

陕西省降水量变化及其影响分析

卫旭东¹, 刘引鸽¹, 缪启龙²

(1. 宝鸡文理学院 灾害监测与机理模拟陕西省重点实验室, 陕西 宝鸡 721007)

2 南京气象学院 资源环境系, 江苏 南京 210044)

摘要: 利用陕西省 20 个测站 1951—2000 年(4—9 月)的降水资料, 用相关统计方法, 分析了陕西省降水量的变化特征, 并对降水量进行了预测。结果表明, 4—9 月降水量呈减少趋势, 尤以 20 世纪 90 年代降水量减少最为显著。预测表明 21 世纪前 10a 陕西省降水量有增加趋势。同时分析了降水变化对河川径流、沙漠化及水土流失的可能影响。

关键词: 降水量; 统计分析; 变化趋势; 影响

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2004)04—0040—04

中图分类号: P333.1

Influences On Changes of Precipitation in Shaanxi Province

WEI Xu-dong¹, LIU Yin-ge¹, MIAO Qi-long²

(1. Key Lab of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating in

Shaanxi Province, Baoji College of Arts and Science, Baoji 721007, Shaanxi Province, China;

2 Department of Environment Science, Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044, Jiangsu Province, China)

Abstract: Annual and monthly (April to September) precipitation data from 20 stations in Shaanxi Province for the period 1951 to 2000 are used in relative statistical calculations. The characteristics of rainfall stability and change revealed by these calculations are analyzed. Results show that average precipitation has changed little, but there have been short and long periods of the change, with change particularly evident in the 1990s. Precipitation trends are forecasted, and further analysis reveals that precipitation will tend toward an increase in the period 2001-2010. Finally, the influence of rainfall on river flow, soil and water loss and desertification are analyzed.

Keywords: precipitation; statistical analysis; change tendency; influence

水资源是人类生存的必要条件, 是决定植被分布的关键因素。地带性植被就是靠降水中不能形成径流的降水维持生命, 包括维持植物生长环境的土壤蒸发需水。少雨干旱, 缺土壤水, 常常是生态环境难以恢复的一种原因^[1-2]。降水量是水资源的重要来源, 在很大程度上受气候变化制约, 气候变化不仅可以改变降水资源的时空分布, 而且对人类的生存环境构成威胁^[3]。随着陕西省工农业的发展, 水资源问题日益严重, 给陕西省人民的生产生活等造成了严重威胁。结合降水量变化分析陕西省水资源的变化趋势是水资源可持续利用的基础。陕西省水资源补给以降水资源为主, 地表径流的分布受降水、地形、植被、土壤、地质及人类活动等多种因素的影响, 其中降水量是主要影响因素。降水量变化波动, 就会引起陕西省及渭河流域的强烈社会经济反响。因此, 分析陕西省降水的变化趋势对陕西省水资源的合理开发利用、流域治理规划等有重要意义。

1 资料和方法

陕西省降水量大部分集中在 4—9 月, 占年降水量的 80% 以上, 对社会经济环境影响较大。本文采用陕西省 20 个站点 4—9 月降水量资料, 资料年限为 1950—2000 年, 分陕北、关中、陕南 3 个地区进行相关统计量的计算分析。

降水量距平百分率绝对值的平均 k_1

$$k_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |r_i - \bar{r}| / \bar{r}$$

降水量的平均偏态系数 c_s

$$c_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^3 / s^3$$

降水量的平均变差系数 c_v 、降水指数 I_i

$$I_i = \frac{6}{c_s} \left(\frac{c_s \psi_i + 1}{2} \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{c_s} + \frac{c_s \psi_i}{6} = \frac{r_i - \bar{r}}{\sigma}$$

式中: r_i ($i = 1, 2, \dots, n$) —— 历年降水量序列; \bar{r} ——

平均降水量; n ——历史降水量序列样本容量;
 ψ_i ——标准化序列。

用线性倾向估计降水量变化趋势, 建立时间和降水的回归分析。用谐波和功率谱分析陕西省降水周期, 用估计降水量的回归方程进行拟合并预测降水变化趋势, 回归方程为:

$$r_j = a_0 + \sum_{m=1}^k (a_m \cos \frac{2m\pi j}{m} + b_m \sin \frac{2m\pi j}{m})$$

(0 j n, 1 m k)

式中: k ——为主要周期的个数; a_0, a_m, b_m ——分别为方程的回归系数。

2 降水量变化分析

2.1 降水量的稳定性分析

通过对陕北、关中、陕南平均降水量 R 、均方差 s 、月降水量累年距平百分率绝对值的平均 k_1 、降水量的平均偏态系数 c_s 、月降水量平均变差系数 c_v 统计计算由表 1 可看出, 陕西省平均降水量为 516.94mm, 降水量由北向南减少。陕北平均降水量最少为 397.5mm, 降水量围绕平均值变化幅度较小。陕南平均降水量为 677.05mm, 而且降水量变化幅度较大, 关中介于两者之间。

陕北、关中、陕南 3 地区 k_1 在 18.78% ~ 19.58% 之间, 表明了这 3 个地区的降水量变化不大, 其降水量都比较稳定。在雨季 4—9 月降水量包括多次独立降水过程, 比较容易接近正态分布, 关中 c_s 较小为 0.219, 降水接近正态分布 (正态分布 $c_s = 0$)。陕南的 c_s 最大为 1.22, 降水偏离正态分布, 说明陕南春末至秋初确实受某一起主导作用因素控制, 影响降水量的变化。3 个地区 c_v 都较小, 而且相同, 也说明陕西省降水量比较稳定。3 个地区降水量的频率分布形式多属于正偏, 降水量出现负距平的次数略高于正距平的次数, 降水负距平占总年数百分率大致相同为 58%, 大旱出现频率为 14% 左右。

表 1 陕西省 1951—2000 年 4—9 月降水量变化值

变量	R /mm	s	k_1 /%	c_s	c_v
陕北	397.50	97.85	19.58	0.687	0.246
关中	435.28	107.62	19.42	0.219	0.247
陕南	677.05	164.11	18.78	1.220	0.243
陕西	516.94	96.38	14.40	0.933	0.816

2.2 降水量变化趋势

用线性倾向估计研究陕西降水量序列的变化趋势, 计算结果见 (表 2)。可以看出, 倾向值和相关系数都为负, 表明 50 a 来, 陕西省 4—9 月降水量均呈下降

趋势, 其中陕北下降趋势明显, 相关系数超过 0.05 显著性水平, 关中、陕南降水量虽然也趋于下降, 但趋势不明显, 陕南的降水量下降最不明显, 陕西省降水与西北降水趋势一致。

表 2 降水量变化趋势

项目	陕北	关中	陕南	陕西	西北
趋势系数	-1.743	-1.497	-0.778	-1.308	-0.327
回归系数	-0.257	-0.201	-0.068	-0.195	-0.149

陕西省降水不但呈减少趋势, 而且具有时段性和年代际变化, 从历年降水距平变化图 1 可以看出: 陕北 1958—1969 年为多雨时段, 平均降水量为 470.5mm, 1970—2000 年基本处于少雨时段, 平均降水量为 374.5mm, 期间出现 3 a 多雨。

关中 1955—1958 年, 1981—1984 年为 2 段短暂的多雨时段, 平均降水量为 560.6mm, 1985 年后一直处于少雨时段, 平均降水量为 403.4mm。陕南出现短暂的 2 个多雨时段为 1956—1958 年, 1980—1984 年, 平均降水量为 959.2mm, 1984 年后基本上为少雨时段, 平均降水量为 616.3mm。陕北、关中多雨期降水量比少雨期大 100mm 以上, 陕南达 300mm 以上。

从滑动平均线看, 陕北以 20 世纪 50 年代后期 70 年代前期, 90 年代为干旱期, 关中以 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期降水基本处于平衡状态, 70 年代后期至 80 年代前期, 90 年代为干旱期, 陕南以 20 世纪 50—80 年代降水处于旱涝波动状态, 90 年代为干旱期, 3 个区干旱化都在增加, 陕北干旱化增加较快, 3 个地区从 1980 年后都一直处于少雨时段, 干旱呈增加趋势, 说明陕西省的抗旱任务是艰巨而持久的, 水资源问题严重。

2.3 降水量趋势预测

我们用功率谱方法对陕西省降水量进行了预测 (见图 2)。首先分析了陕西省降水指数的变化周期, 取 $n = 50, p = 25$, 计算出陕西省 4—9 月降水有 2, 17, 25 a 的显著周期, 2.5~5, 8.2, 10 a 的一般周期 (见图 2), 这 7 个周期的方差贡献之和为 80.4%, 能够表达这一历史序列的波动变化。

将这 6 个周期叠加拟合得到降水指数序列的拟合线, 延续到 2010 年 (图 3), 从拟合程度看, 有 5 次出现方向上错, 3 次将旱预测成涝, 从趋势上看, 拟合准确率为 88%, 还是能较好地预测陕西省降水量的变化趋势。由图 3 可以看出, 21 世纪前 10 a 陕西省气候特征为偏涝期, 即干旱状况有所减缓, 降水资源会有增加趋势。

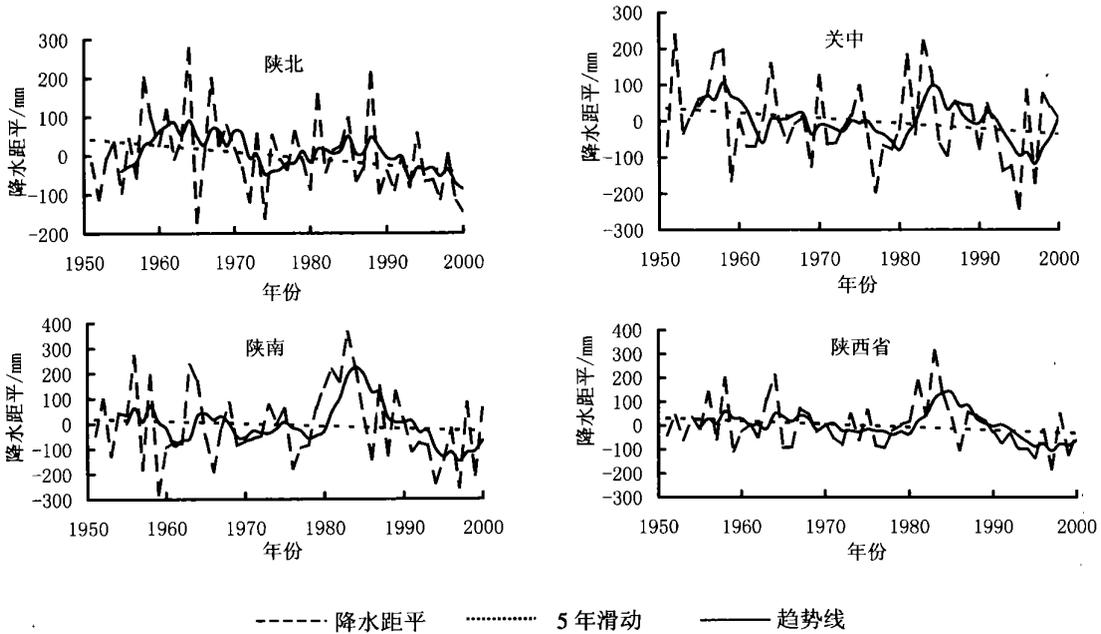


图 1 陕西省 4—9 月降水量时间变化

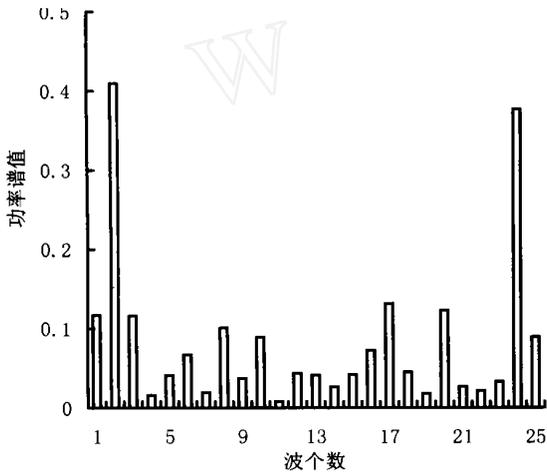


图 2 陕西省降水量功率谱分析

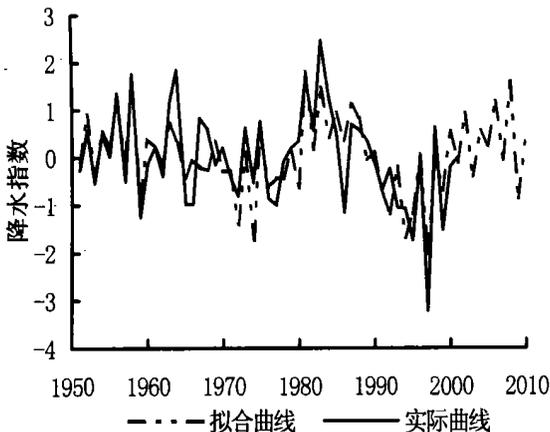


图 3 陕西省降水指数拟合预测

3 降水变化对环境的影响

造成陕西省水环境问题的原因有多方面,通常主要表现在人为因素和自然因素两个方面^[6-7]。在自然因素中,以降水量的影响最为突出。水土流失降低水资源的可利用性能,年降水量的减少对水土流失和水环境有多方面影响。

3.1 降水变化对河川径流的影响

由于 50 a 来陕西省降水量的变化,尤其是 1986 年以来,关中地区年平均降水量比多年平均减少了 32%,同期沿渭河工程引水量增加,造成年平均径流量比 20 世纪 80 年代前减少 40.8% 以上,最少径流量在 $1.00 \times 10^9 \text{ m}^3$ 以下,枯水年份农业灌区和城镇用水常年出现紧张局势。陕西省河川径流主要由年降水补给而形成,因而径流的多年变化过程基本上与降水的多年变化过程相似。陕西省受季风气候影响显著^[8],由于各年间季风强弱变化不同,逐年降水量与降水过程的变化幅度很大。雨量稀少之年,往往是蒸发旺盛之年,这就使得年径流量逐年悬殊很大,丰枯年径流量之间相差接近 10 倍。降水枯年,经常出现河流断流现象。在降水量丰年,河流具有夏季河流泛滥的基本特征。

地表径流的分布受自然地理综合作用以及人类经济活动的影响,气候因素是其中最重要的因素之一,在很大程度上决定着地表径流的空间分布。陕西省径流与降水量的分布总趋势大体一致,径流与降水的高低区彼此对应。

陕西省降水量变化趋势为陕南湿润多雨地区, 年降水量 800~1600mm, 包括渭河以南的秦岭北坡和嘉陵江、汉江及丹江上游的广大地区。关中平原半湿润足雨区, 年降水量 600~800mm, 主要指渭河平原。陕北半干旱少雨区, 年降水量在黄土高原为 600~450mm, 径流量相应也有 3 个区, 自南而北, 径流量随纬度增加呈减少趋势。陕南秦岭山地是全省多雨地区, 也是地表径流最丰富的地区, 年径流深均在全省平均径流深以上, 形成了 2 个高径流区和 2 个次高径流区以及 3 个相对的径流低区。

高、低径流区自南而北交错分布, 在冷水河、灞水河上游的米仓山地区, 多年平均降水量高达 1400mm, 成为全省最大降水中心。在南端的镇坪地区, 径流深大于 1000mm, 也是一个径流高值区。在秦岭南坡的留坝、佛坪、宁陕一带和旬河下游与金线河中、下游之间的地区, 形成 2 个相对径流高区, 径流深在 400mm 以上。汉江谷地勉县、石泉、旬阳、白河一带, 降水量相对较少, 蒸发相对较大, 形成径流低区, 径流深低于 400mm 以上。在秦岭南坡西端的太白山和终南山是 2 个多雨中心, 多年平均降水量在 900mm 以上, 对应形成了 2 个径流高区, 多年平均径流均在 600mm 以上。关中平原, 地形平坦, 耕作发达, 蒸发旺盛, 蒸发量大于降水量的 2 倍多, 形成低径流区, 其径流深在 50mm 以下。陕北也有 2 个径流高区, 黄龙山区处于暴雨区中心, 径流深在 100mm 以上。榆溪河、秃尾河及窟野河中、下游地区, 也处于暴雨中心, 形成陕北最高径流区, 径流深也在 100mm 以上。陕北还有 2 个径流低区, 一个是内陆沙漠区, 降雨量小而蒸发量大, 形成全省最低径流区, 年径流量只有 10mm, 富县、甘泉一带形成全省次低径流区, 径流深低于 25mm。由此, 全省形成 8 个高径流区和 6 个低径流区, 高、低径流区的数值随降水量变化由南向北减少。

3.2 降水变化对沙漠化及水土流失作用

河流含沙量大小受气候、降水、径流、流域下垫面人类活动等因素影响。陕西省处于黄河中游, 河床不稳定, 多为泥沙河流, 降水量的减少会加大干旱化的发生, 增加了含沙量的来源, 从而加大沙漠化的速度。在平地上一旦干旱时期到来, 地表肥力下降, 农田庄稼不能生长, 而开垦后疏松了的土地又没有植被保护, 很容易受到风蚀, 结果表层肥沃土壤被吹走, 而沙砾存留下来, 产生沙漠化现象。

畜牧业也有类似的现象, 牧业超过草场的负荷能力, 在干旱年份牧草稀疏, 土地表层被牲畜践踏破坏, 也同样发生严重风蚀, 引起沙漠化现象的发生。陕北

是陕西省水土流失严重地区, 这与陕北降水集中, 而且变率大, 降水量少, 干旱化严重密切相关, 叠加植被覆盖率低, 不合理的人类活动作用, 雨水不能被拦截, 更加重了水土流失现象的发生。少雨干旱多风使原本脆弱的生态环境受到致命的打击, 贫瘠的土地随着干旱进一步恶化, 将加速风蚀发生和水土流失发生。暴雨也是造成水土流失的原因之一, 预测表明陕西省降水有增加趋势, 降水量的增加会加大洪涝灾害的发生频率, 洪水期含沙量增大。因此, 陕西省的抗旱、防洪、水土保持任务还是艰巨的。

4 结 论

近 50 a 来陕西省降水量呈减少趋势, 尤其 20 世纪 90 年代递减趋势最明显, 自南向北降水量也呈递减趋势。降水量变化对陕西省的生态环境影响非常严重, 从而威胁着陕西省工农业生产和经济发展。陕西省总耕地面积 $3.93 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 可发展的灌溉面积为 $2.43 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 平均 1 hm^2 耕地用水 10950 m^3 , 加之天然降水量 $1.39 \times 10^{11} \text{ m}^3$, 可以满足农作物对水分的要求。但是, 由于自然地理条件复杂, 水土资源分布很不平衡, 降水、径流量的分配与农作物的需水时间不相适应, 山区水多耕地少, 需水量有限, 平原区地多水少, 需水量很大, 缺水严重。因此, 加强水土保持防治, 保持土壤肥力, 加大水资源管理和合理调配, 根据降水量的变化趋势, 进行农业生产方式的改变, 实行人工调节径流, 雨水资源化, 充分利用仅有的降水资源, 是陕西省社会经济可持续发展的关键。

[参 考 文 献]

- [1] 张岩, 张清春, 刘宝元. 降水变化对陕北黄土高原植被覆盖度和高度的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 268—272
- [2] 袁嘉祖, 闵庆文. 水是西北地区生态环境重建的根本[J]. 自然资源学报, 2001, 16(6): 511—515
- [3] 刘引鸽. 西北干旱灾害及其气候趋势[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(4): 113—116
- [4] 黄嘉佑, 李黄. 气象中的谱分析[M]. 北京: 气象出版社, 1984
- [5] 杨位钦, 顾岚. 时间序列分析与动态数据建模[M]. 北京: 北京工业学院出版, 1986
- [6] 王建群, 卢志华. 土地利用变化对水文系统的影响研究[J]. 地球科学进展, 2003, 18(2): 292—298
- [7] 秦大河, 丁一汇, 王绍武, 等. 中国西部环境变化与对策[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 314—319
- [8] 陕西省减灾协会. 陕西重大自然灾害综合研究与防御对策[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1993