

文章编号: 1006-4354 (2009) 01-0023-04

汉阴县近 46 年气候变化特征

张宏芳^{1,2}, 潘留杰²

(1. 汉阴县气象局, 陕西汉阴 725200; 2. 南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044)

摘要: 基于 1960—2005 年汉阴县的气温及降水资料, 采用线性拟合和谐波分析方法, 分析汉阴县近 46 a 的气候变化。结果表明: 近 46 a 汉阴县年平均气温总体呈上升趋势, 温度年代际振荡冷暖交替明显, 温度年际变化的主要贡献为年循环分量; 降水的波动性较大, 降水偏少、偏多年代和温度呈反位相, 温度和降水存在准 10 a 振荡周期; 46 a 内有明显的气候跃变, 20 世纪 80 年代跃变尤其显著, 气温的跃变比降水振幅更大, 其趋势与我国西北地区近 50 a 气候变化基本一致。此外, 谐波分析显示降水的年循环分量较温度明显偏弱, 降水的随机波动对年际降水影响更强。

关键词: 汉阴; 气候变化; 谐波分析; 线性倾向

中图分类号: P467

文献标识码: A

了解和掌握气候变化规律及其趋势有助于科学决策和有效的利用气候资源。气象科技工作者对中国近代气候规律做了不少研究^[1-6]。于淑秋等^[2]研究我国西北近 50 a 降水和温度变化, 指出西北地区在 1986 年附近发生了一次明显的气候跃变, 比全国气候跃变晚 6~8 a, 跃变后比跃变前全区平均温度上升 0.51 °C, 降水总量上升 5.2%。王绍武等^[3]研究发现近百年来全球气候变化的主要特征是变暖, 全球变暖速率约为 0.5 °C/(100 a)。白爱娟等^[4]采用 REOF 方法, 分析陕西近 50 a 降水区域变化特征, 指出陕西省过去 50 a 降水量有显著的北少南多特征, 陕南在夏季和冬季降水量还略有增加。马明敏等^[5]研究近 47 a 沈阳局地气候变化特征, 指出近 47 a, 沈阳平均气温上升显著, 年降水量整体呈下降趋势。本文基于汉阴县近 46 a 气象资料, 对气候变化(气温、降水)特征初步研究, 以期揭示其气候变化规律, 探索其成因以及演变趋势, 为长期气候预测、合理开发和利用气候资源提供依据。

1 资料和方法

资料为汉阴县气象站 1960—2005 年降水和气温。1967 年 9—10 月、1968 年 5—10 月资料缺

测, 分析时用其余年份的均值代替缺测月降水量、温度平均值。

气象要素资料序列趋势分析时, 可用一维时间序列做线性倾向估计, 也可用最小二乘法曲线拟合, 拟合时不超过 20 阶^[7]。本文采用 6 阶曲线拟合, 可以大致看出年代际变化。用 y_t 表示样本量为 N 的某一变量 t 时刻气象要素观测值, 用 x_t 表示气象要素在样本 N 中时间序列, 则 y_t 可以表示为 x_t 的函数:

$$y_t = b_0 + \sum_{n=1}^{m=k} b_n x_t^n + \epsilon, \quad (1)$$

m 表示阶数 ($m \leq N$), ϵ 表示剩余误差。用 N 对 (y_t, x_t) 值估计出 b_0, b_m , 用 y 表示回归方程计算值, 略去 ϵ 后, k 阶回归表达式为:

$$y = b_0 + \sum_{n=1}^{m=k} b_n x^n, \quad (2)$$

式中 b_0 为回归常数, b_m 为回归系数, 特别是当 $m=1$ 时, 回归系数 b_1 表示要素 y 随时间变化的倾向。

资料年际分析的另一种方法是谐波分析, 谐波分析可识别整个时段的频率特征, 而且通过谐波分析从原始资料中滤去年循环的成分, 可以更

收稿日期: 2008-08-06

作者简介: 张宏芳 (1981—), 女, 陕西平利人, 学士, 助理工程师, 从事天气预报和管理。

清楚的看出来源于高频的天气噪声对气候的影响。

离散的等时间间隔序列 $x_1, x_2 \cdots x_t \cdots x_n$, 可以用 $[0, N]$ 上的函数 $\sin \frac{2k\pi kt}{N}$, $\cos \frac{2k\pi kt}{N}$ 的级数表示, 展开式为:

$$x_t = a_0 + \sum_{k=1}^k (a_k \cos \frac{2k\pi kt}{N} + b_k \sin \frac{2k\pi kt}{N}), \quad (3)$$

其中 k 为波数, $a_k = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x_t \cos \frac{2k\pi kt}{N}$,

$b_k = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x_t \sin \frac{2k\pi kt}{N}$, a_0 为当波数为 0, $\cos \frac{2k\pi kt}{N}$ 等

于 1 时的值, 表达式为 $a_0 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_t$ 。波 1 和波 2 表示周期为 1 a 和 0.5 a 的分量, 波 3 和波 4 通常反映辐射通量和行星反射率。本文中采用前 8 个谐波分量合成来表示年循环。

2 气候特征分析

2.1 气温

用最小二乘法计算得出温度拟合如图 1 所示, 可以看到, 近 46 a 汉阴县平均气温呈上升趋势, 特别是 20 世纪 90 年代以后, 气温上升更加明显。平均倾向率为 $0.041^\circ\text{C}/(10 \text{ a})$, 这和林学椿^[6]研究的我国气温变化趋势 $0.04^\circ\text{C}/(10 \text{ a})$ 十分近似。同时, 温度具有阶段性跳跃变化, 1967—1968 年、1976—1978 年、1996—1998 年, 温度出现三次大的跃变, 其中第二次跃变与文献 [2] 中指出的中国年代际气候跃变时间十分一致, 落后西北区域气候跃变 7~8 a, 西北气候跃变时段内, 汉阴气温波动较大。从 6 阶拟合曲线来看, 1960—2005 年汉阴县气温的年代际变化十分明显, 经历 2 个相对冷期和暖期, 60 年代温度偏低, 70 年代偏高, 80 年代出现了持续相对冷期, 90 年代后温

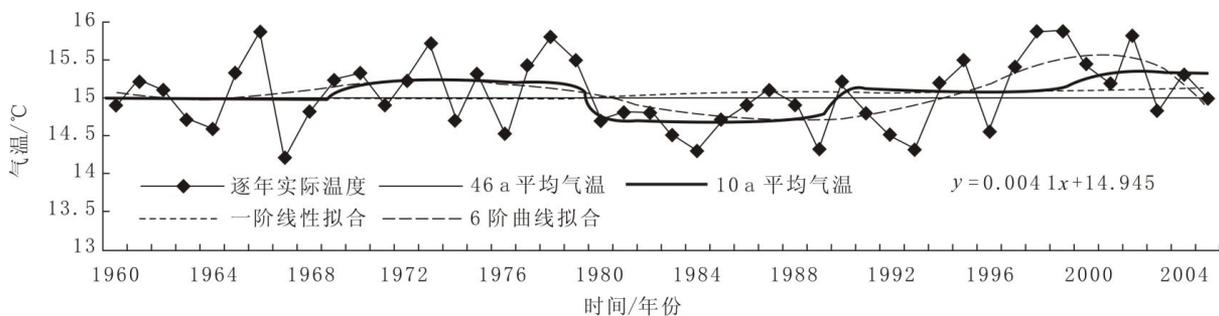


图 1 汉阴县 1960—2005 年年平均温度趋势图

度呈较大幅度增长。从表 1 可以看出, 90 年代以后的增温率远远超出 70 年代的增温率, 其增温率和于淑秋^[2]指出的西北地区气候跃变后的增温率基本一致。

表 1 汉阴县年平均温度年代际变化

年代	年平均温度/ $^\circ\text{C}$	增温率/ $^\circ\text{C}/(10 \text{ a})$
1961—1970	15.0	-0.018
1971—1980	15.2	0.370
1981—1990	14.7	0.012
1991—2005	15.2	0.470

图 2 为汉阴县 46 a 年逐日累计温度平均谐波分析图 (一年按 366 d 计算)。原始资料中包含着大于一天的各种时间尺度成分, 天气扰动成分

仅是其中的一部分。另一部分来源于缓慢变化的外部强迫, 通过谐波分析可以看出要素受随机因子影响的强弱, 反映要素的长期潜在可预报性。由图 2 可以看出, 汉阴的温度逐日变化中, 年循环的贡献是最主要的。前 8 个谐波分量合成与波 1 (图略) 十分近似。从实况资料可以看出, 汉阴春季升温较慢, 秋季降温迅速。随机因子的影响在 5—6 月和 12 月最强且均为负贡献, 导致用动力学气候模式模拟时模拟值比实际观测值偏高。

2.2 降水

从图 3 可看出, 近 46 a 汉阴降水量总体略呈上升趋势, 与白爱娟^[4]分析的陕南近 50 a 降水趋势一致, 其线性拟合倾向率为 $4.818 \text{ mm}/(10 \text{ a})$,

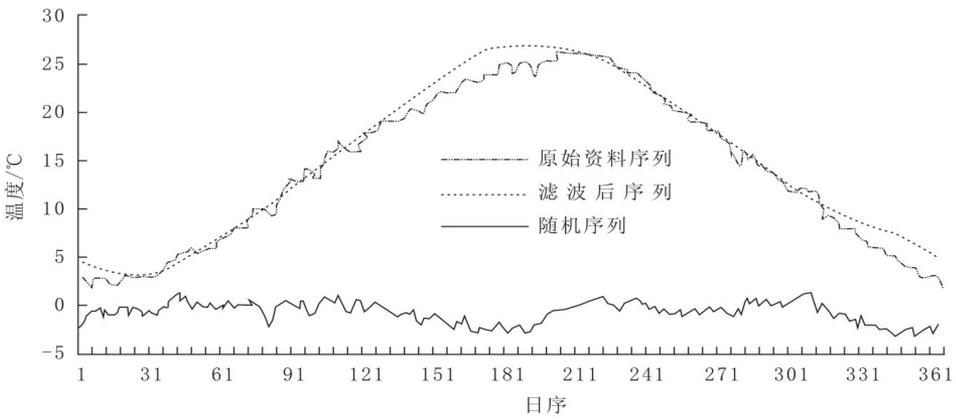


图2 汉阴县46 a年逐日累计温度平均谐波分析图

与于淑秋^[2]分析的我国西北地区50 a降水变化也基本吻合。在温度跃变点上,降水也相应产生大的跳跃,但不如温度明显,且在时间上也不完全一致。从6阶拟合曲线可以看出,降水的变化趋势和温度的变化趋势大致呈反位相,温度偏低的年代降水偏多,温度偏高的年代降水偏少。年

代际降水趋势呈典型的波动型,20世纪60年代平均降水偏多,距平为18.9 mm;70年代距平为-5.4 mm;80年代明显偏多,距平为140.0 mm;90年代降水距平偏少,然后又呈上升趋势。从降水趋势拟合线大致可以看出,汉阴降水量具有准10 a的周期振荡。

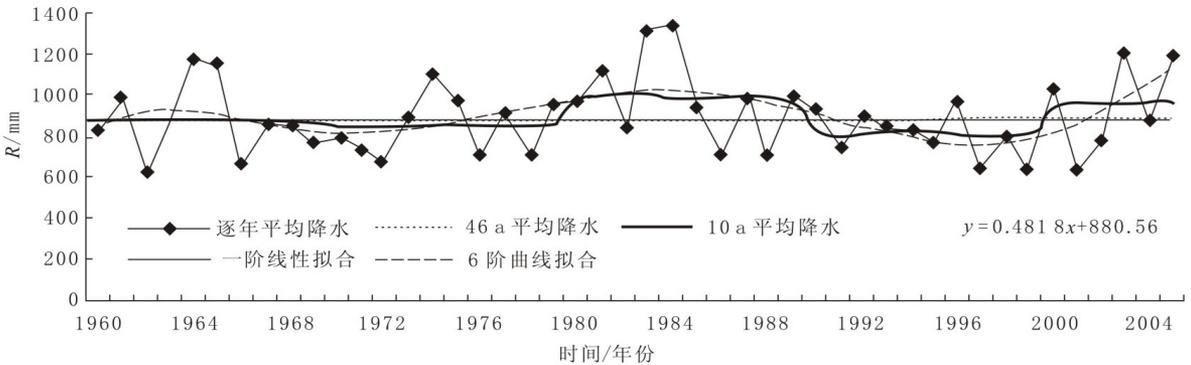


图3 汉阴县1960—2005年年降水趋势图

图4为汉阴县46 a年逐日累计降水平均实况和用最小二乘法得出的6阶拟合曲线(一年按366 d计算),46 a年逐日累计降水计算公式为 $R(j) = \frac{1}{46} \sum_{i=1}^{46} R(i, j)$,其中, i 为年份, j 为日期。从图4可以看出降水量具有很大的年际变率,年循环波动较温度更大,年降水量逐日平均总体呈正态分布,但包含很多季节性波动。

从谐波分析图5可以明确看出降水量的季节性变化,降水在3月开始增加,最大值出现在6月左右,5、7月降水量相对较少,到8月左右出现第2个降水峰值。谐波分析较好的表示出降水波动的年循环分量,但是在冬季日平均降水量趋于0.0 mm。与图2相比,降水随机序列的振幅较温度明显偏大,同时,滤去年循环后的随机序列夏季加大了降水振幅,冬季使降水振幅趋于平缓。

前8个波叠加可以看出年循环的总体趋势,

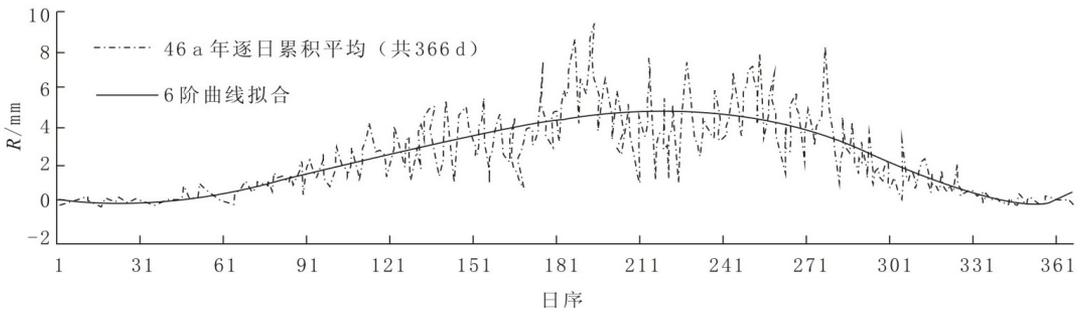


图 4 汉阴县 1960—2005 年年逐日累积降水平均趋势图

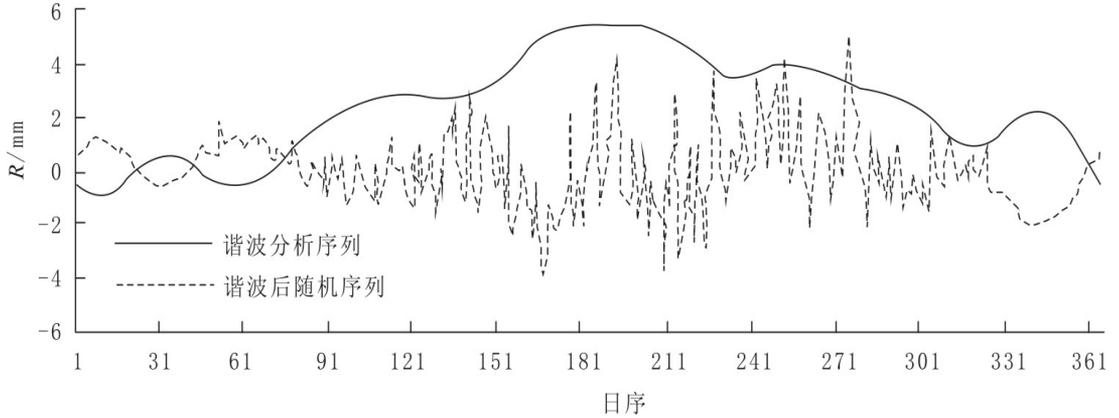


图 5 汉阴县 46 a 年逐日累积降水平均谐波分析图

3 小结

3.1 汉阴县近 46 a 平均气温呈上升趋势，倾向率为 $0.04^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ ，温度具有很大年代际振荡，年代际冷、暖期交替明显，20 世纪 60 年代为冷期，70 年代为暖期，80 年代显著偏冷，90 年代后增温明显。近 46 a 有明显的气候跃变，70 年代末跃变尤其显著，气温的跃变比降水振幅更大，跃变时间较西北地区提前 7~8 a，与全国气候跃变时间基本同步。

3.2 谐波分析显示，年循环为汉阴气温年际变化的主要贡献，年循环与历年平均的差值仅在 5 月和 12 月出现较大偏差，且均为负值。为使用年循环做温度长期预报提供了较好统计依据。

3.3 汉阴县近 46 a 降水量略呈上升趋势，倾向率为 $4.818\text{ mm}/(10\text{ a})$ ，整体趋势和西北降水变化趋势一致。6 阶曲线拟合表明，降水量偏少、偏多年份与温度的年代际变化大致呈反位相。

3.4 降水的年循环比温度具有更大的波动，表明降水的长期预报性更弱，包括的随机振荡更多，夏

季随机波动分量使降水振幅增加，冬季使降水振幅趋于平缓，总体表明使用年循环来做长期降水预报可能会有较大偏差。

参考文献：

- [1] 吴洪宝, 吴蕾. 气候变率诊断和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 193-197.
- [2] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 我国西北地区近 50 年降水和温度的变化 [J]. 气候与环境研, 2003, 8 (1): 9-17.
- [3] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究 [J]. 气象学报, 1994, 52 (3): 261-273.
- [4] 白爱娟, 施能, 方建刚. 陕西省降水量变化的区域特征分析 [J]. 高原气象, 2005, 24 (4): 636-641.
- [5] 马明敏, 姜晓艳, 刘树华, 等. 近 47 年城市化发展对沈阳区域局地气候的影响研究 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2007, 44 (1): 108-114.
- [6] 林学椿. 近 40 年我国气候趋势 [J]. 气象, 1990, 16 (10): 16-21.
- [7] 徐士良. Fortran 算法程序集 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1995: 341-114, 346.