

渭河流域 60 年来气温变化特征与区域差异*

何毅¹, 王飞^{1,2}, 穆兴民^{1,2}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨陵 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 杨陵 712100)

提 要: 对渭河流域及其周边 45 个气象站点近 60 年的气温特征值, 做空间插值、线性回归分析、气温突变分析和趋势分析。结果表明: 1) 1951~2009 年间渭河流域年平均气温、年平均最低气温均呈显著上升趋势, 年平均气温和年平均最低气温的增温速率分别为 $0.252^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.261^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 年平均气温大于 9°C 区域所占流域总面积比 60 年间上升 34.78%; 年平均最低气温大于 3°C 区域所占流域总面积比 60 年间上升 17.2%; 2) 年平均最高气温除 1980s 下降外, 其余年代呈现上升趋势, 增温速率为 $0.255^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 其大于 16°C 区域所占流域总面积比, 首先从 1950s 的 46.27% 下降至 1980s 的 37.15%, 而后再上升至 2000 年后的 81.63%; 3) 年均温、年平均最低温和年平均最高温变化的转折点在 1990 年前后; 4) 气温日较差从 1950s 至 1970s 呈下降趋势, 进入 1980s 后略有上升, 其中气温日较差大于 11°C 区域所占流域总面积比, 首先从 1950s 的 55.96% 下降至 1980s 的 41.58%, 而后再上升至 2000 年后的 61.07%。

关键词: 气候变化; 空间插值; 气温; 渭河流域; Mann-Kendall 检验

中图分类号: P423

文献标识码: A

当前, 全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化。2007 年, 联合国政府间气候变化专门委员会(简称 IPCC) 公布的第四次评估报告(AR4) 指出: 最近 100 年(1906~2005 年), 全球平均地表气温升高了 0.74°C , 近 50 年气候变暖的趋势更加显著^[1]。中国气候变化是全球气候变化的重要组成部分, 总趋势与全球比较接近, 但在西北、华北和东北地区气温变化明显, 长江以南地区增温趋势不显著^[2], 并且西北气候在 21 世纪上半期有向暖湿转型的可能^[3]。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^[4-6]。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, 定量研究流域不同温度所占面积比变化, 有助于更好认识气候变化对流域生态系统和生产所产生的影响。因此, 文中对渭河流域近 60 年来气温要素序列进行了系统分析。

1 材料与研究方法

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(1951~2009 年) 中的年平均最高气温、年平均最低气温、年平均气温以及 ASTER GDEM 30m 分辨率数字高程数据产品, 各气象站点各时段平均日较差为对应时段平均最高、最低气温的差值。为保证资料的统一性和完整性, 选取渭河流域及其周边地区气象站中气候要素比较完备, 建站时间比较长, 分布在渭河流域及其周围不同方位的气象站, 并剔除时间序列小于 35a 的站点, 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, 从统计意义上来讲, 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 45 个方位的气象站点(图 1)。

* 收稿日期: 2011-8-4。

基金项目: 中国科学院对外合作重点项目计划(CAS, GJHZ1018) 和 Netherlands Organization for Scientific Research(NWO, OND1339291)(中荷联合主题研究项目); 欧盟第六框架计划项目(EU FP6, 37046); 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B00) 资助。

作者简介: 何毅(1985-), 男, 广西梧州市人, 硕士研究生, 主要从事气候变化和 GIS 应用方面研究。Email: hy1985006@163.com

通讯作者: 王飞(1971-), 男, 陕西户县人, 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。

Email: wafe@ms.iswc.ac.cn

低温、吴旗站年平均最高温和铜川站的年均温、年平均最高温、年平均最低温未能通过显著性水平检验;西安站年平均最高温和长武站年均温通过 0.01 显著性检验外,其余站点的气象要素均通过 0.001 显著性水平检验。与全球变暖的大背景相一致,渭河流域年均温增温速率(表 2)为:0.252℃/10a,年平均最低温升温速率为 0.261℃/10a,年平均最高温升温速率为 0.255℃/10a。

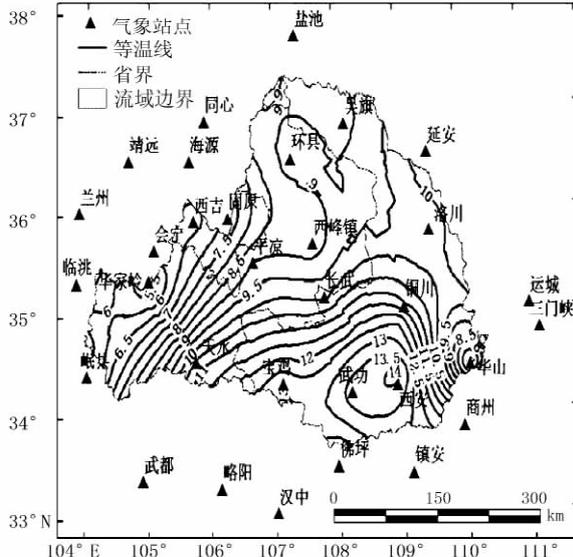


图 2 1951 - 2009 年多年平均气温分布图

Fig. 2 Annual mean temperatures during 1951 - 2009

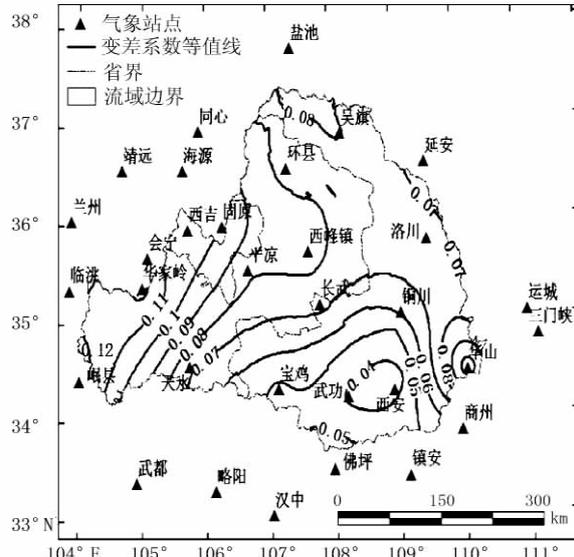


图 3 1951 - 2009 年多年平均气温变差系数图

Fig. 3 CV of annual mean temperatures during 1951 - 2009

由以上分析可知,流域气温变化趋势有以下特点:1)大部分地区气温上升趋势极其显著;2)气温上升相对较缓的区域基本都集中在铜川、长武和吴旗;3)从整个流域来看,年平均气温、年平均最高和最低气温,都呈现增加趋势;4)近 60 年来增温态势十分明显,并呈现非对称性,即年均最低气温的升温趋势大于年均温和年均最高气温。

表 2 流域年均气温特征值变化趋势

Tab. 2 Trends in annual mean temperature characteristics of Weihe River Basin

站名	年均温		年平均最高温		年平均最低温	
	M-K 值	a	M-K 值	a	M-K 值	a
武功	4.38 ⁻	0.022 ^{***}	3.03 ⁻	0.022 ^{***}	5.66 ⁻	0.029 ^{***}
西安	5.19 ⁻	0.037 ^{***}	2.85 ⁻	0.019 ^{**}	6.74 ⁻	0.050 ^{***}
宝鸡	4.69 ⁻	0.025 ^{***}	3.35 ⁻	0.024 ^{***}	6.25 ⁻	0.034 ^{***}
华山	4.29 ⁻	0.022 ^{***}	4.06 ⁻	0.023 ^{***}	4.55 ⁻	0.022 ^{***}
天水	4.85 ⁻	0.026 ^{***}	3.32 ⁻	0.023 ^{***}	4.55 ⁻	0.025 ^{***}
铜川	0.97 ⁺	0.006	1.05 ⁺	0.011	1.19 ⁺	0.008
长武	2.48 ⁻	0.012 ^{**}	3.67 ⁻	0.029 ^{***}	1.24 ⁺	0.004
平凉	5.72 ⁻	0.027 ^{***}	3.93 ⁻	0.026 ^{***}	5.38 ⁻	0.024 ^{***}
西峰镇	5.80 ⁻	0.035 ^{***}	3.63 ⁻	0.024 ^{***}	7.25 ⁻	0.044 ^{***}
洛川	5.00 ⁻	0.031 ^{***}	3.51 ⁻	0.025 ^{***}	5.09 ⁻	0.029 ^{***}
西吉	4.29 ⁻	0.026 ^{***}	3.91 ⁻	0.028 ^{***}	4.83 ⁻	0.027 ^{***}
环县	6.44 ⁻	0.041 ^{***}	6.01 ⁻	0.067 ^{***}	3.26 ⁻	0.020 ^{***}
吴旗	3.46 ⁻	0.018 ^{***}	1.54 ⁺	0.011	4.25 ⁻	0.024 ^{***}

注: +: M-K 置信度检验小于 95%, -: 通过 95% 水平; ** 通过 0.01 检验, *** 通过 0.001 检验。

表 3 渭河流域年均气温特征值突变点

Tab. 3 Catastrophe change years of annual mean temperature in Weihe River Basin by Mann - Kendall test

站名	年均温		年平均最高温		年平均最低温	
	突变年份*	ΔT	突变年份*	ΔT	突变年份*	ΔT
武功	1986	0.717	1993	1.111	-	-
西安	-	-	1994	1.117	-	-
宝鸡	1990	0.866	1993	1.264	-	-
华山	1993	0.941	1995	0.950	1989	0.829
天水	1989	0.995	1993	1.238	1991	1.024
铜川	1995	0.656	1994	1.077	☆	-
长武	1995	0.662	1994	1.267	1996	0.361
平凉	-	-	1995	1.343	-	-
西峰镇	-	-	1994	1.265	-	-
洛川	1992	1.089	1993	1.085	1993	1.142
西吉	1995	1.014	1995	1.143	-	-
环县	-	-	-	-	1996	0.958
吴旗	1991	0.716	1996	0.769	1988	0.886

注: * 表示突变年份的置信度水平为 α = 0.05; - 表示不存在突变点; ΔT 表示突变年份前后气温差(℃); ☆ 表示存在多个突变点, 震荡剧烈。

2.3 渭河流域内各气象站点温度变化突变点分析

流域年均温和年平均最低温突变点主要出现在 1980s 末及 1990s 初期,年平均最高温突变点则主要集中在 1994 年前后(表 3)。并且绝大多数站点年平均最高温突变年份前后气温差超过 1℃,说明突变前后温度变化明显。

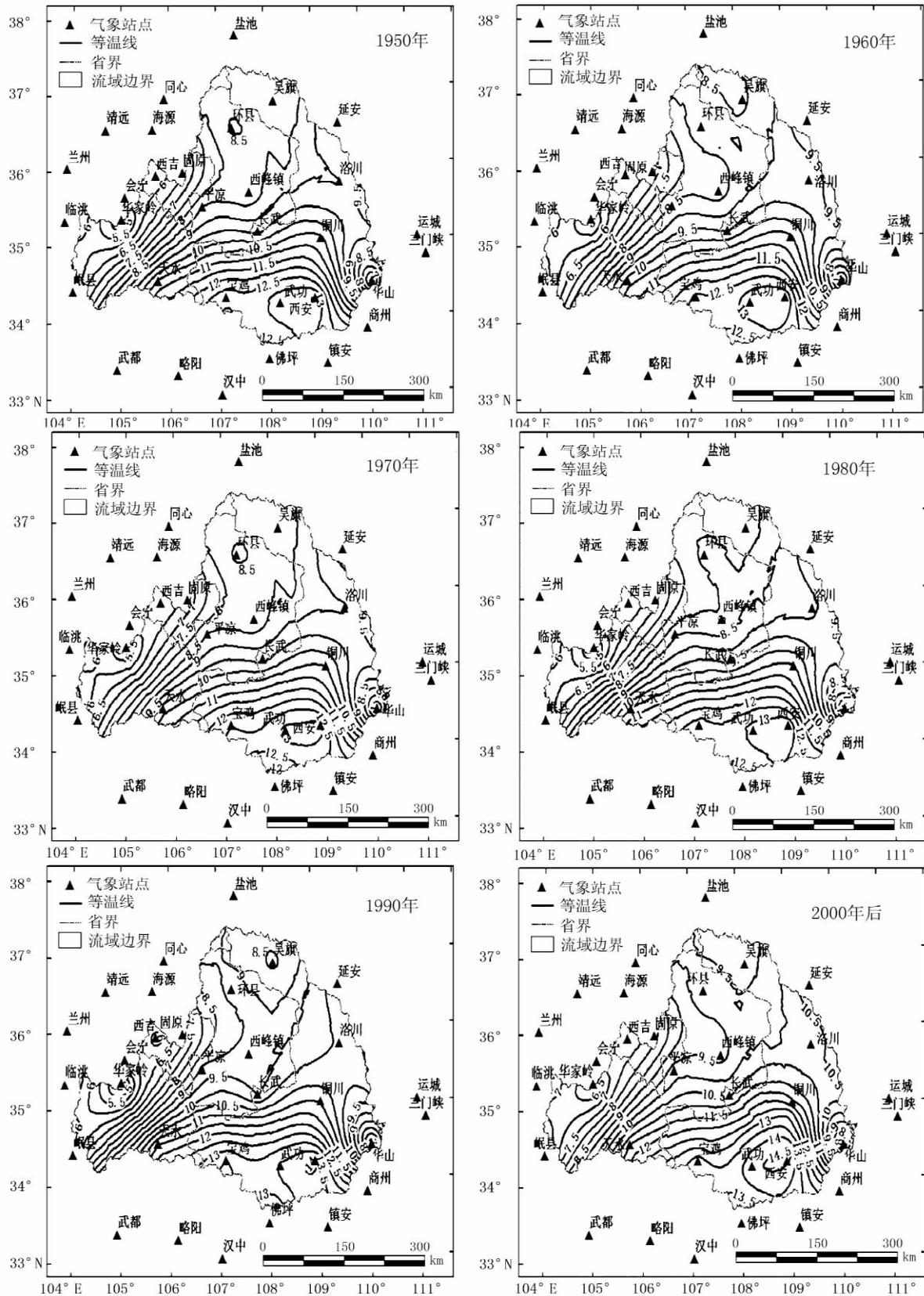


图4 渭河流域平均温度变化趋势的空间分布

Fig. 4 Trends in annual mean temperatures in Weihe River Basin

2.4 年平均温度气候变化趋势的空间分布

由流域年均气温年代际变化系列图(图 4)可知: 1) 流域气温分布呈现西北低、东南高的态势; 2) 气温有逐年代上升趋势, 并且进入 1990s 后平均气温急剧上升; 3) 1950s - 1980s 气温均低于多年平均气温(图 3); 4) 气温高于 14℃ 区域, 集中在西安市周围, 并有不断扩大的趋势; 5) 等温线值以西安市为中心向周围递减。

流域年均温分级面积变化统计(表 4)显示, 气温小于 9℃ 的区域面积: 除了 1960s 略微上升外, 其余年代呈现出明显的下降趋势, 从 1960s 的 55.16% 下降至 2000 年后的 17.92%。进入 1990s 后, 气温上升明显, 首次出现大于 14℃ 的区域, 并且 2000 年后这一区域面积是 1990s 的 17.8 倍。

表 4 渭河流域年均温分级面积变化统计

Tab. 4 Statistics of area change classification according to the annual mean temperature in Wei River Basin

气温(℃)	≤5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	≥14
1950s P		3.04	7.77	8.40	33.49	18.49	9.54	7.66	10.03	1.58	
1960s P	0.32	5.53	6.05	18.59	24.67	15.59	8.63	7.45	10.01	3.18	
1970s P	0.21	5.29	5.96	8.24	32.27	18.12	8.76	7.53	9.59	4.03	
1980s P	0.04	4.1	7.07	7.37	30.17	21.48	9.54	7.43	9.39	3.41	
1990s P	0.40	2.69	6.80	5.33	18.38	26.03	15.43	7.95	7.63	9.10	0.26
2000s P		0.03	4.22	6.64	7.03	31.30	20	8.86	7.60	9.70	4.63

注: 表 4 表 5 表 6 表 7P 表示占渭河流域总面积百分比(%)。

2.5 年平均最高温度气候变化趋势的空间分布

年平均最高气温从 1950s - 1970s 有逐年代上升趋势, 进入 1980s 后下降, 但自从进入 1990s 后年平均最高气温急剧上升, 上升较快的地区主要分布在流域东南部(图 5 其他年代图略)。

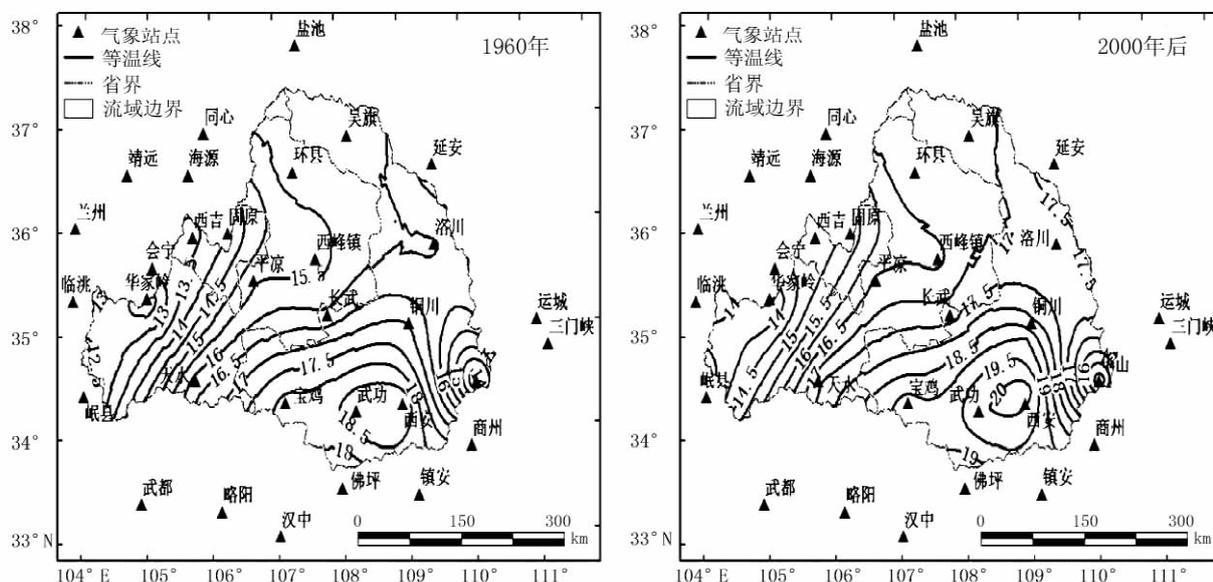


图 5 渭河流域年平均最高温度变化趋势的空间分布

Fig. 5 Trends in annual mean maximum temperatures in Wei River Basin

年平均最高气温小于 16℃ 的区域面积(表 5): 从 1950s 的 53.73% 一直上升至 1980s 的 62.85%, 而后急剧下降至 2000 年后的 18.37%; 而大于 16℃ 的区域面积: 则先从 1950s 的 46.26% 下降至 1980s 的年代的 7.16%, 而后急剧上升至 2000 年后的 81.62%。并且进入 1990s 后, 年平均最高气温上升明显, 首次出现大于 19℃ 的区域, 并且 2000 年后这一区域面积是 1990s 的 1.44 倍。

表 5 渭河流域年平均最高温分级面积变化统计

Tab. 5 Area change classification according to the annual mean maximum temperature in Wei River Basin

气温(℃)	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	≥19
1950s P	2.23	8.58	7.98	34.94	25.17	11.70	9.39	
1960s P	4.99	7.28	7.96	36.08	22.19	10.75	10.73	
1970s P	4.90	7.28	7.90	35.37	22.83	10.83	10.90	
1980s P	5.04	7.55	8.88	41.38	18.01	12.59	6.56	
1990s P	2.44	7.06	6.08	11.86	39.97	13.56	10.11	8.93
2000s P		3.84	7.27	7.26	31.92	25.94	10.90	12.86

2.6 年平均最低温度气候变化趋势的空间分布

由年平均最低温度变化趋势的空间分布系列图(图 6 其他年代图略)可知:1) 年平均最低温上升最快的地区主要分布在流域东南部; 2) 年平均最低气温从 1950s 至 2000 年后有逐年代上升趋势, 并且进入 1990s 后平均最低气温急剧上升; 3) 等温线值以西安市为中心向周围递减。

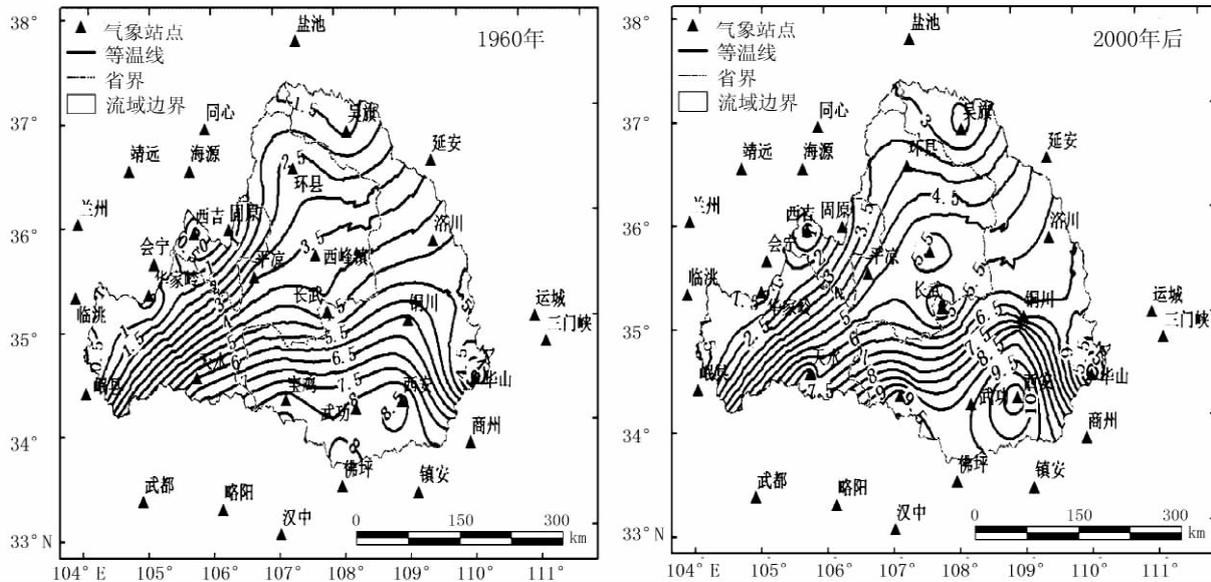


图 6 渭河流域年平均最低温度变化趋势的空间分布

Fig. 6 Trends in annual mean minimum temperatures in Weihe River Basin

年平均最低气温小于 3℃ 的区域面积(表 6): 除了 1960s 略有上升外, 从 1950s 的 31.45% 一直下降至 2000 年后的 14.25%; 而大于 3℃ 的区域面积: 则先从 1950s 的 68.56% 下降至 1960s 的 66.38%, 而后急剧上升至 2000 年后的 85.75%。并且进入 1980s 后, 年平均最低气温上升明显, 首次出现大于 9℃ 的区域, 并且 2000 年后这一区域面积是 1980s 的 180.83 倍。

表 6 渭河流域年平均最低温分级面积变化统计

Tab. 6 Area change classification according to the annual mean minimum temperature in Wei River Basin

气温(℃)	≤0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	≥9
1950s P		4.01	13.74	13.70	17.72	17.81	9.98	8.16	8.18	6.71	
1960s P	0.59	5.20	13.60	14.22	16.33	15.69	10.46	8.27	8.32	7.31	
1970s P	0.48	5.73	10.91	15.10	14.55	17.71	11.12	8.09	7.54	8.76	
1980s P	0.30	5.18	10.10	16.44	13.52	18.90	10.99	7.58	6.51	10.44	0.06
1990s P		1.57	7.09	14.80	12.99	20.19	15.14	7.87	6.94	9.14	4.26
2000s P		0.14	5.61	8.50	14.24	14.27	24.59	9.88	6.17	5.75	10.85

2.7 日较差气候变化趋势的空间分布

日较差变化趋势的空间分布系列图(图 7 其他年代图略)显示: 1) 年日较差呈现出西北高, 东南低的态势; 2) 日较差从 1950s 至 1970s 有逐年代下降趋势, 但进入 1980s 后日较差略有上升。

日较差小于 11℃ 的区域面积(表 7): 从 1950s 的 44.04% 上升至 1980s 的 58.42%, 而后又下降至 2000 年后的 38.93%; 而大于 11℃ 的区域面积: 则先从 1950s 的 55.96% 下降至 1980s 的 41.58%, 而后又上升至 2000 年后的 61.07%。

表 7 渭河流域年均日较差分级面积变化统计

Tab. 7 Statistics of area change classification according to the annual mean diurnal range in Wei River Basin

气温(℃)	9.0-9.5	9.5-10.0	10.0-10.5	10.5-11.0	11.0-11.5	11.5-12.0	12.0-12.5	12.5-13.0	≥13.0
1950s P		10.96	15.82	17.26	19.34	17.58	10.77	6.33	1.94
1960s P		12.68	14.58	16.40	18.96	19.52	11.83	6.03	
1970s P		12.96	14.08	17.00	17.53	17.72	14.43	6.28	
1980s P	11.27	14.90	16.02	16.23	13.84	12.19	7.77	7.78	
1990s P		5.84	18.47	15.09	21.36	18.25	13.22	7.77	
2000s P	1.80	11.52	11.89	13.72	18.77	17.25	15.10	8.55	1.40

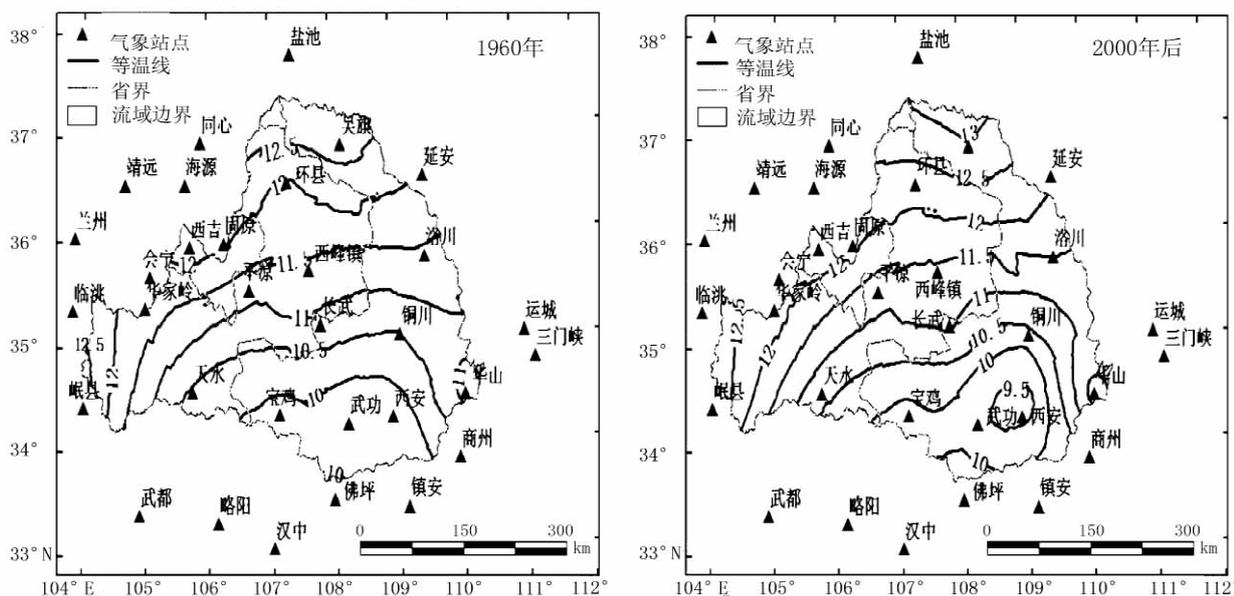


图 7 渭河流域日较差变化趋势的空间分布
Fig. 7 Trends in annual mean diurnal range in Wei

3 讨论与结论

渭河流域各气温特征值呈现显著增加趋势。年均温增温速率 $0.252^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,高于 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的全国平均水平^[14] ,但是低于西北区域整体年均温 $0.37^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ^[15] 的变化幅度。与全国^[16] 和北方地区^[18] 一致 ,年平均最低气温的升温趋势大于年平均最高气温。年平均最高温 $0.255^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的升温速率比全国快 ($0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)^[16,17] ,而年平均最低气温的升温速率 $0.261^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 与中国西北地区东部一致 ($0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)^[19] ,但低于全国年平均水平 ($0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)^[16] 。

流域内年均温和年平均最低温突变点集中出现在 1980s 末及 1990s 初期 ,前者与我国北方^[18] 和西北地区基本一致^[20] ,后者比我国北方地区晚了近 10 年 (1981 年)^[21] ;年平均最高温在 1994 年前后发生突变 ,稍晚于其他我国北方地区 (1992 年)^[21] 。

研究区年平均气温和年平均最低温度 ,呈现逐年代上升趋势 ,尤其是进入 1990s 后 ,气温上升幅度明显 ,与其他学者结果一致^[16,22,23] ,较高温区域面积增加 ,如年平均气温大于 9°C 区域面积从 1950s 的 47.30% 上升至 2000 年后的 82.08% ,年平均最低气温大于 3°C 区域面积从 1950s 的 68.55% 上升至 2000 年后的 85.75% 。

年平均最高温度 ,从 1950s - 1970s 呈现上升趋势 ,1980s 后下降 ,进入 1990s 后又开始上升 ,与唐红玉等^[16] 在全国的结论 (从 1980 年代中期开始变暖) 不同。

气温日较差从 1950s 至 1970s 下降 ,1980s 后略微上升 ,日较差大于 11°C 区域所占流域总面积比 ,首先从 1950s 的 55.96% 下降至 1980s 的 41.58% ,而后再上升至 2000 年后的 61.07% 。而唐红玉等^[16] 观测的全国温度日较差情况则是 :在 1960s 以前明显增加 ,自 1960 年代初开始在波动中呈下降趋势 ,直到 1990s 初下降趋势仍在持续 ,但幅度较前期已有明显回升。

参考文献

[1] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2007: Synthesis Report [DB/OL]. 2007. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf.
 [2] 丁一汇. 中国西部环境演变评估综合卷[M]. 北京: 科技出版社: 2002: 115 - 118.
 [3] 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]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152 - 162.
 [4] 任朝霞, 杨达源. 近 50a 西北干旱区气候变化对农业的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 48 - 53.
 [5] 闫军辉, 延军平, 曹小星, 等. 气候变化对粮食产量影响定量分析 - 以西安市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(12): 117 - 120.
 [6] 李红梅, 景毅刚. 气候变暖对陕西冬小麦播种期的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(11): 170 - 173.
 [7] 祝昌汉. 我国气温变化诊断方法探讨[J]. 应用气象学报, 1992, 3(增刊): 112 - 118.

- [8]Helsel D R ,Hirsch R M. Statistical Methods in Water Resources[M]. US Geological Survey ,2002: 323 – 356.
- [9]Frei C ,Schar C. Detection probability of trend in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region[J]. Journal of Climate ,2001 ,14: 1568 – 1584.
- [10]Bum D H ,Bum M A ,Hag E. Detection of hydrologic trends and variability[J]. Journal of Hydrology ,2002 ,255(1 – 4) : 107 – 122.
- [11]Kundzewicz Z W ,Robson A. Detection Trend and other Changes in Hydrological Data[R]. WMO /TD – No.1013. Geneva ,2000.
- [12]游松财 ,李军. 海拔误差影响气温空间插值误差的研究[J]. 自然资源学报 ,2005 ,20(1) : 140 – 145.
- [13]李新 ,程国栋 ,卢玲. 空间内插方法比较[J]. 地球科学进展 ,2000 ,15(3) : 260 – 265.
- [14]任国玉 ,郭军 ,徐铭志 ,等. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报 ,2005 ,63(6) : 942 – 955.
- [15]王劲松 ,费晓玲 ,魏锋. 中国西北近50a来气温变化特征的进一步研究[J]. 中国沙漠 ,2008 ,28(4) : 724 – 732.
- [16]唐红玉 ,翟盘茂 ,王振宇. 1951 – 2002年间中国平均最高、最低气温及日较差变化[J]. 气候与环境研究 ,2005 ,10(4) : 728 – 735.
- [17]王翠花 ,李雄 ,缪启龙. 中国近年来日最低气温变化特征研究[J]. 地理科学 ,2003 ,23(4) : 441 – 447.
- [18]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.
- [19]史岚 ,王翠花 ,李雄 ,等. 中国近50a来日最低气温的时间演变特征[J]. 气象科学 ,2003 ,23(3) : 300 – 307.
- [20]王鹏祥 ,杨金虎 ,张强 ,等. 近半个世纪来中国西北地面气候变化基本特征[J]. 地球科学进展 ,2007 ,22(6) : 649 – 656.
- [21]王菱 ,谢贤群 ,苏文 ,等. 中国北方地区50年来最高和最低气温变化及其影响[J]. 自然资源学报 ,2004 ,19(3) : 337 – 343.
- [22]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.
- [23]焦彩强 ,王飞 ,穆兴民 ,等. 渭河流域气候变化与区域分异特征[J]. 水土保持通报 ,2010 ,30(5) : 27 – 32.

Air temperature variation of Weihe river basin in recent 60 years and its regional differences

HE Yi¹ , WANG Fei^{1, 2} , MU Xingmin^{1, 2}

(1. College of Resources and Environment , Northwest A&F University , Yangling 712100 , P. R. China;

2. Institute of Soil and Water Conservation , Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources , Yangling 712100 , P. R. China)

Abstract: Based on the atmospheric temperature data of 45 stations in and around Wei River basin during 1951 ~ 2009 , spatial interpolation , linear regressive analysis and climatic mutation analysis were applied to analyze the climate trend and so on. Results showed that: (1) The annual mean temperature and the minimum temperature of the basin showed a increasing trend , rising at the rates of 0. 252℃ /10a and 0. 261℃ /10a respectively. The proportion of the area where the average annual temperature was more than 9 increased by 34. 78% and where the average annual temperature was more than 9 increased by 34. 78% from 1951 to 2009. (2) Apart from the 1980s , the average annual maximum temperatures have been in an ascending trend , rising at the rates of 0. 255℃ /10a. The proportion of the area where the average annual maximum temperatures were more than 16℃ decreased from 46. 27% in 1950s to 37. 15% in 1980s , then increased to 81. 63% after 2000. (3) The turning points among the average annual temperature , the average minimum temperature and the average annual maximum temperature located around 1990. (4) Average diurnal range in temperature had a decreasing trend from 1950s to 1970s and the warming trends started in the 1980s. The proportion of the area where average diurnal range in temperature was more than 11℃ decreased from 55. 96% in 1950s to 41. 58% in 1980s , then increased to 61. 07% after 2000.

Key words: climate change; spatial interpolation; temperature; Weihe River basin; Mann – Kendall test