

黄河上游流域近49a气候变化特征和未来变化趋势分析*

马雪宁¹, 张明军^{1, 2}, 黄小燕¹, 马潜¹, 潘淑坤¹

(1. 西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

提 要: 利用25个气象站近49a月气温、降水资料, 运用气候线性趋势分析、滑动平均、距平和R/S分析方法对黄河上游流域气候变化趋势进行了分析。结果表明: 1) 近49a黄河上游流域年、季均温呈现逐年上升趋势, 其中20世纪90年代以来上升趋势更为明显, 且以冬季增温最为突出; 2) 20世纪60年代降水量较多, 之后逐渐减少, 2000a以来又显著的增多, 且四季变化趋势存在明显差异; 3) 在此基础上, 进行了趋势预测, 结果表明: 气温、降水量表现出明显的Hurst现象, 并且未来气候变化趋势与过去49a气候变化趋势相同。

关键词: 黄河上游流域; 气温; 降水量; R/S分析

中图分类号: P467

文献标识码: A

全球气候变化是当今各国政府和科学界乃至普通民众广泛关注的热点问题, 众多的科学家一直关注气温和降水的变化, 力求从过去和现在的变化中展望未来的趋势。气温作为气候变化的一个重要因子, 根据IPCC 2007a的最新评估报道, 过去100a来全球地表温度升高 0.74°C , 变暖幅度自1990a来明显加速, 1850年以来最暖的12年中有11年出现在1995~2006a间, 未来100a全球气温可能升高 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ ^[1]。我国实地观测的气温近百年来上升 $0.4\sim 0.5^{\circ}\text{C}$, 1951a以来我国气温明显升高, 冬季增温更加明显, 从1986/87a冬季开始, 我国已连续经历了19个“暖冬”^[2]。从全国降水量的变化来看, 近40~50a来, 我国年降水量呈减少趋势, 但西部降水量增加趋势明显, 其中西北地区最为显著^[3-5]。已有研究表明, 黄河流域年均气温的变化具有总体一致性, 从20世纪60年代以来一直是逐渐升温的^[6-7]。与气温变化相比, 黄河流域降水量变化复杂的多, 更具有地域特点。

黄河全长5464km, 流域面积约 $75\times 10^4\text{km}^2$, 黄河水资源对我国北方农业和工业有着举足轻重的作用。但是, 近年来在全球变暖和不合理的人类行为的共同作用下, 黄河断流现象频繁发生, 严重影响了我国北方地区经济的可持续发展, 引起世人的广泛关注。关于黄河流域的气候研究, 早在20世纪30年代胡焕庸就在《黄河流域之气候》中对其进行了研究, 目前有部分学者也对黄河流域气候变化进行了研究, 大多主要集中在黄河兰州以上、中下游和整个流域。如王国庆等^[8]对黄河兰州上游地区降水、气温变化进行了分析, 并对其趋势进行了诊断; 郑红星研究了整个黄河流域降水量的时空变化, 从全流域尺度对降水结构进行了分析^[9]; 杨特群等^[10]对黄河流域的气温、降水量的变化特点进行了分析; 但是目前对黄河上游流域整个区域的气温、降水量进行详细分析, 并对其未来趋势研究还比较少, 有待于进一步研究和探讨。文中在前人大量研究的基础上, 利用常规统计、线性倾向估计分析1960a以来黄河上游流域气候变化, 并用R/S分析法对其趋势的持续性进行分析; 探讨全球变暖黄河上游流域整个区域的年、季平均气温、降水量的变化趋势、揭示该区域的气温和降水量的变化特征, 并对未来气候变化趋势进行预测。

1 研究区域概况

黄河上游流域是指河源—内蒙古托克托县河口镇以上河段, 全长3472km, 流域面积 $38.6\times 10^4\text{km}^2$,

* 收稿日期: 2011-4-14。

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-10-0019); 国家自然科学基金项目(40701035); 陇原青年创新人才扶持计划项目; 西北师范大学知识与科技创新工程创新团队项目(NWNU-KJCXGC-03-66)资助。

作者简介: 马雪宁(1987-), 女, 甘肃镇原县人, 硕士研究生, 主要从事全球变化与可持续发展方面的研究。E-mail: mxn1987.good@163.com

通讯作者: 张明军。E-mail: mjzhang2004@163.com

流域面积占全黄河总量的 51.3%, 其水资源时空变化对黄河流域水资源具有重要的影响, 而气候要素的时空变化是引起水资源变化的主要原因^[1]。黄河流域上游在行政区域上包括青海、甘肃、宁夏、四川和内蒙古五个省(区)的 106 个县(市)。该区地理环境、气候条件十分复杂, 一直是人们所关注的焦点。因此, 研究黄河上游流域气候的变化对了解黄河水资源演变具有十分重要的意义。

2 资料来源和分析方法

2.1 资料来源

文中所用地面气象站的逐月平均气温、降水量资料为中国气象局国家气象信息中心 (<http://www.nmic.gov.cn/>) 提供。依据资料的连续性及最长时段性等标准, 共选取了符合条件的气象站 25 个(图 1)。为了保证所选气象站数据资料长度的均一和稳定, 气象资料时间跨度一致取为 1960a 至 2008a。

2.2 分析方法

按照气候学上常用的方法进行季节划分, 即: 12 月

-翌年 2 月为冬季、3-5 月为春季、6-8 月为夏季、9-11 月为秋季。对于各个气候因子进行年平均和季节变化趋势计算。最后计算各个气候因子的年平均和季节平均距平, 变化趋势。利用 5a 趋势滑动和线性倾向估计法, 进行气候变化趋势分析; 并用 R/S 分析法对未来气候变化进行预测。

2.2.1 气候倾向率

气象要素的变化趋势采用一元线性回归表示, 即: $Y = a_0 + a_1 t$

式中: Y 为气象要素, t 为时间(文中为 1960-2008 年); a_0 为回归常数, a_1 为回归系数。回归系数 a_1 的符号表示变量 Y 的趋势倾向。 $a_1 > 0$ 说明随时间 t 增加, Y 呈上升趋势; 当 $a_1 < 0$ 时, 说明随时间 t 增加, Y 呈下降趋势。 a_1 值则反映了上升或下降的速率; $a_1 \cdot 10$ 表示气象要素每 10a 的变化量, 用于定量分析气候要素的变化趋势^[2]。

2.2.2 R/S 分析

R/S 分析法最早是由英国科学家赫斯特(H. E. Hurst)在研究尼罗河多年水文观测资料时提出的一种新的统计方法-变尺度极差分析法(Rescaled Range Analysis, 简称 R/S)^[3]。后来经 Mandelbrot 与 Wallis 在理论上对该方法进一步补充完善, 把它发展成为研究时间序列的分形理论。近年来 R/S 分析法在环境变化、地理科学等领域开始广泛应用^[4]。

R/S 分析法的主要原理为:

考虑一个时间序列 $\{\zeta(t)\}$, $t=1, 2, \dots$, 对于任意正整数 $\tau \geq 1$, 定义均值系列:

$$\langle \zeta \rangle_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \zeta(t) \quad \tau = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

$$\text{累积离差为: } X(t, \tau) = \sum_{i=1}^{\tau} (\zeta(i) - \langle \zeta \rangle_\tau) \quad 1 \leq t \leq \tau \quad (2)$$

$$\text{极差为: } R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) \quad \tau = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

$$\text{标准差为: } S(\tau) = \sqrt{\left(\frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} (\zeta(t) - \langle \zeta \rangle_\tau)^2 \right)} \quad \tau = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

$$\text{现考虑比值 } R(t)/S(\tau) \triangleq R/S, \text{ 若存在如下关系: } R/S \propto \tau^H \quad (5)$$

则说明所分析的时间序列存在 Hurst 现象, H 称为 Hurst 指数。 H 值可根据计算出的 τ 值和 R/S 值,

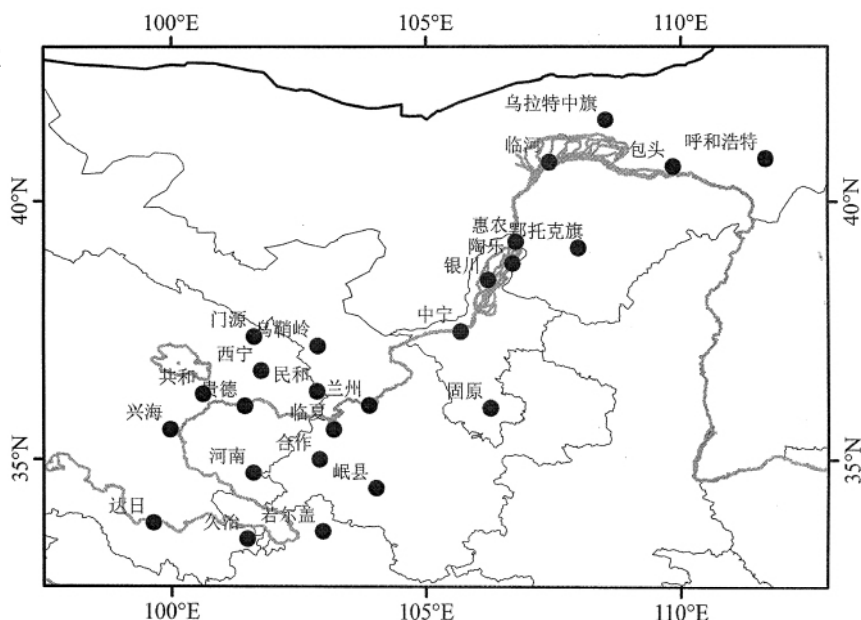


图 1 黄河上游 25 个气象站点位置说明

Fig. 1 Locations of 25 weather stations in the upper reaches of Yellow River

在双坐标系($\ln\tau, \ln R/S$) 中最小二乘法拟合式(5) 得到。根据 H 值的大小, 可以判断该时间序列是完全随机的抑或是存在趋势性成分。趋势性成分表现为持续性, 还是反持续性。对应于不同的 Hurst 指数 H ($0 < H < 1$), 存在以下几种情况:

- (1) $H = 0.5$ 表示时间序列相互独立, 完全随机, 任意时刻 t 的数值与过去历史资料无关。
- (2) $0.5 < H < 1$ 表明时间序列具有长期相关的特征, 即具有持续性, 反映在气候因子上, 则表明未来的气候变化将与过去的变化一致, H 越接近 1, 持续性越强。
- (3) $0 < H < 0.5$ 表明时间序列具有长期相关性, 但将来的总趋势与过去相反, 即过程具有相反的持续性。在该情况下, 未来的气候变化总体趋势将与过去相反。

3 结果与分析

3.1 气温变化特征

在全球变暖背景下, 不同的区域由于气候背景、区域特征和气候驱动等因素的差异, 对全球变暖响应的时间、尺度和幅度等也表现出明显的地域差异, 李宗省等人^[13] 对我国横断山区气温、降水时空变化、任国玉等人^[14] 对我国地面气候变化、贾文雄等^[15] 对祁连山区气温变化的研究、边多等^[17] 对青藏高原气温变化的探讨都证实了这一结论, 这种差异性印证了区域气候系统变化的复杂性。黄河上游流域的气温变化与大尺度的相比不会出现太大的差异, 即气温变化的总趋势基本是一致, 但季节的增温幅度、年际变化趋势表现出一定的差异。

3.1.1 气温年际变化趋势分析

近 49a 来年平均气温的变化基本上可以分为两段(图 2), 前一段为 1960a 到 20 世纪 80 年代中期, 是一个偏冷期, 而以后黄河上游流域平均气温显著上升, 为一个偏暖期。分析偏冷期可以发现, 平均气温变化幅度在较小范围内波动, 49a 间黄河上游增温率为 $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ (即以每 10 年 0.32°C 的速率增长) 为正值, 说明从 1960 ~ 2008a 黄河上游流域年平均气温在正常的年际间的波动中呈显著的上升趋势, 与全球变暖有明显的对应关系。

同时, 通过分析(表 1) 年平均气温的 10a 和 5a 距平可以看出, 20 世纪 60、70 和 80 年代距平为负值, 说明气温偏低, 但气温总体来说是上升的, 上升的幅度较小。而 90 年代以来尤其是 2000 ~ 2008a 出现大幅度的增温。而 5a 距平又反映出 1960 ~ 2008a 的气温出现了低、高、低、高这样的周期性变化。

表 1 黄河流域上游 1960 ~ 2008 年年均气温 10a 和 5a 距平($^{\circ}\text{C}$)

Tab. 1 The annual temperature departure of 5 or 10 years in the upper Yellow River during 1960 ~ 2008 ($^{\circ}\text{C}$)

年 代	1960	1970	1980	1990	2000 ~ 2008
10 年距平	-0.50	-0.37	-0.21	0.34	0.73
年 代	1960 ~ 1964	1965 ~ 1969	1970 ~ 1974	1975 ~ 1979	1980 ~ 1984
5 年距平	-0.39	-0.58	-0.34	-0.36	-0.35
年 代	1985 ~ 1989	1990 ~ 1994	1995 ~ 1999	2000 ~ 2004	2005 ~ 2008
5 年距平	-0.05	0.18	0.53	0.69	0.83

3.1.2 气温季节变化趋势分析

为了揭示气温在不同季节的具体情况, 分别分析了 1960 ~ 2008a 黄河上游流域历年四季平均气温的波动情况。分析图 3 可以发现, 黄河上游流域春季、夏季、秋季和冬季气温均呈上升趋势, 其增温率分别为 $0.29^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.52^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 四季气温对年气温变化都有一定贡献, 但以冬季贡献最大。分析 4 个季节的变化图和年代际变化(表 2) 可以发现: 1) 春季气温的波动更加明显, 20 世纪 70

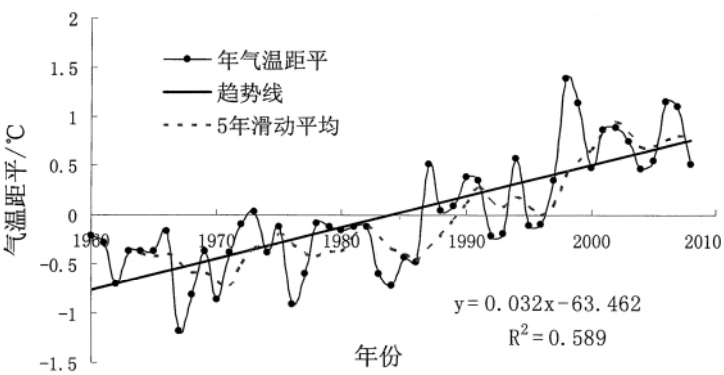


图 2 1960 ~ 2008 年黄河上游年平均气温变化趋势
Fig. 2 Variation of annual temperature
in the upper Yellow River during 1960 ~ 2008

年代最低,自 90 年代后偏高;2) 夏季和秋季气温波动小而且增温速度平缓;3) 冬季气温自 60 年代以来气温持续升高,增温趋势最明显,在四季中增温趋势最大。相比较而言,春、夏季增温幅度小,而冬季增温幅度最大,秋季次之,表明秋、冬季升温比春、夏季更明显,对全年气温的升高贡献更大;并证实了全球变暖背景下冬季升温最明显这一结论。

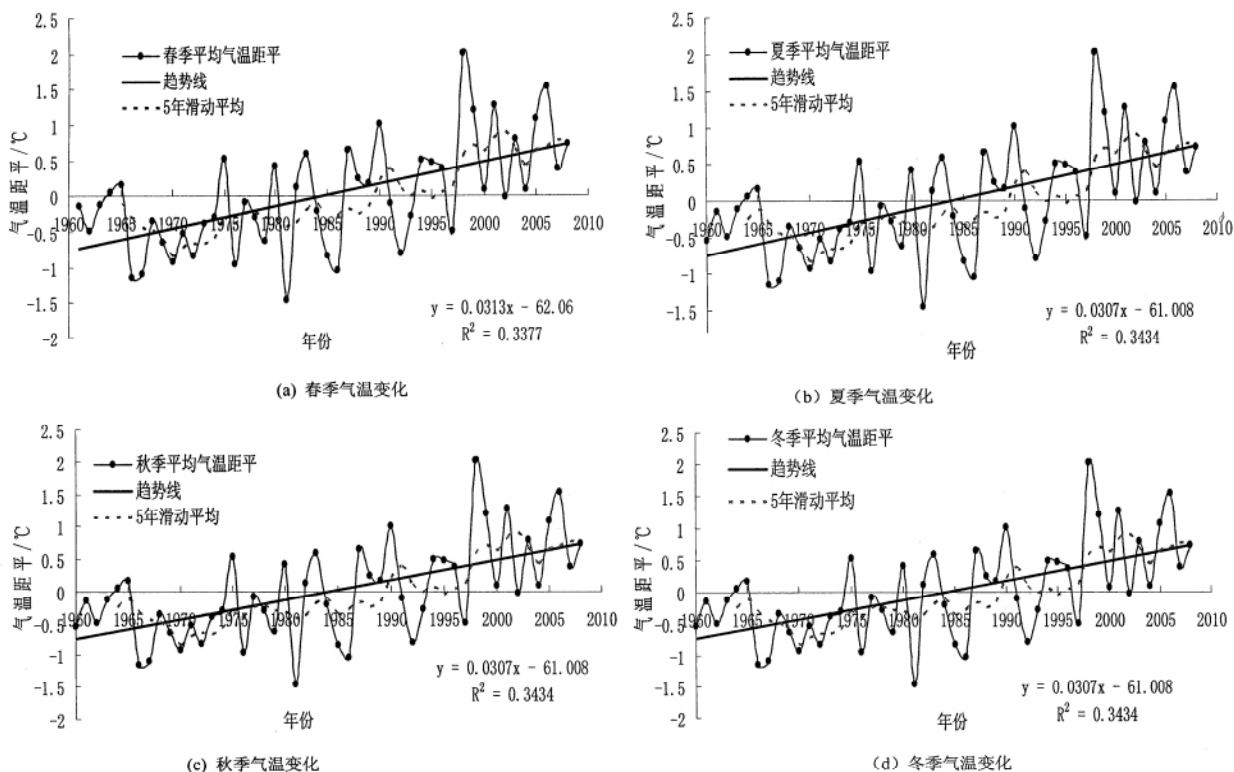


图 3 1960 - 2008 年黄河上游季节平均气温变化趋势

Fig. 3 Inter - annual variation seasonal mean of temperature in the upper Yellow River during 1960 - 2008

无论是从气温的年际、季节和年代际变化来看,20 世纪 90 年代以后,黄河上游流域气温明显升高,其中冬季升温幅度最大,这与我国气温显著升高的时间(冬季)一致^[4],表明对全球气候变暖的响应也比较明显。

3.2 降水量变化

一般来讲,由于受水汽来源、水汽通道、大气候背景和地形起伏等影响,降水变化相对于气温变化更为复杂,更具有地域特征;与对气温变化规律的认识相比,全球变化背景下对降水变化规律的认识还很深入,这是由降水系统本身的多变性、区域地形地貌的复杂性等所决定的^[4]。

3.2.1 降水量年际变化趋势分析

黄河流域上游与我国的大部分地区相同,降水受季风的影响十分明显。由于西太平洋副高的强度和位置的影响,东南暖湿气流到达上游的位置有很大的年际和季节变化,因而形成该区旱涝的年际和季节变化^[4]。根据(图 4) 年均降水量曲线和 5a 滑动平均曲线分析可知,在全球变暖的背景下,黄河上游平均降水量自 1960a 开始整体变化幅度不大,属

表 2 黄河上游流域季节平均气温年代际变化(单位:℃)

Tab. 2 Inter - decadal variation of seasonal temperature in the upper Yellow River (℃)

年代	20 世纪				2000 - 2008a
	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	
春季	7.00	6.74	6.85	7.50	8.04
夏季	17.65	17.64	17.71	18.20	18.62
秋季	5.43	5.42	5.72	6.25	6.52
冬季	-8.70	-8.17	-7.84	-6.85	-6.71

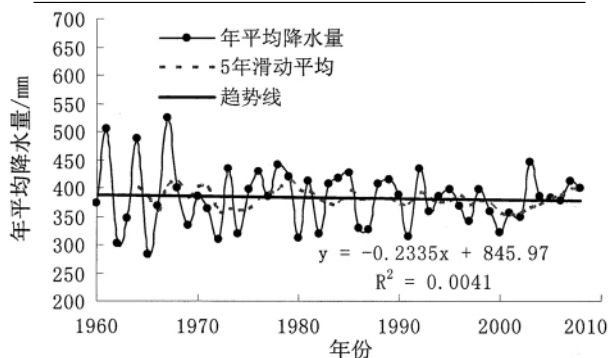


图 4 1960 - 2008 年黄河上游年际降水量变化趋势

Fig. 4 Variation of annual precipitation in the upper Yellow River during 1960 - 2008

正常波动并略有下降,其减幅达到 2.34mm/10a,年降水量的最大值为 142.54mm,出现在 1967a;最小值为 -100.66mm,出现在 1965a。从年际间的波动来看,近 49a 间降水量大致出现了 5 次多雨、少雨的循环。另外,从表 3 降水量的年代距平可知,20 世纪 60、70 年代距平为正值,说明降水量偏高;而 80 年代以后距平为负值,说明降水量偏低,但 90 年代末又有很微弱的增加趋势。

3.2.2 降水量季节变化趋势分析

从降水量随时间变化的趋势曲线图(图 5)可以看出,黄河上游流域冬季的降水量呈上升趋势,递增率为 0.31mm/10a;而春、夏季变化呈不明显的减少趋势,递减率分别为 0.24、0.17mm/10a;秋季降水在四季中减少的趋势最为明显,递减率为 0.96mm/10a,年际变化较大,最小值为 12.98mm,出现在 1972a;最大值为 45.22mm,出现在 1962a。

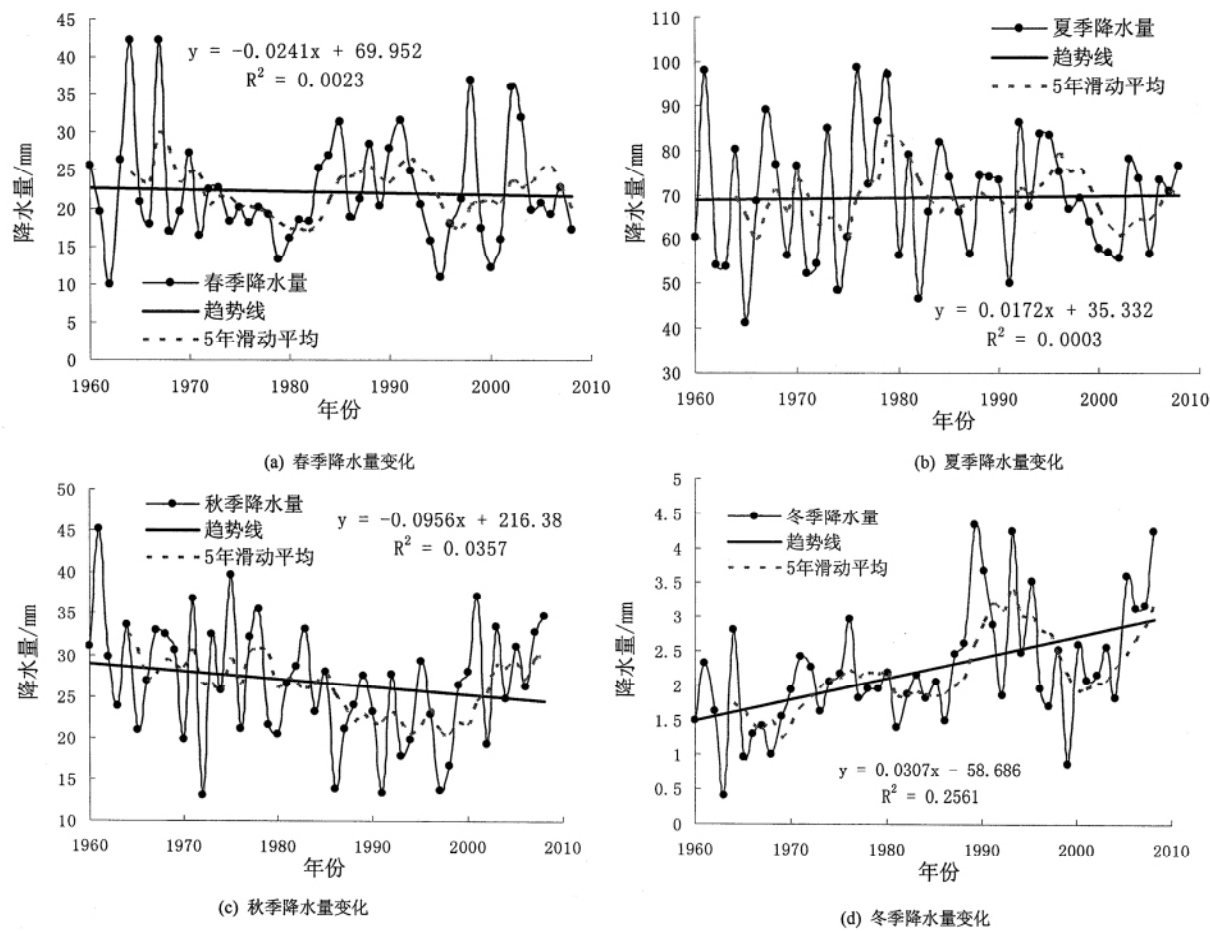


图 5 1960 - 2008 年黄河上游年际降水变化趋势

Fig. 5 Variation of seasonal precipitation in the upper Yellow River during 1960 - 2008

年降水量的年代际变化表现出明显的季节差异(表 3),春季年均降水量变化波动较大呈现" W "型变化,经历了多 - 少 - 多 - 少变化;夏季年均降水量在 20 世纪 70、80 年代中后期相对偏高,2000a 以后明显减少;60 年代秋季年均降水相对偏高,70 年代变化平稳,80 年代中后期降水量减少显著;冬季年均降水 60、70 和 80 年代前期偏低,80 年代中期到 90 年代中期降水量增加而后又减少。降水的年代际变化主要表现在季节变化差异,因为季风系统的年际、季节波动变化对降水变化有重要的影响。

表 3 黄河上游流域年、季平均降水量距平变化 (单位:mm)

Tab. 3 The annual and seasonal precipitation departure of 10a in the upper Yellow River (mm)

年代	20 世纪				2000 - 2008a
	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	
春季	1.98	-2.34	0.38	0.35	-0.40
夏季	-1.57	3.70	-2.00	2.43	-2.84
秋季	3.40	1.06	-2.12	-5.63	2.99
冬季	-0.75	-0.11	0.00	0.34	0.58
全年	9.74	5.59	-4.99	-8.60	-1.74

4 气候变化的分析与未来趋势预测

从图 6 可知,全年气温与降水量之间存在一定的关系,即年降水量随温度的上升呈减少趋势,这种趋势在 20 世纪 90 年代以后尤为明显,从 R/S 分析结果(表 4)来看,年平均气温序列具有长程相关性,即未来变化将与过去的变化趋势一致,过去总体升温的趋势预示将来年平均气温总体趋势仍将持续上升,并且这种持续性强度相当强。同时不同季节计算的 Hurst 指数均大于 0.5,根据 Hurst 指数的指示意义,可以得出,未来平均气温变化的趋势与过去 49a 气温变化的趋势相同。所以,黄河上游流域未来平均气温仍将波动上升。这也正是小区域对全球,尤其是对北半球增温的响应。

同样,R/S 分析结果表明年降水量和各季降水量序列有长程相关性。过去的降水量呈总体减少的趋势预示将来年降水量总体仍将继续减少,减少趋势的持续性强度相当强。但各季表现差异,由 R/S 分析结果看,夏季年降水量减少趋势的持续性强度要高于春、秋季,与年降水量的趋势更为一致;同时冬季降水量增加趋势的持续性强度也高于其它季减少强度。

综上所述,黄河上游流域气温自 1960a 以来年、季平均气温在正常的年际间的波动中呈显著的上升趋势,并且这一趋势在未来仍将持续。而降水量的变化表现出减少趋势,季节变化差异明显,其中春季、夏季降水量变化趋势平缓,秋季则表现出明显的减少趋势,但冬季则以增加趋势为主,并经 R/S 分析知这种趋势还将继续。

5 结论与讨论

对黄河上游流域 1960~2008a 的年、季气温、降水量的变化趋势研究得出以下结论:

(1) 近 49a 来,黄河上游流域平均气温在正常的年际间呈显著的上升趋势,并以 $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速率增温;但春、夏、秋和冬季气温则表现出不同程度的升高趋势,特别是冬季气温倾向率($0.52^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)最大,气温升高最快,对全年气温升高的贡献也最大,证实了在全球变暖背景下冬季升温最明显的结论。

(2) 黄河上游流域年降水量减幅达 $0.23\text{mm}/10\text{a}$,虽然在 20 世纪 80 年代后期经历了一次较大幅度的下降过程,但总体上黄河上游流域近 49a 降水量下降的趋势并不明显,基本处于稳中有降。而春、夏、秋、冬四季降水量则分别以 -0.24 、 0.17 、 -0.96 、 $0.31\text{mm}/10\text{a}$ 的速率增加或减少,秋季降水量减少最为明显,而冬季的降水量则表现出微弱的上升趋势。

(3) 对黄河上游流域的气温、降水两大气候要素进行了 R/S 分析。结果表明,两大类气候要素的 Hurst 指数均大于 0.5,存在明显的赫斯特现象,即黄河上游流域气候变化存在着持续性;在过去 49a 中。各气候指标的年平均、季节的 H 值存在差异,变化趋势也不尽相同,因此未来趋势也有差异。黄河上游流域气温在年、季平均均呈上升趋势,而降水量则在冬季呈上升趋势,年平均和其它季节则呈下降趋势,这种趋势将保持下去。

在全球变暖的背景下,黄河上游流域的气候变化表现出气温升高,降水量减少的趋势,这一变化趋势

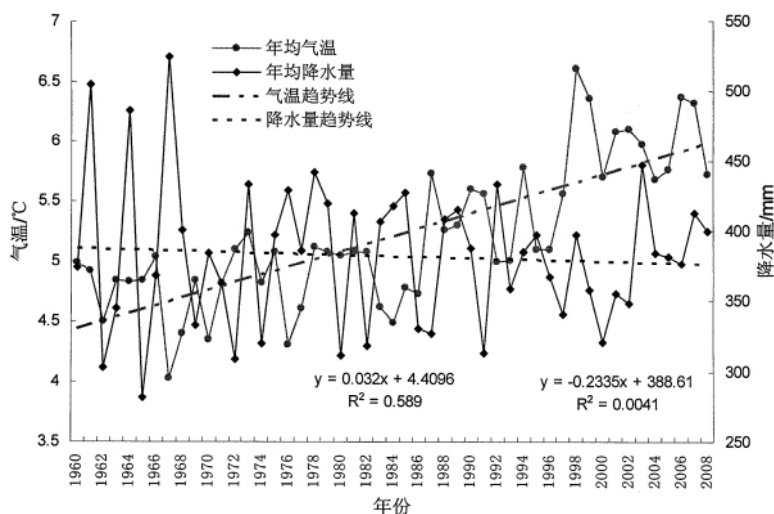


图 6 1960 - 2008 年黄河上游流域气温和降水量变化趋势

Fig. 6 Variation of annual mean temperature and annual precipitation in the upper Yellow River during 1960 - 2008

表 4 黄河上游各气候指标的 Hurst 指数

Tab. 4 Hurst indices of the climatic factors in the upper Yellow River

	春季	夏季	秋季	冬季	全年
气温	0.72	0.63	0.74	0.67	0.63
降水量	0.73	0.83	0.66	0.84	0.81

在20世纪90年代以来尤为突出;并且这种趋势在未来还将持续。

参考文献

- [1] IPCC Report. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability [R]. Summary for Policymakers. Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 中国气象局. 中国气候与环境演变 [M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [3] 叶柏生, 李翀, 杨大庆, 等. 我国过去50a来降水变化趋势及其对水资源的影响(1): 年系列 [J]. 冰川冻土, 2004, 26(5): 587-594.
- [4] 王遵娅, 丁一汇, 何金海, 等. 近50年来中国气候变化特征的再分析 [J]. 气象学报, 2004, 62(2): 228-236.
- [5] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近80年来气候变化特征及其形成机制 [J]. 气象学报, 2004, 62(5): 634-646.
- [6] 孙扬波, 孙凤, 刘吉峰, 等. 黄河流域应对气候变化的需求分析 [J]. 人民黄河, 2009, 31(4): 16-19.
- [7] 李林, 汪青春, 张国胜, 等. 黄河上游气候变化对地表水的影响 [J]. 地理学报, 2004, 59(5): 716-722.
- [8] 王国庆, 张建云, 贺瑞敏, 等. 黄河兰州上游地区降水、气温变化及趋势诊断 [J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(1): 77-81.
- [9] 郑红星. GIS支持下黄河流域水文循环时空演化规律研究 [D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2001.
- [10] 杨特群, 饶素秋, 陈冬伶. 1951年以来黄河流域气温和降水变化特点分析 [J]. 人民黄河, 2009, 31(10): 76-77.
- [11] 李道峰. 黄河河源区径流对气候和土地覆被变化的响应 [D]. 北京: 北京师范大学, 2003.
- [12] 贾文雄, 何元庆, 李宗省, 等. 祁连山区气候变化的区域差异特征及突变分析 [J]. 地理学报, 2008, 63(3): 257-269.
- [13] 孙霞, 吴自勤, 黄昀. 分形原理及其应用 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003.
- [14] 秦耀辰, 刘凯. 分形理论在地理学中的应用研究进展 [J]. 地理科学进展, 2003, 22(4): 426-436.
- [15] 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.
- [16] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近54年中国地面气温变化 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717-727.
- [17] 边多, 杜军. 近40年西藏“一江两河”流域气候变化特征 [J]. 应用气象学报, 2006, 17(2): 169-175.
- [18] 蓝永超, 林舒, 李州英, 等. 近50a来黄河上游水循环要素变化分析 [J]. 中国沙漠, 2006, 26(5): 849-854.

Characteristics of climate chang and future trend in the upper Yellow River basin from 1960 to 2008

MA Xuening¹, ZHANG Mingjun^{1,2}, HUANG Xiaoyan¹, MA Qian¹, PAN Shukun¹

(1. College of Geography and Environment Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, P. R. China; 2. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences/Tianshan Glaciological Station, Lanzhou 730000, P. R. China)

Abstract: Using monthly mean temperature and monthly mean precipitation data from 25 weather stations in the upper Yellow River from 1960 to 2008, climatic linear trend, moving average, accum - ulated variance and R/S analysis methods were used to study the climatic changing trend. The main findings were summarized as follows: (1) Annual and seasond temperatures presented different degree of increasing trend, since the nineties of the 20th century it was more obvious, and with the trend of the most prominent winter heating in upper Yellow River from 1960 to 2008. (2) Precipitation was more in the 1960s, then gradually reduced, since 2000 it was significantly increased, and there existed significant difference change trend of the four seasons. In spring and summer precipitation changes were less, autumn showed decreasing trends, winter showed increasing trend but there were not statistically significant. (3) Compared with the previous studies, we found temperatures was increasing, precipitation showed reduceing trendy. On this basis, using the R/S analysis the climate trend forecast results showed that temperature and precipitation has obvious Hurst phenomenon, and the future climate change trend is same with the past 49 years.

Key words: upper Yellow River; temperature chang; precipitation chang; R/S analysis