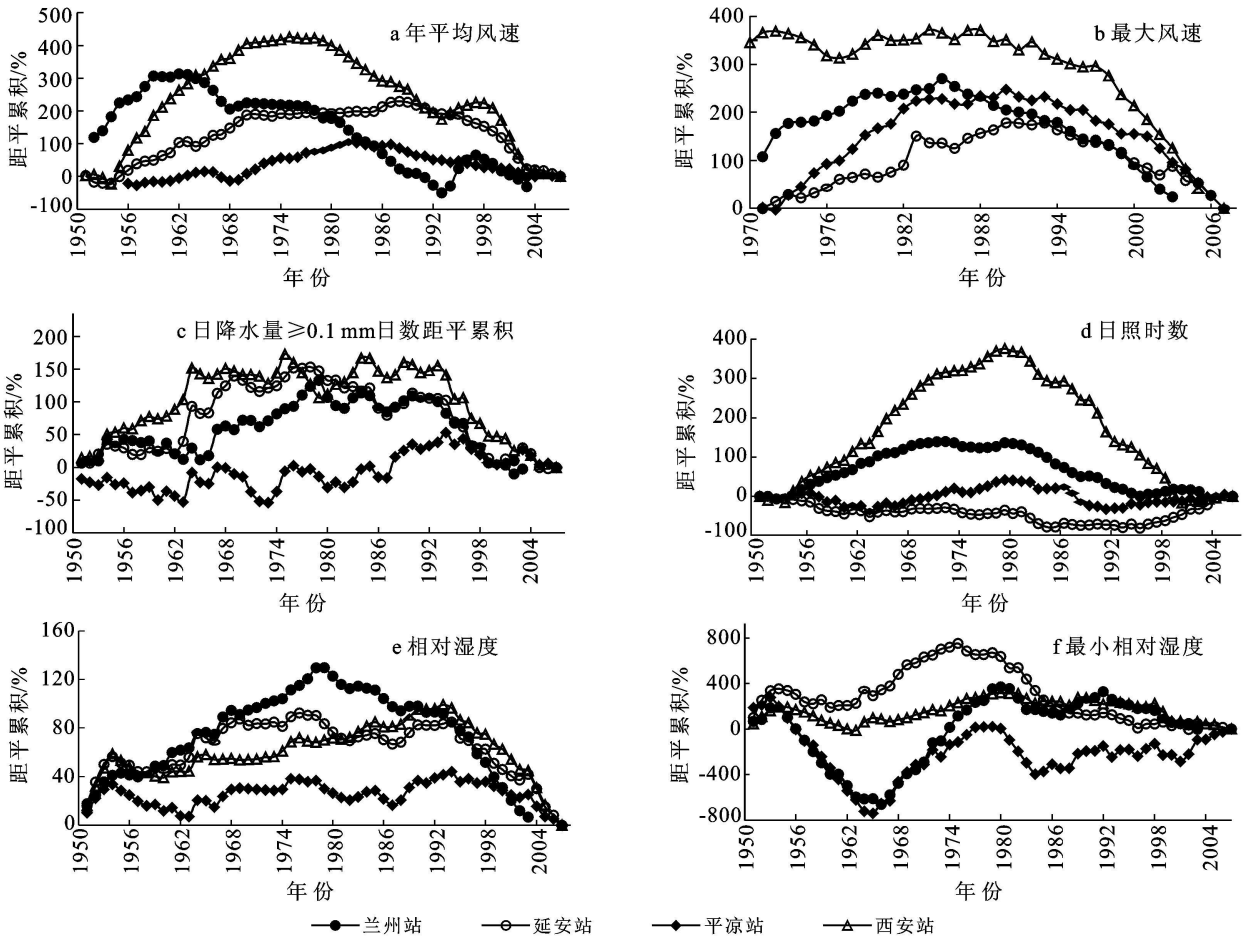


图 1 渭河流域风、降水、日照、相对湿度等气候要素距平累积分析

2.2 降水量变化特征及区域分异规律

渭河流域生态环境脆弱, 自然灾害多发, 其中旱灾发生最为频繁, 程度最重, 危害最大, 成为制约该地区国民经济特别是农业经济和农业持续发展的主要因素。降水的多寡是决定干旱严重程度的重要指标^[11]。

自 1987 年气候突然变化开始的西北气候转型, 降水量显著增加。我国西北地区主要是西部和中部降水量显著增加^[2]。而处于西北区东部的渭河流域降水量变化却有明显不同, 从图 2 可以看出 4 个地面交换站

的降水量 1987 年前的降水量平均值明显高于 1987—2007 年降水量的平均值, 4 个站分别减少了 4.2% (13.5 mm), 10.1% (55.6 mm), 4.4% (22.2 mm), (36.5 mm)。从地理位置上可以看出, 渭河流域西部的 2 个站兰州和平凉比东部的 2 个站(延安站和西安站)降水

量减少的要多。从图 1c 可以看出, 近年来渭河流域日降水量 ≥ 0.1 mm 的日数均小于研究期间的平均值, 但是不同区域开始小于平均值的年份并不一致, 兰州站、延安站、平凉站、西安站开始的时间分别为 1990 年、1990 年、1993 年、1993 年。

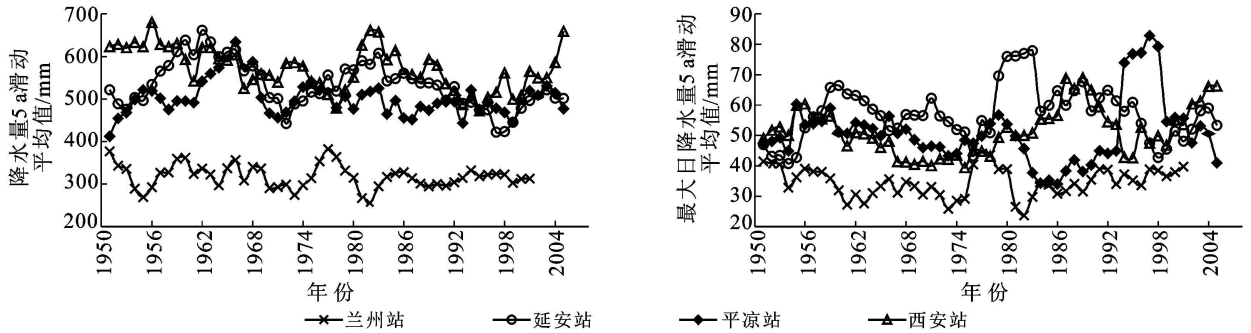


图 2 渭河流域降水量变化

从图 2 可以看出, 研究期间, 渭河流域 57 a 来降水量年际变化量比较大但是变化趋势不明显; 最大日降水量也表现出相同规律。在 4 个站中, 兰州站与其它站相比, 年降水量最小, 其它 3 个站年降水量相差不显著。

从表 1 可以看出, 研究期间, 渭河流域 57 a 来年降水量表现出区域变异规律: 在同一纬度水平上, 自西向东平均年降水量呈现出增加的趋势; 在同一经度水平上表现为, 自北向南平均年降水量呈现出增加的趋势。最大年降水量也表现出相同规律, 最小年降水量不符合这个规律。4 个站的最大、最小年降水量出现的年份却并不一致。

表 1 渭河流域不同地区年降水量

气候要素	兰州站	延安站	平凉站	西安站
平均年降水量/mm	318.0	532.4	498.6	573.1
最大年降水量/mm	546.7	871.0	743.1	903.2
最小年降水量/mm	189.2	330.0	272.4	312.2
最大年降水量出现年份	1978	1964	1964	1983
最小年降水量出现年份	1980	1974	1991	1995

2.3 气温变化特征及区域分异规律

近 100 a 来的全球气候变暖已经是一个无可争辩的事实^[13], 并日益深刻地影响着人类社会的可持续发展^[14-16]。

从图 3 可以看出, 4 个站的气温变化规律, 年平均气温距平累积曲线均为先降低而后逐渐上升。不同的是 4 个站年平均气温开始大于平均值的年份有所不同, 位于渭河流域北部的兰州站和延安站从 1986 年开始, 而位于渭河流域南部的平凉站和西安站从 1992 年才明显开始, 这与施雅风等^[12]提出的西

北气候转型的时间 1987 年有所出入。最高气温和最低气温也表现出相似规律, 但最高气温 4 个站大于平均值开始的时间相同; 最低气温 4 个站大于平均值开始的时间并不一致, 除西安站为 1993 年, 其它 3 个均为 1986 年。极端最高气温和极端最低气温距平累积曲线呈现出相反的变化趋势, 极端最高气温是先下降而后上升, 极端最低气温却是先上升后下降的变化趋势。近些年来, 极端最高气温均大于平均值, 而极端最低气温却是均小于平均值, 气温的极差增大了。

从表 2 可以看出, 渭河流域的年气温基本是在 1951 年是最底的, 渭河北部年平均气温在 1998 年达到最大值 11.4 °C~11.5 °C, 南部年平均气温在 2006—2007 年达到最大值 10.60 °C~15.60 °C, 随着经度的增加, 年平均气温最大值也呈现出增加的趋势; 渭河流域自西向东年平均气温增加。年平均气温变化分别为: 0.544 °C/10 a, 0.509 °C/10 a, 0.386 °C/10 a, 0.667 °C/10 a, 均高于西北区域整体年平均气温的变化幅度 0.37 °C/10 a^[17], 远大于全球近 50 a 来 0.13 °C/10 a 的平均增温速率^[18]。从表 3 可以看出, 在研究期间, 渭河流域 4 个站的气温 M—K 检验值均大于 0, 表明渭河流域气温呈上升趋势。

表 2 渭河流域年气温变化

气候要素	兰州站	延安站	平凉站	西安站
年平均气温/°C	9.53	9.78	8.84	13.66
年最高气温/°C	11.40	11.50	10.60	15.60
年最低气温/°C	8.00	8.30	7.60	11.80
年最高气温出现年份	1998	1998	2006	2007
年最低气温出现年份	1951	1951	1967	1951

2.4 日照时数和相对湿度变化特征及区域分异规律

日照时数表示一个地方直接受太阳光照射的实有时数,是太阳辐射最直接的表现,受云、雾、空气污染物等多种因素影响。日照时数的变化与气温和降水有直接关系,也是导致气候变化的重要因素之一,对人们的生产生活和动植物生长起着重要作用^[19]。

从图 1d 可以看出,渭河流域 4 个不同方位的日照时数变化呈现出区域分异规律。1951—1974 年期间,兰州站日照时数距平累积呈现出上升趋势,1975—1980 年期间变化不明显,1981—1996 年期间,兰州站日照时数距平累积呈现出下降趋势,1997—2007 年期间,又缓慢上升。研究期间,延安站有 2 个变化剧烈阶段:1982—1986 年和 1996—2007 年。1982—1986 年期间,延安站日照时数距平累积呈现出明显的下降趋势,1996—2007 年期间,呈现出明显的上升趋势;其它时间延安站日照时数累积变化均不明显。研究期间,平凉站日照时数距平累积变化波动比较频繁。1951—1964 年期间,平凉站日照时数均小于平均值,日照时数累积呈现出下降趋势;1965—1981 年期间,平凉站日照时数均大于平均值,日照时数累积曲线呈上升趋势;1982—1992 年期间,日照时数均小于平均值,日照时数累积曲线呈下降趋势;1993—2007 年期间,日照时数均大于平均值,日照时数累积曲线呈上升趋势。西安站日照时数变化阶段最明显,1951—1980 年期间,日照时数距平累积呈现出一直上升趋势,都大于平均值;1981—2001 年期间,日照时数距平累积呈现出一直下降趋势,均小于平均值;2001—2007 年期间,日照时数又有所缓慢增加。

从表 3 中 4 个站的日照时数 M—K 检验值可以看出,渭河流域日照时数呈现出区域分异规律,研究期间,其中东北部日照时数呈现出增加趋势,而其它区域则呈现出减少趋势。

从图 1e 可以看出,渭河流域 4 个站的相对湿度距平累积曲线变化并不一致。除兰州站外其它 3 个站的距平累积曲线变化阶段并不明显。1951—1954 年期间,兰州站相对湿度距平累积曲线呈上升趋势,相对湿度均大于平均值;1954—1957 年期间,相对湿度均小于平均值;1957—1979 年期间,兰州站相对湿度均大于平均值,相对湿度距平累积曲线呈上升趋势;1980—2007 年期间,相对湿度均小于平均值。其它 3 个站 1951—1954 年期间,相对湿度均大于平均值;近年来均小于平均值,但是 4 个站相对湿度累积曲线下降开始的时间有所不同,延安站从 1994 年开始下降,平凉站从 1994 年开始,西安站从 1993 开始。

从表 3 可以看出,在研究期间,4 个站的相对湿度 M—K 检验值均小于 0,表明 4 个站相对湿度呈现出减少趋势。

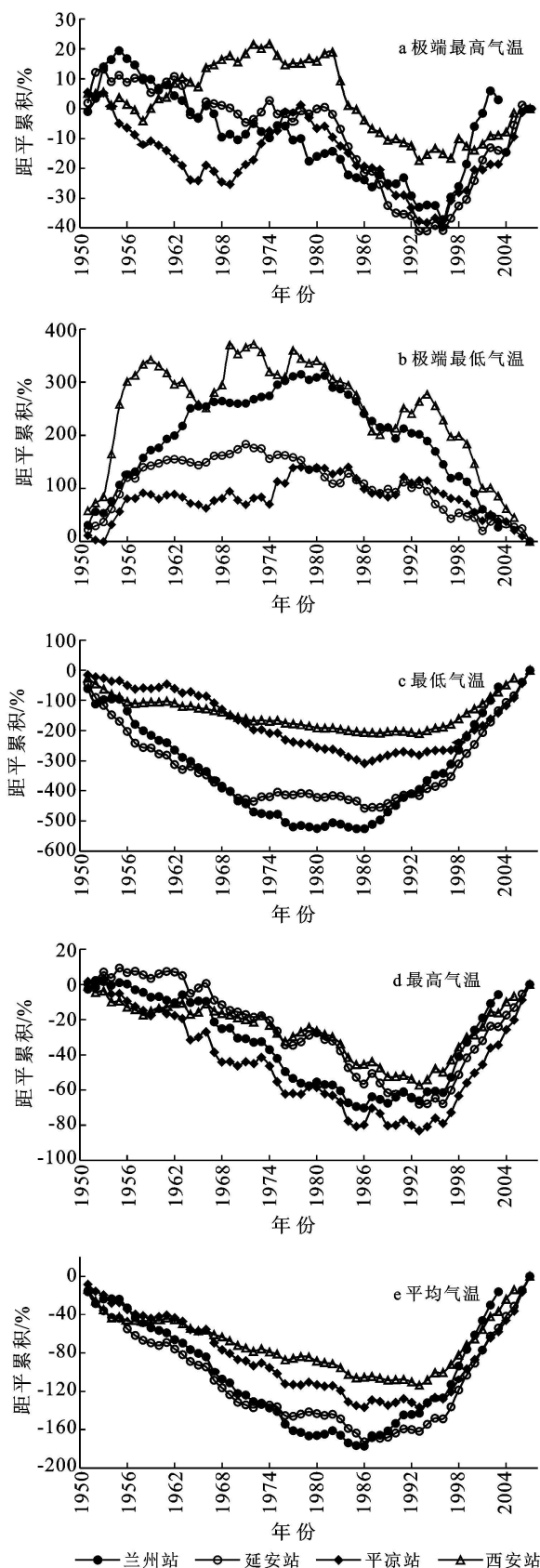


图 3 渭河流域气温距平累积分析图

表 3 渭河流域气候要素 Mann-Kendall 检验

气候要素	M-K 检验	甘肃站—兰州站	陕西站—延安站	甘肃站—平凉站	陕西站—西安站
风速	M-K Test	-3.264 4	-5.230 6	-2.392 5	-5.260 6
	置信度水平	0.998 9	0.999 9	0.983 2	0.999 9
降水量	M-K Test	0.283 5	-1.618 5	-0.571 4	-1.660 9
	置信度水平	0.223 2	0.894 4	0.432 2	0.903 2
气温	M-K Test	5.972 0	6.373 5	5.377 6	5.035 3
	置信度水平	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
日照时数	M-K Test	-4.450 6	3.111 0	-0.276 1	-4.297 1
	置信度水平	0.999 9	0.998 1	0.217 5	0.999 9
相对湿度	M-K Test	-5.712 8	-3.686 4	-1.792 6	-3.114 7
	置信度水平	0.999 9	0.999 7	0.926 9	0.998 1

3 结论

(1) 渭河流域年平均风速和年最大风速均呈现出减小的趋势,近年来年平均风速和年最大风速没有明显变化,且均小于平均值。

(2) 渭河流域年降水量没有明显的突变年份,但是总体上,1987年后的年降水量平均值明显小于1987年前的年降水量平均值。日降水量 ≥ 0.1 mm日数自1993年后均小于平均值,但是在1993—2007年期间没有明显变化。

(3) 渭河流域年平均气温和最低气温均呈现出明显上升趋势,年气温极差增大。

(4) 渭河流域日照时数呈现出区域分异特点,不同地区的日照时数变化也有所不同,东北部日照时数呈现出增加趋势,其它区域则呈现出减少趋势。

(5) 渭河流域相对湿度呈现出明显的下降趋势。

[参 考 文 献]

- [1] 郑新奇,姚慧,王筱明. 20世纪90年代以来《Science》关于全球气候变化研究述评[J]. 生态环境, 2005, 14(3): 422-428.
- [2] 蔡运龙. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J]. 地理学报, 1996, 51(3): 202-211.
- [3] 林学椿. 近40年来我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 36-39.
- [4] 陈克东. 近40年泽当气候变化初探[J]. 气象, 2000, 26(1): 54-56.
- [5] 张艳玲. 陕西省渭河流域水文特性分析[J]. 西北水资源与水工程, 2002, 13(2): 62-64.
- [6] 王国庆,王云璋. 渭河流域产流产沙模型及径流泥沙变化原因分析[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 22-25.
- [7] 和宛琳,徐宗学. 渭河流域气温与蒸发量时空分布及其变化趋势分析[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2006, 42(1):102-106.
- [8] 张钰娴,王飞,穆兴民. 地理环境要素与渭河流域水沙关系的定量研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2009, 37(1):61-65.
- [9] 周祖昊,仇亚琴,贾仰文,等. 变化环境下渭河流域水资源演变规律分析[J]. 水文, 2009, 29(1):21-25.
- [10] 孙六娣. 南昌地区厚田沙漠化地带小气候特征及成因浅析[J]. 江西农业学报, 2006, 18(5): 153-154.
- [11] 孙雪涛. 关于渭河流域水资源综合治理一些问题的认识[J]. 中国农业科技导报, 2002(3): 32-36.
- [12] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第4纪研究, 2003, 23(2): 152-164.
- [13] 王绍武,罗勇,赵宗慈,等. 关于气候变暖的争议[J]. 自然科学进展, 2005, 15(8): 917-922.
- [14] Patz J A, Campbell Lendrum D, Holloway T, et al. Impact of regional climate change on human health [J]. Nature, 2005, 438: 310-317.
- [15] Milly P C D, Dunne K A, Vecchia A V. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate [J]. Nature, 2005, 438: 347-350.
- [16] Barnett T P, Adam J C, Lettenmaier D P. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions [J]. Nature, 2005, 438: 303-309.
- [17] 王劲松,费晓玲,魏锋. 中国西北近50 a来气温变化特征的进一步研究[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4): 724-732.
- [18] 王宇,周广胜,贾丙瑞,等. 1954—2005年中国北方针叶林分布区的气候变化特征[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5): 942-948.
- [19] 黄向荣,葛红卫. 合肥市近55年日照时数气候变化特征分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8723-8725.