

# 渭河源区气候变化及其对水资源的影响

姚玉璧<sup>1,2</sup>, 张秀云<sup>2</sup>, 段志勇<sup>3</sup>, 宋永杰<sup>4</sup>, 杨建军<sup>2</sup>, 王殿军<sup>2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,

中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省定西市气象局, 甘肃 定西 743000; 3. 甘肃省定西市水文水资源勘测局, 甘肃 定西 743000;

4. 甘肃省白银市气象局, 甘肃 白银 700900)

**摘 要:** 利用渭河源区气象观测资料和水资源定位观测资料, 分析气候变化特征、水资源变化特征, 及其二者的关系, 建立水资源气候模式。分析表明: 渭河源区降水量年际变化呈下降趋势, 降水量变化曲线线性拟合倾向率在  $-10.442 \sim -10.417 \text{ mm}/10\text{a}$  之间, 降水量递减以秋季、夏季降水量递减为主。气温年际变化趋势呈显著上升趋势, 气温变化曲线线性拟合倾向率在  $0.169 \sim 0.201 \text{ }^\circ\text{C}/10\text{a}$  之间, 增温率以冬季最大, 年际变化趋势从 20 世纪 70 年代之后持续上升。年干燥指数变化呈显著上升趋势, 年干燥指数变化曲线线性拟合倾向率在  $0.058 \sim 0.113/10\text{a}$  之间。近 50 年来渭河源区气候趋于暖干化。水资源呈显著下降趋势, 倾向率为  $-0.044 \times 10^8 \text{ m}^3/10\text{a}$ , 年际变化存在 2~3 a、5 a 的年际周期变化。水资源与降水量呈显著正相关, 与气温、干燥指数呈显著负相关, 降水量减少、气温上升、干燥指数增加, 导致水资源减少。

**关键词:** 气候变化; 水资源; 干燥指数; 渭河源区

**中图分类号:** P467; TV147 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0247-06

政府间气候变化专门委员会(IPCC)2007 年 11 月 17 日在西班牙正式发布的第四次评估综合报告认为, 气候系统的变暖是不争的事实, 人为增暖可能已对许多自然和生物系统产生了可辨别的影响<sup>[1]</sup>。21 世纪中期, 某些中纬度和热带干旱地区年平均河川径流量和可用水量会减少 10%~30%<sup>[2]</sup>。中国的区域气候变化是全球气候变化的重要组成部分, 尤其是北方地区的气候变暖、干旱化和土地沙漠化在过去 20 年里显得更加突出。水是生命之源, 是人类生存和发展的基础, 中国西北地区水资源短缺以及由此引发的生态环境和社会发展问题已引起科学家和国家政府的高度关注<sup>[3-5]</sup>。

姚玉璧<sup>[6,7]</sup>等认为, 黄河上游主要产流区甘南高原大部分区域降水量年际变化呈下降趋势, 气候变化是草原生态退化的自然诱发因素, 而人类活动、超载过牧, 生物链失衡等共同作用导致黄河首曲草原湿地水资源减少。近 50 年来洮河流域气候趋于暖干化。洮河流域水资源呈显著下降趋势, 水资源与降水量呈显著正相关<sup>[8]</sup>。许炯心<sup>[9,10]</sup>等学者研究表明, 不同的径流来源区降水的变化对入海径流量通量的影响是不同的。大规模水土保持生效后, 也导致入海径流量通量的减少。张秀云<sup>[11]</sup>等研究表明, 白龙江流域水资源呈显著下降趋势, 水资源与降水量

呈显著正相关, 与干燥指数呈显著负相关。王西琴<sup>[12]</sup>等研究渭河径流量变化表明, 20 世纪 80 年代以后, 以人为因素影响为主, 且人为因素的影响径流量的程度在逐渐增强, 其原因在于人类活动改变下垫面导致径流减少。但有关渭河源区气候变化及其对水资源影响的研究尚未见报道, 因此, 研究渭河源区气候的时间变化特征, 分析气候变化对水资源的影响, 对渭河流域水资源合理开发利用和水资源安全具有极为重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

渭河是黄河第一大支流, 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的渭源、陇西、武山、甘谷、天水后, 于凤阁岭进入陕西省, 东西横贯宝鸡、杨凌、咸阳、西安、渭南等市区后, 于潼关的港口注入黄河, 全长 818 km, 流域总面积 13.48 万  $\text{km}^2$ 。渭河流域多年平均天然径流量 100.40 亿  $\text{m}^3$ , 占黄河流域天然径流量 580 亿  $\text{m}^3$  的 17.3%。渭河流域具有悠久的古代文明, 渭河在陕西境内塑造和滋润的关中平原, 是中华民族文明历史的摇篮。目前仍然是我国重要的粮棉油产区 and 工业生产基地之

收稿日期: 2011-03-22

基金项目: 国家公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106029、GYHY200806021); 国家自然科学基金重点项目(40830957); 甘肃省气象局第五批“十人计划”项目; 干旱气象科学研究基金项目(IAM200904、IAM200913)

作者简介: 姚玉璧(1962—), 男, 甘肃通渭人, 研究员级高级工程师, 主要从事气候变化对农牧业的影响研究。E-mail: yaoyubi@163.com。

—[13]。

研究区域年降水量 423.7 ~ 507.2 mm, 降水主要集中在夏季, 夏季 6 ~ 8 月降水量为 221.1 ~ 272.5 mm, 占年降水量的 48% ~ 52%。年平均气温 6.7℃ ~ 7.8℃, 最热月 7 月平均气温 17.1℃ ~ 19.8℃, 最冷月 1 月平均气温 -7.2℃ ~ -5.8℃。雨热同季, 属黄土高原半干旱气候区向半湿润气候区的过渡带。

### 1.2 资料

资料选用渭河源区渭源、陇西县国家气象站自建站以来 1957 ~ 2006 年的降水量、气温、湿度等气象要素观测资料; 渭河源区渭源水文观测站自建站以来 1980 ~ 2006 年径流量资料。

### 1.3 方法

气候要素的趋势系数变化一般用一元一次线性方程表示, 其斜率的 10 a 变化称为气候倾向率<sup>[14]</sup>, 可以从气候趋势系数求出气候倾向率, 单位为每 10a 某要素单位。

气候变化趋势多元模拟采用 Cubic 函数形式, 把气候要素写成时间的非线性函数; 经验常数用最小二乘法通过实际资料计算得出。通过三次曲线 (Cubic 函数) 拟合可以很好地反映序列变化的阶段性特征, 适合于相对较短时期如几年到几十年尺度的气候变化 (或气候振动) 特征<sup>[14]</sup>。根据 Cubic 的阶段性极值可定性分析要素的转型特征, 极小值对应要素值由下降转为上升的转型点, 极大值对应要素

由上升转为下降的转型点。

小波分析是一种时、频多分辨率分析方法, 是一个时间和频率的区域变换, 因而能有效地从信号中提取信息, 通过伸缩和平移等运算功能对函数或信号进行多尺度细化。小波基 (母波) 的种类较多, 本文采用 Morlet 小波能量谱<sup>[14]</sup>。

Mann - Kendall 突变检测法<sup>[15]</sup>是以气候平稳为前提, 并且这序列是随机独立的, 其概率分布等同。在原假设气候序列没有变化的情况下, 定义一统计量, 进行方差检验, 超过信度线, 既表示存在明显的变化趋势时, 如果曲线的交叉点位于信度线之间, 这点便是突变的开始点。

干燥指数将陈明荣干燥度公式<sup>[16]</sup>修正得:

$$G = \frac{C \sum T_{4-10}}{R_{4-10}}$$

式中,  $G$  为干燥指数, 其值越大说明越干燥, 反之越湿润;  $\sum T_{4-10}$  为 4 - 10 月日平均气温  $\geq 0^\circ\text{C}$  积温;  $C$  为海拔高度订正系数,  $C = 1.0$ 。  $C \sum T_{4-10}$  表示蒸发力。  $R_{4-10}$  为同期降水量。

## 2 结果与分析

### 2.1 降水量变化特征

2.1.1 年际趋势变化 渭河源区年降水量呈下降趋势, 降水量变化曲线线性拟合倾向率渭源、陇西分别为 -10.417 mm/10a、-10.442 mm/10a (图 1)。

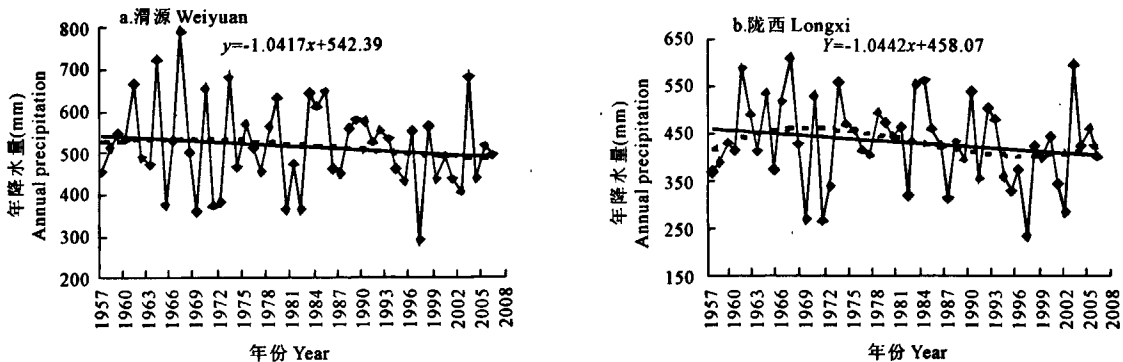


图 1 渭河源区降水量年际变化曲线

Fig.1 Curve of annual precipitation in source of Weihe river

陇西年降水量 Cubic 函数呈波动变化型, Cubic 方程为  $y = 0.0055x^3 - 0.4486x^2 + 9.0727x + 406.79$  ( $y$  为降水量 Cubic 函数,  $x$  为年代序列, 起始值为 1, 下同), 其线性化后的相关系数  $R = 0.235$ , 通过  $\alpha = 0.10$  检验; 渭源降水量 Cubic 函数呈波动不明显。

分析可知, 渭河源区降水量年际变化趋势呈下降趋势。

2.1.2 季节趋势变化 按气象学的季节划分 (3、4、5 月为春季, 6、7、8 月为夏季, 9、10、11 月为秋季, 12、1、2 月为冬季), 由表 1 渭河源区各季节降水量倾向率可见, 秋季降水量倾向率绝对值最大, 陇西、渭源分别递减为 -8.759 mm/10a、-10.8 mm/10a; 夏季降水量倾向率次之, 陇西、渭源分别为 -1.929 mm/10a、-1.591 mm/10a; 春季降水量倾向率渭源

为正值,而陇西为负值;冬季降雪量均呈递增趋势, mm/10a。  
陇西、渭源递增率分别为 0.855 mm/10a、1.496

表 1 渭河源区各季节降水量倾向率(mm/10a)

Table 1 The ration of trend precipitation in seasons at in source of Weihe river

测站名 Sites	全年 Year	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
渭源 Weiyuan	-10.417	0.399	-1.591	-10.83	1.496
陇西 Longxi	-10.442	-0.665	-1.929	-8.759	0.855

可见,渭河源区降水量递减以秋季、夏季降水量递减为主。

2.2 气温变化特征

2.2.1 年际趋势变化 渭河源区气温年际变化趋

势呈显著上升趋势,其中,渭源气温变化曲线线性拟合倾向率为 0.169℃/10a;陇西气温年际变化曲线线性拟合倾向率为 0.201℃/10a;陇西增温率大于渭源(图 2)。

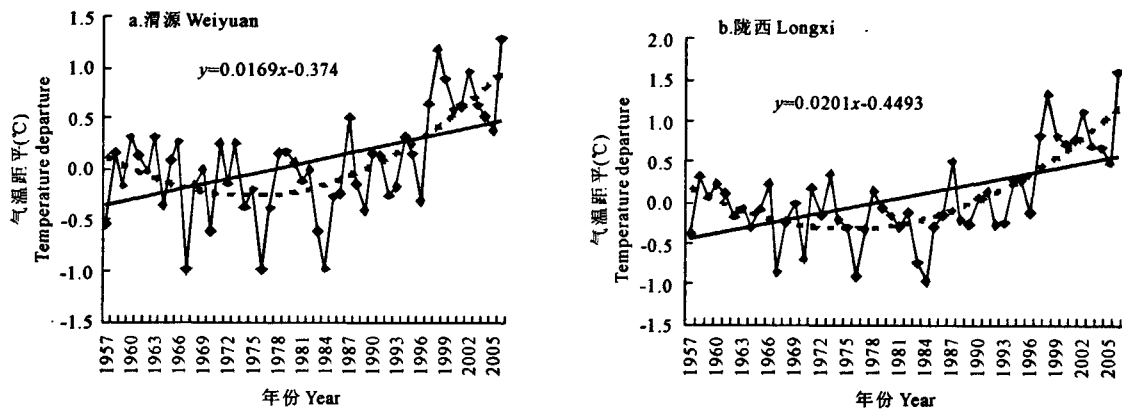


图 2 渭河源区气温距平年际变化曲线

Fig.2 Departure of annual temperature in source of Weihe river

渭源气温距平 2 阶主值函数呈抛物线型,方程为  $y = 0.0012x^2 - 0.0455x + 0.1667$  ( $y$  为气温主值函数,  $x$  为年代序列,起始值为 1,下同),其线性化后的相关系数  $R = 0.669$ ,通过  $\alpha = 0.01$  检验。对气温距平 2 阶主值函数求导  $y' = 0.0024x - 0.0455$ ,令  $y' = 0$ ,则求得 1976 年为主值函数最低点,其后,气温持续上升。陇西气温距平 2 阶主值函数亦呈抛物线型,方程为  $y = 0.0015x^2 - 0.0581x + 0.2288$ ,其线性化后的相关系数  $R = 0.757$ ,也通过  $\alpha = 0.01$  检验。对气温距平 2 阶主值函数求导  $y' = 0.0030x - 0.0581$ ,令  $y' = 0$ ,同样求得 1976 年为主值函数最低

点,其后,气温持续上升(图 2)。

由此可见,渭河源区气温年际变化趋势从 20 世纪 70 年代之后持续上升。

2.2.2 季节趋势变化 由表 2 渭河源区各季节气温倾向率可见,冬季气温变化曲线线性拟合倾向率最大,其值渭源、陇西分别为 0.348℃/10a、0.325℃/10a;秋季次之,其值渭源、陇西分别为 0.22℃/10a、0.202℃/10a;夏季最小,其值在 0.07 ~ 0.174℃/10a 之间。可见,渭河源区增温率以冬季最大。

表 2 渭河源区各季节气温倾向率(℃/10a)

Table 2 The ration of trend temperature in seasons over the Weihe source

测站名 Sites	全年 Year	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
渭源 Weiyuan	0.169	0.089	0.070	0.220	0.348
陇西 Longxi	0.201	0.193	0.174	0.202	0.325

由此可知,从 20 世纪 70 年代后渭河源区气温年际变化趋势呈持续上升,增温率以冬季最大。

2.3 干燥指数变化

渭河源区年干燥指数变化呈显著上升趋势,其中,渭源年干燥指数变化曲线线性拟合倾向率为

0.058/10a(图 3); 陇西年干燥指数倾向率为 0.113/10a; 干燥指数变化曲线线性拟合倾向率陇西大于渭源。

渭河源区干燥指数年际变化说明渭河源区气候趋于暖干化。

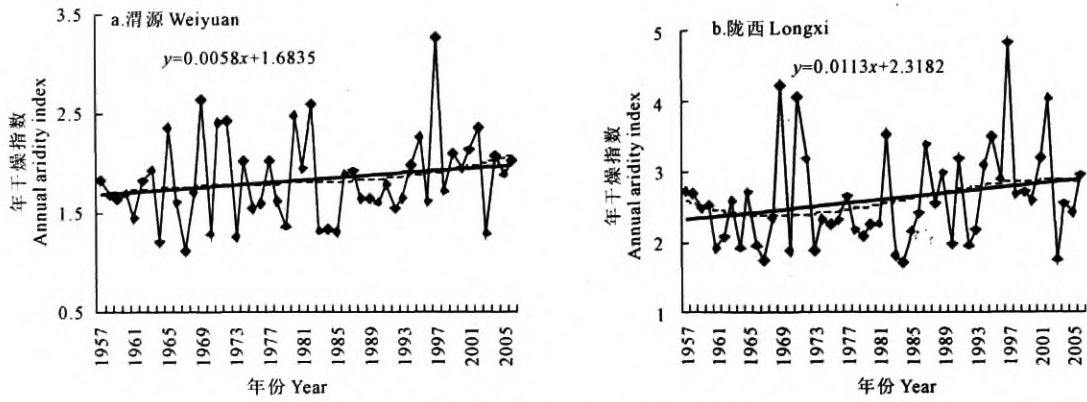


图 3 渭河源区年干燥指数变化曲线

Fig.3 Curve of annual aridity index in source of Weihe river

2.4 水资源变化特征

2.4.1 水资源趋势变化及成因 一个区域的水资源总量是指当地降水形成的可被利用的地表和地下产水量,即地表径流量与降水入渗补给量之和。不计过境的客水资源量,扣除地表水和地下水相互转换的重复量,渭河源区 1980~2006 年年平均水资源

总量为  $0.2157 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

渭源站径流量年际变化呈显著下降趋势(图 4),倾向率为  $-0.044 \times 10^8 \text{ m}^3/10\text{a}$ ,径流量年际变化曲线 Cubic 函数呈一峰一谷波动变化,方程为  $y = 0.0001x^3 - 0.0045x^2 + 0.0454x + 0.1555$ ,其线性化后的相关系数  $R = 0.65$ ,通过  $\alpha = 0.01$  检验。

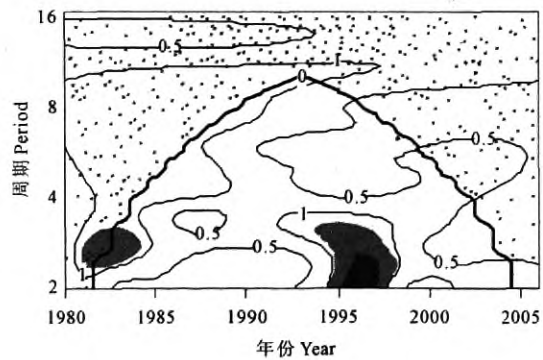
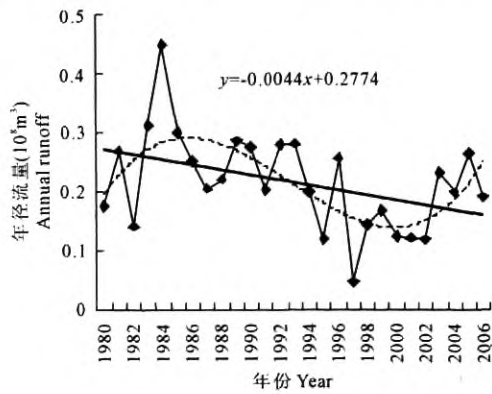


图 4 渭河源区年径流量年际变化及小波分析

Fig.4 Change and Wavelets analysis of annual runoff in source of Weihe river

由此可知,渭河源区径流量呈显著下降趋势。究其原因,一是渭河源区气候暖干化。根据地球表面水分循环理论,地表径流量的最终来源为大气降水。渭河源区降水量与径流量呈显著正相关( $r = 0.73, P < 0.01$ ),1980~1993 年平均径流量  $0.261 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,1994~2006 年平均径流量为  $0.167 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,径流量下降 35.7%。而 1980~1993 年平均年降水量 524.8 mm,1994~2006 年平均年降水量 476.9 mm,下降 9.1%。降水减少是径流量减少的主要原因。年平均气温与径流量呈显著负相关( $r = -0.74, P < 0.01$ ),干燥指数与径流量亦呈显著负

相关( $r = -0.79, P < 0.01$ )。降水减少、气温升高、干燥指数增加,导致径流量减少,水资源相应减少。二是人类活动的影响。至 2006 年,累计兴修梯田  $29\,913.3 \text{ hm}^2$ ,占耕地面积的 43.3%。建成骨干坝 9 座,中小型淤地坝 10 座,总库容达  $536.55 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,新增灌溉面积  $578.3 \text{ hm}^2$ 。土地利用状况的变化,改变了下垫面性质,进而影响径流的涵养、产生及汇集过程。

2.4.2 径流量周期振荡特征 用有边界小波能量谱分析方法对渭河源区径流量的年际周期振荡特征进行分析,渭河源区径流量存在 3 a 的年际周期变

化,3 a 周期振荡在 1996 ~ 1997 年为中心的局部时段内最强,其余时段周期振荡较弱。

2.4.3 径流量突变检测 为了进一步搞清楚渭河源区径流量随时间变化特征,通过 M-K 法对渭源站径流量年际变化序列进行了突变检测。图 5 为渭河源区径流量 M-K 检验曲线图,其中  $U_{0.05} = 1.96$ ,从图中可以发现,UF 曲线超过 0.05 信度线,表明渭河源区径流量随时间变化表现出明显的下降趋势,且从 1993 年开始下降,突变点在 1993 年。

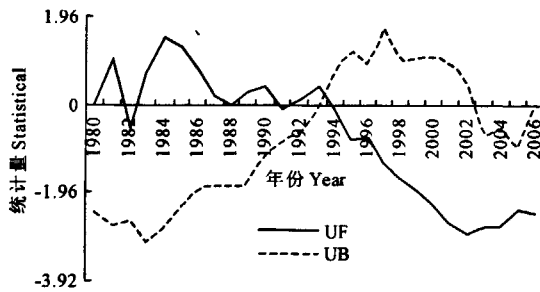


图 5 渭河源区径流量 M-K 检验曲线

Fig.5 M-K check curve chart of annual runoff in source of Weihe river

## 2.5 水资源变化气候模式

利用渭河源区气象资料建立水资源气候模式。

渭河源区径流量气候模式:

$$Y = 0.4692 + 0.0005R - 0.0807T$$

(复相关系数  $R = 0.878$ ,  $F = 40.62$ ,  $F_{0.01} = 5.61$ ,  $F > F_{0.01}$ , 通过  $\alpha = 0.01$  检验。)

其中,  $Y$  为渭源年径流量;  $R$  为渭源年降水量;  $T$  为渭源年平均气温。

## 3 结论与讨论

1) 渭河源区降水量年际变化呈下降趋势,降水量变化曲线线性拟合倾向率在  $-10.442 \sim -10.417$  mm/10a 之间,降水量递减以秋季、夏季降水量递减为主。气温年际变化趋势呈显著上升趋势,气温变化曲线线性拟合倾向率在  $0.169 \sim 0.201$  °C/10a 之间,增温率以冬季最大,年际变化趋势从 20 世纪 70 年代之后持续上升。年干燥指数变化呈显著上升趋势,年干燥指数变化曲线线性拟合倾向率在  $0.058 \sim 0.113/10a$  之间,气候趋于暖干化。

2) 渭源径流量呈显著下降趋势,倾向率为  $-0.044 \times 10^8 \text{ m}^3/10a$ 。径流量存在 2 ~ 3 a、5 a 的年际周期变化。从 1993 年开始呈减少趋势,突变点在 1993 年。降水量与水资源呈显著正相关,气温、干燥指数与水资源呈显著负相关。降水量呈减少趋势,气温呈上升趋势,干燥指数呈上升趋势,是导致

径流量减少的主要气候因素。

3) 影响河流径流量的原因包括自然和人类活动两方面,自然因素主要是气候变化。人类活动的影响一是通过大规模开垦林地草地以及水土保持改变流域的植被、土地利用状况<sup>[9]</sup>,从而改变下垫面状况,进而影响径流的涵养、产生及汇集过程;二是通过大量引水以满足灌溉、工业和城镇的需水要求,使河流径流大幅度减少<sup>[9,12,17]</sup>。渭河源区水资源减少的主要原因是气候变化,其次是人类活动的影响,其影响的互馈机制待进一步讨论。

## 参考文献:

- [1] IPCC. Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2007.
- [3] 秦大河. 中国西部环境演变评估综合报告[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 52—63.
- [4] 叶笃正, 符淙斌, 董文杰, 等. 全球变化科学进展与未来趋势[J]. 地球科学进展, 2002, 17(4): 467—469.
- [5] 张国胜, 时兴合, 李栋梁, 等. 长江源沱沱河区 45a 来的气候变化特征[J]. 冰川冻土, 2006, 28(5): 678—685.
- [6] 姚玉璧, 尹东, 王润元, 等. 黄河首曲草地气候变化及草地生态效应[J]. 冰川冻土, 2007, 29(4): 570—576.
- [7] 姚玉璧, 王润元, 邓振镛, 等. 黄河重要水源补给区甘南高原气候变化及其对生态环境的影响[J]. 地理研究, 2007, 26(4): 844—851.
- [8] 姚玉璧, 张秀云, 王润元, 等. 洮河流域气候变化及其对水资源的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 168—173.
- [9] 许炯心, 孙季. 近 50 年以来降水变化和人类活动对黄河入海径流通量的影响[J]. 水科学进展, 2003, 14(6): 690—695.
- [10] 许炯心. 黄河中游多沙粗沙区 1997—2007 年的水沙变化趋势及其成因[J]. 水土保持学报, 2010, 24(1): 2—6.
- [11] 张秀云, 姚玉璧, 蔡广珍, 等. 白龙江流域气候变化及其对水资源的影响[J]. 资源科学, 2009, 31(8): 1315—1320.
- [12] 王西琴, 张远, 张艳会, 等. 渭河上游天然径流变化及其自然与人为因素影响贡献量[J]. 自然资源学报, 2006, 21(6): 982—990.
- [13] 邓振镛, 张强, 李栋梁, 等. 气候变化对渭河上游径流量和输沙量的影响[J]. 中国沙漠, 2006, 26(6): 982—985.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 175—181.
- [15] 吴洪宝, 吴蕾. 气候变率诊断和预测方法[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 208—244.
- [16] 邓振镛, 林日暖. 河西气候与农业开发[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 61—62.
- [17] 邢大韦, 王耀荣, 张玉芳. 渭河径流变化的影响原因分析[J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(2): 1—4.

## Climate Evolution and Its Impact to Water Resource Changer in Source of Weihe River Basin

YAO Yu-bi<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiu-yun<sup>2</sup>, DUAN Zhi-yong<sup>3</sup>, SONG Yong-jie<sup>4</sup>,  
YANG Jian-jun<sup>2</sup>, WANG Dian-jun<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province and China Meteorological Administration,  
Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;

2. Meteorological Bureau of Dingxi of Gansu Province, Dingxi 743000, China;

3. Hydrological And Water Resource Reconnaissance Bureau of Dingxi of Gansu Province, Dingxi 743000, China;

4. Meteorological Bureau of Baiying of Gansu Province, Baiying 730900, China)

**Abstract:** Based on the surface meteorology and water resource observation data in source of Weihe river, the characters of climate evolution and water resource change, and their relationship are analyzed, in addition the water resources climate model is also established. The result show that the inter-annual change of precipitation display descending trend, the tendency rate is  $-10.442 \sim -10.417$  mm/10a, this reduction mainly happened in autumn and summer. The results also show that the inter-annual change of temperature display marked ascending trend, the tendency rate is  $0.169 \sim 0.201$  °C/10a, this accessional appeared most in winter, this ascending trend appeared from 1970s and it's sharp point was at 1970's, the aridity index also display prominent ascending trend, the tendency rate is  $0.058 \sim 0.113$ /10a, in recent 50 years the climate of the Weihe source show warming and drying trend, It is also found that the water resources display remarkable descending trend, the tendency rate is  $-0.044 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/10a, it exist 2 ~ 3 a, 5 a period, water resource show marked positive correlation with precipitation, while it show marked negative correlation with temperature and aridity index, the water source will decrease if precipitation decrease and temperature ascend and dry index ascend.

**Keywords:** Climatic changing; Water resource; aridity index; Weihe source

(上接第 246 页)

## Change trend of temperature in the Songhua River Basin during the past 51 years

YU Fang-yuan<sup>1</sup>, ZHENG Fen-li<sup>1,2</sup>, LI Zhi<sup>1</sup>, SHEN Jian<sup>1</sup>

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

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess plateau, Institute of Soil

and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Based on the daily series temperature observations from 34 meteorological stations over the period of 1958 ~ 2008, the interannual variation, change trend, and change magnitude of the average annual temperature in the Songhua River Basin were analyzed with multi-method of moving average method, non-parametric Mann - Kendall test and the estimated sen slope method. The result showed that the average annual temperature of the Songhua River Basin tended to increase significantly during 1958 ~ 2008. The average annual temperature which underwent abrupt change in 1990 had risen about 2.0°C during the past 51 years. In four seasons, the average temperature of winter increased at a faster rate (0.06°C/a), whilst the average temperature of summer had the smallest increment  $-0.03$  °C/a. The increasing magnitude of average annual temperature in the Songhua River Basin was much greater than the national and global level. Therefore, effective measures should be considered to mitigate negative effects of climatic change.

**Keywords:** the Songhua River Basin; average temperature; change trend