

中国黄土高原地区典型旱涝年降水特征

王毅荣^{1,2}

(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, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省定西市气象局, 甘肃 定西 743000)

摘要: 利用黄土高原 40 a 降水资料, 采用 EOF、小波分析和计算分维数等方法, 确定典型旱涝年份, 分析典型旱涝年降水量和频次变化特征。结果表明, 黄土高原涝年降雨量自西向东递增, 旱年由北向南递增; 年降水频次时间分布的分维数涝年大于旱年, 涝年降水间隔变化复杂程度超过旱年; 旱涝年降水频次变化的周期谱存在较明显差异, 涝年周期复杂, 以短周期为主要特点, 旱年长周期突出; 大地形在涝年对降水的再分配能力远大于旱年; 旱涝年降水频次的差异上大雨以上降水更为明显。

关键词: 黄土高原; 典型旱涝年; 降水; 时空特征

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2006)02—0017—04

中图分类号: P461

Rainfall Variations of Typical Drought and Waterlog in Loess Plateau of China

WANG Yi-rong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, Gansu Province, China; 2. Meteorological Bureau of Dingxi, Dingxi 743000, Gansu Province, China)

Abstract: By investigating distribution and change of rainfall from 1961 to 2000 with analyses of empirical orthogonal function, wavelet and fractal dimension, the typical drought and waterlog were confirmed. Results showed that the amount of rainfall increased from the west to the east in the Loess Plateau in waterlog year, and from the north to the south in drought year. The fractal dimension of waterlog rainfall frequency was bigger than that of drought year. The interval of rainfall was more complicated in the waterlog year than in drought year. The rainfall frequency had differences between drought and waterlog year. The short variation period was dominant in waterlog year, and long period in drought year. The power of distributed rainfall by mountains was stronger in waterlog year than in drought year. Heavy rain frequency was much more variable in waterlog year than drought year.

Keywords: the Loess Plateau; typical drought and waterlog; rainfall; variations

黄土高原位于黄河中上游和海河上游地区, 东起太行山, 西至日月山, 南界秦岭, 北抵鄂尔多斯高原^[1]。黄土高原是华北季风区向西北干旱过渡地带, 发生干旱和强降水的频次较高, 干旱和洪涝是该地区的主要气候灾害^[2-5], 黄土高原降水资源的独特时空差别, 干旱年份有些地方总降水不足 80 mm, 过涝年份有些地方达到 1 262 mm, 年际变化十分悬殊, 大旱、特涝造成的灾害却十分严重。对于黄土高原地区旱涝的气候变化已有研究^[6-8], 而对于典型旱涝年分析却较少。

气候层次和分数维的观点认为分数维是气候系统结构的特征^[9-10], 是气候系统中尺度变换后的不变量; 气候系统是多层次的, 低层次上存在许多涨落,

冲淡了大尺度变化的趋势, 不同的气候层次有着不同的分维数, 气候变化在低层次(分维值较大)上不确定, 而在高层次(分维值较小), 由于它将低层次的信息进行了压缩(分维值由大变小), 使得气候变化的规律更易从高层次上发现。本文对高原典型旱涝年降水空间分布和分维特征进行了一些研究。

1 资料与方法

本文利用了中国黄土高原区域内 51 个分布均匀的观测站 1961—2000 年 40 a 降水实测资料。为提取大雨频数变化的主要时空信息, 采用了 EOF(经验正交分解函数)^[11]分解方法和小波分析技术^[6,12]和计算分维数^[13-14]。

收稿日期: 2004-12-09

资助项目: 科技部公益项目(2005DIB3J100); 国家自然科学基金项目(40205014); 兰州区域气象中心开放实验室项目共同资助

作者简介: 王毅荣(1967—), 男(汉族), 甘肃定西市人, 高级工程师, 主要从事天气气候、应用气象和计算机软件工程研究。

E-mail: weric@sina.com.

分维数是描述具有相似结构分形^[15]的主要特征量,当尺度(标度)改变时它的结构具有不变性,具有这种特点的几何图形称为分形,这种分布在标度改变过程中呈现出自相似性,按统计规律分布的定量表示即是该系统的分形维数(Fractal Dimension)。在一般情况下分形的维数不是整数而是分数。对于一个客体,如果其特征线度(标度)为 r ,与 r 有关的相关函数(样本数)为 $N(r)$,而 $N(r)$ 与 r 之间满足关系:

$$N = C / r^D$$

式中: C ——待定常数,则 D 称为客体的分数维。如果 D 为常量,则相关函数 $N(r)$ 对特征线度 r 的依赖性在双对数坐标上呈现为一条直线,即 $\ln N(r) = \ln C - D \ln r$ 。

2 黄土高原旱涝时空特点

2.1 黄土高原旱涝的基本特点

对高原 51 站 40 a 降水量序列资料进行 EOF 分解,EOF1 解释了总方差的 45.78%,其反映年降水场

的最主要信息特征,其空间分布最显著的特征是场值符号全区一致,最大值在吴旗一带,表明高原地区年降水变化一致性,吴旗点具有代表性。

图 1 黄土高原地区年降水的 PC1 时间曲线(a)及其小波分析图(b)给出 EOF1 的时间系数 PC1 及其小波分析(实部),在准 7 a 尺度上小波图中存在正负阶段,界线大致位置在 1981 年附近,看到在 1981 年之前,以正距平为主,之后负距平占优势,表明旱涝的阶段性特点,在 7 a 滑动平均曲线图中也可以看到这种演变的阶段性特点。

从小波图中又可以看到 1960 年、1970 年的旱涝存在 2~3 a 准周期变化,1980 年以后 2 a 周期明显占优势。由图 1 黄土高原地区年降水的 PC1 时间曲线(a)及其小波分析图(b)反映出,1964 年的降水量最多,1961 年的降水量次多,1967 年的降水量第三,对于高原地区这 3 a 是典型涝年;1997 年的降水量最少,1965 年,1972 年,1986 年的降水量次之,这 4 a 最旱,是典型旱年。

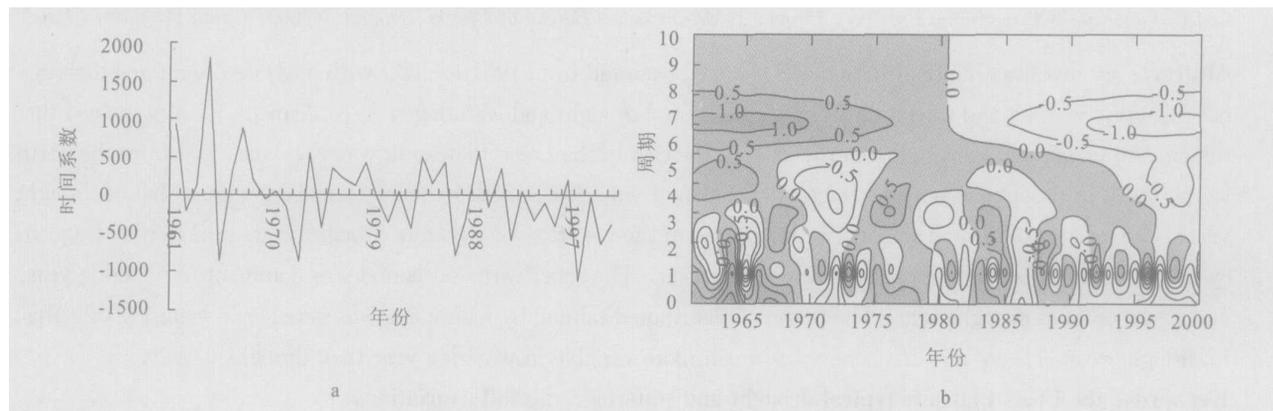


图 1 黄土高原地区年降水的 PC1 时间曲线(a)及其小波分析图(b)

2.2 黄土高原典型旱涝年雨量分布

2.2.1 典型涝年雨量分布 图 2 是典型涝年降水量空间分布及其平均雨带,涝年雨量空间分布的主要特征,在六盘山以西地区降水量由北向南明显递增;六盘山以东呈“东高西低”形式,即降水量由西向东递增,最大降水地带在吕梁山以西、走向大致与黄河流向一致,高原东端的吕梁山、太行山地区降水相对较少。降水的空间分布走势与黄土高原上大地形的分布联系密切,越是接近南北向的六盘山、吕梁山和东西向的秦岭时,降水等值线趋与地形走向更趋于一致。在同期 500 HPA 平均环流形式上,黄土高原地区一致的南北走向形势清楚,高空环流利于出现较大降水,但在高空天气图中难以分析到降水的次区域差异。综合分析可见大地形对大降水有着较强的再分配能力。

涝年降水量偏多 36%,总次数偏多 28%,大雨以上的强降水频次偏多 42%。1964 年,1961 年,1967 年大雨以上降水次数在 40 a 中最多的 3 a,也是暴雨最多的年份。可见,黄土高原涝年更易出现暴雨灾害,造成严重的水土流失。

2.2.2 典型旱年雨量分布 图 3 黄土高原典型旱年降水量空间分布是 3 个典型旱年降水量空间分布及其平均雨带,旱年雨量空间分布的共同特征,雨量等值线基本是呈东西走向,雨量由北向南呈递增趋势,在六盘山以西地区降水量由北向南明显递减;雨量等值线在高原大地形(吕梁山、太行山、秦岭)附近存在小的波动,反映出 3 大地形对降水也存在一定的再分配能力。

旱年降水量偏少 27%,总次数较常年偏少 15%,有效降水(10 mm 以上)频次偏少 28%。

在 ElNio (厄尔尼诺) 年全球陆地平均年降水量显著减少,近百年来我国江南地区降水偏多,北方偏少,在近 40 a 的 15 个 ElNio (厄尔尼诺) 年中有 12 a

黄土高原出现全区或区域干旱,其中大旱的 1997 年,1965 年,1972 年,1986 年均 为 ElNio 年。由此可见 ElNio 与高原的干旱关系密切。

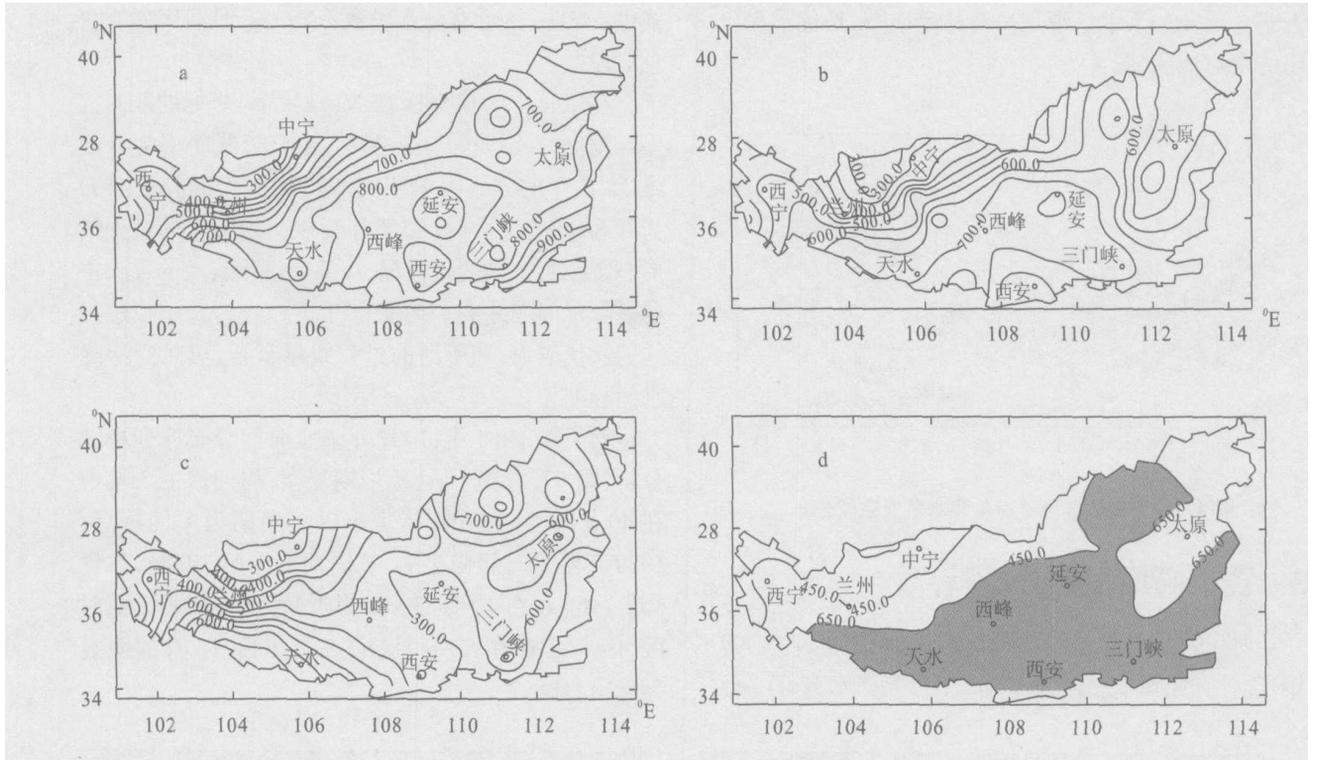


图 2 黄土高原地区典型涝年年降水量空间分布(1964 a,1961 :b,1967 :c,平均 :d)

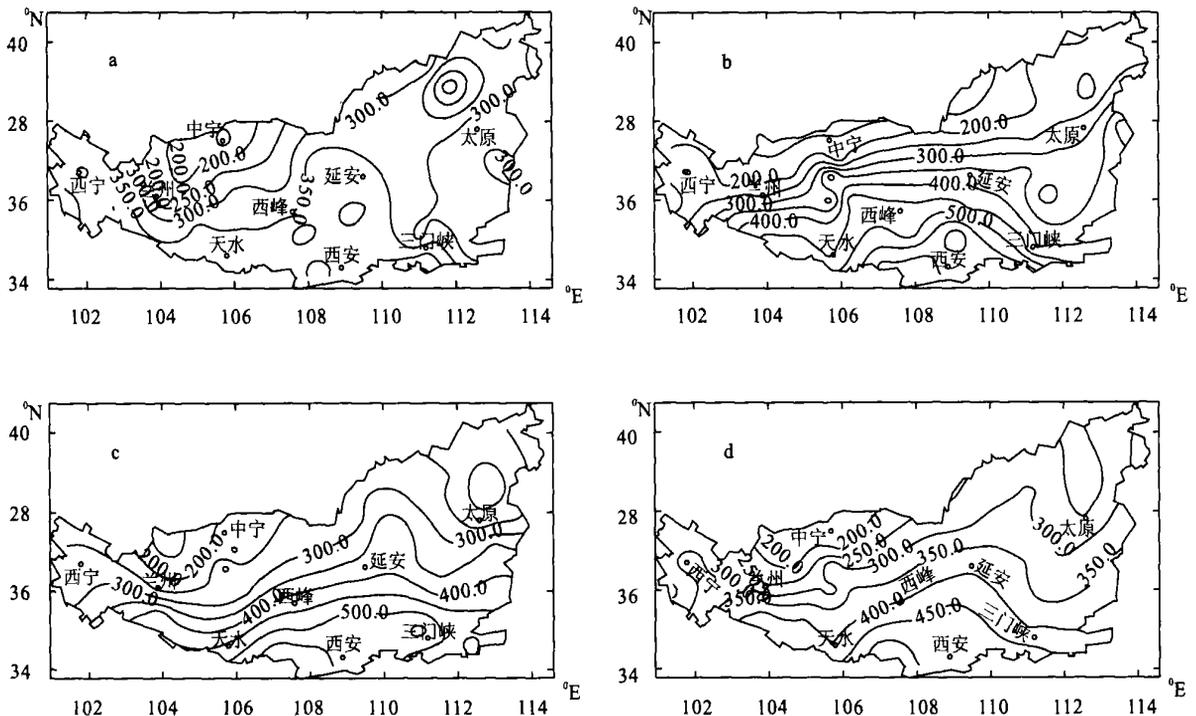


图 3 黄土高原典型旱年降水量空间分布(1997 a,1965 :b,1972 :c,平均雨带 :d)

2.2.3 典型旱涝年雨量差异 典型旱涝年降水量空间差异显著特点是,吕梁山、西秦岭的迎风坡地带差别较大,宁夏西南部与甘肃交接地带差别较小,关中平原地带旱涝年差别也较小。从中看到从北向南由五寨—延安—天水一带是易涝易旱地带,是抗旱和防汛的重点地区(图 4)。

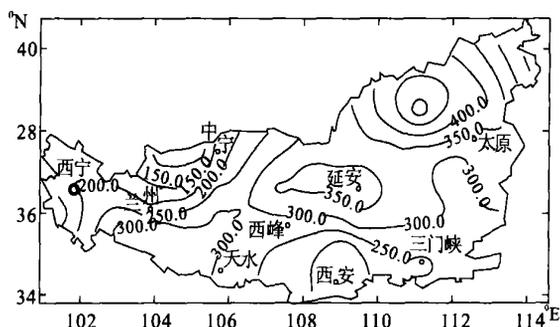


图 4 黄土高原典型旱涝年降水差值空间分布

3 黄土高原旱涝分维特点

对代表站吴旗最涝年(1964 年)和最早年(1997 年)逐日有无降水序列(有降水为 1,无降水为 0),分

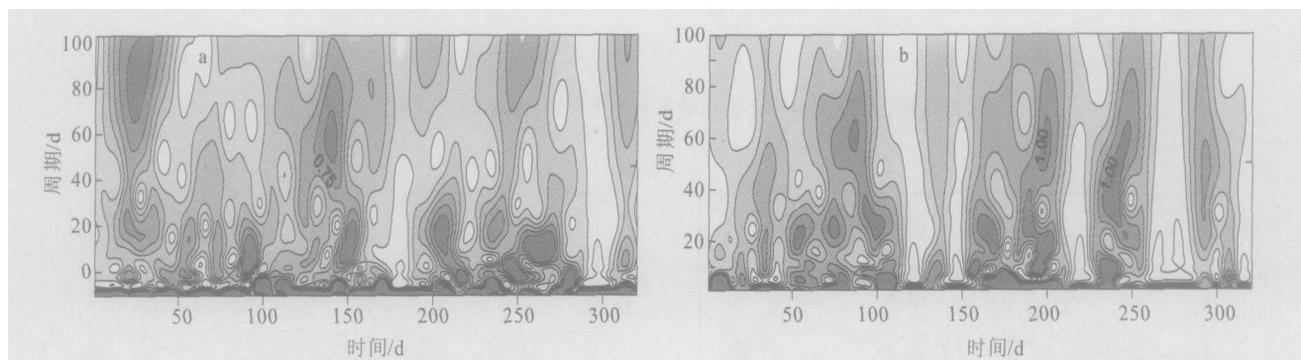


图 5 吴旗 1964 年(a)和 1997 年(b)降水时间分布的小波分析图

4 结论

(1) 黄土高原地区年降水变化存在一致性,在 1981 年之前以正距平为主,之后负距平占优势;多雨阶段以 2~3 a 准周期为主,少于时段准 2 a 周期明显。1964 年,1961 年,1967 年是 40 a 中降水最多的 3 a,是典型涝年;1997 年,1965 年,1972 年,1986 年是降水最少的 4 a,属于典型旱年。

(2) 典型涝年降水量空间分布在六盘山以西地区降水量由北向南明显呈递增趋势;六盘山以东降水量由西向东递增,最大降水地带在吕梁山以西,走向大致与黄河流向一致,高原东端的吕梁山、太行山地区降水相对较少。降水的空间分布走势与黄土高原

别采用 $rk = 5 \times 2^k$ ($k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$) 日作为时间序列度量的特征线度。

以 $N(r) = N_a / N$ 作为与 r 有关的相关函数(样本数)。

式中: N_a ——含有降水段数; N ——时间序列所含总时段数。

在以 $\ln rk$ 为横坐标、 $\ln N(rk)$ 为纵坐标的双对数坐标图上,在双对数坐标图上,拟合直线斜率为分数维 D ,涝年的分数维 D 为 0.948 6,旱年的分数维 D 为 0.864 9。其分维数 D 大小反映出出现降水的过程线形态复杂程度的变化情况, D 值在过程线上的反映主要是降水间隔差的平均变化,间隔差越大,反映过程线的起伏越大,即所谓的过程线越复杂。可见涝年降水间隔变化复杂程度超过旱年。

对吴旗 1964 年,1997 年降水时间分布序列小波分析(图 5),看到 1964 年周期复杂,周期谱主要集中在 40 d 以下的范围,体现出以短周期为主的特点;1979 年降水时间变化中,长周期突出(> 40 d),占优势。1964 年在 10 月(300 d 附近)存在一明显无雨时段,1997 年存在 5—6 月,8—9 月,11—12 月的明显无降雨时段。

上大地形的分布联系密切;典型旱年降水量空间分布等值线基本是东西走向,雨量由北向南递增,在六盘山以西地区降水量由北向南明显递减;雨量等值线在高原大地形(吕梁山、太行山、秦岭)附近存在小的波动。大地形对降水有着较强的再分配能力,在涝年明显突出。

典型旱涝年降水量空间差异在吕梁山、西秦岭的迎风坡地带差别较大,宁夏西南部与甘肃交接地带差别较小,关中平原地带旱涝年差别也较小。从北向南由五寨—延安—天水一带是易涝易旱地带。El Niño 与高原的干旱关系密切。旱涝年大雨频次差别突出。

(下转第 56 页)

重危害,仅浙江温州市 1999 年用于人工打捞水葫芦的费用高达 1.00×10^7 元^[5],因此,应谨防诸如此类的危害在彭阳县生态恢复与重建过程中发生,以免造成不必要的损失。

4.2 采用自然恢复

对于较湿润的大面积草场,最好的办法是“自然恢复”。“自然恢复”就是不需要人工协助,仅仅依靠自然演替的方法来恢复已退化的天然草场^[5]。“封山禁牧”是一个典型的方法,“封山禁牧”就是在防止人类活动干扰、家畜采食的同时,防止火灾及杂草的入侵。此方法的优点是:投资小,效益高,保护物种,维持生态系统的稳定性。彭阳县自 2003 年 5 月 1 日全面实施封山禁牧以来,生态环境明显改善,生物种群趋向多样化,一些多年来罕见的动植物重新出现,良好的区域生态小气候正在形成。

4.3 加强农业区的植被恢复

在农田耕作中,农民为了提高产量,大量使用化肥、农药,使得土壤营养日益消退而没有营养返还,土壤日渐瘠薄,极易沙化。农业区土壤退化和沙化已经是北方沙漠化的主要原因^[5]。因此,针对这种情况,应当尽快停止开垦新的农田,且要建立农田防护林体系,加强植被的恢复和保持工作。另外还应积极响应党中央的号召,大力推行退耕还林(草)工程,自工程实施以来,造林 3.60×10^4 hm^2 ,其中退耕地造林 2.00

$\times 10^4$ hm^2 ,宜林荒山荒地造林 1.60×10^4 hm^2 ,间作种草 8.00×10^3 hm^2 ,林种全部为生态林。

4.4 加大宣传力度,提高人口素质

植被破坏严重,生态环境日趋恶化,面对当前现状,应当加大宣传力度,提高广大人民的认识,清醒地认识到危机的存在,停止一切正在进行或将要进行的生态环境破坏行为,主动加入到生态恢复与重建当中来,为再造一个山川秀美的新彭阳乃至大西北作出自己应有的贡献。

[参 考 文 献]

- [1] 彭阳县志编撰委员会. 彭阳县志[M]. 银川:宁夏人民出版社,1996.
 - [2] 赵晓英,陈怀顺,孙成权. 恢复生态学——生态恢复的原理与方法[M]. 中国环境科学出版社,2001. 27—29.
 - [3] 谢应忠. 宁夏南部黄土丘陵沟壑区生态农业建设实践与研究[J]. 生态学杂志,2000(19):12.
 - [4] 财政部国家林业局联合调查组. 关于内蒙古,宁夏自治区退耕还林的调查报告[J]. 农村财政与财务,2000(7):2—4.
 - [5] 解焱. 恢复中国的天然植被[M]. 中国林业出版社,2002. 13—28.
 - [6] Manuel C, Molles Jr. Ecology: concepts and applications [M]. McGraw-Hill Companies, Inc.:1999, 34.
- (上接第 20 页)
- (3) 代表站的涝年的分数维 D 大于旱年,涝年降水间隔变化复杂程度超过旱年,揭示了旱年的天气特点是旷日持久的无降雨。旱涝年周期谱存在较明显差异,涝年周期复杂,以短周期为主的特点;旱年降水时间变化中,长周期突出。1964 年在 10 月(300 d 附近)存在一无雨时段,1997 年存在 5—6 月,8—9 月,11—12 月的无降雨时段。
- [参 考 文 献]
- [1] 周立三. 中国农业地理[M]. 北京:科学出版社,2000.
 - [2] 钱林青. 黄土高原气候[M]. 北京:气象出版社,1991.
 - [3] 王毅荣,尹宪智,袁志鹏. 中国黄土高原气候系统主要特征[J]. 灾害学,2004,19(增):40—46.
 - [4] 赵艳霞,王馥棠,刘文泉. 黄土高原的气候生态环境、气候变化与农业气候生产潜力[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(4):142—146.
 - [5] 李新. 中国华北和西北地区水量短缺对农业的压力及对策[J]. 干旱区地理,2002,25(4):290—295.
 - [6] 王毅荣. 中国黄土高原干旱对全球气候变化的响应[J]. 西北大学学报(自然科学网络版),2004,2(8):90.
 - [7] 于淑球,林学椿,徐祥德. 我国西北地区近 50 年降水 and 气温的变化[J]. 气候与环境研究,2003,8(1):1—8.
 - [8] 王毅荣,姚玉璧. 甘肃黄土高原土壤水分演变特征[J]. 土壤通报,2005,36(6):850—855.
 - [9] 刘式达,刘式适. 分形和分维引论[M]. 北京:气象出版社,1993.
 - [10] 刘式达,郑祖光,赵汉光. 气候层次和分数维[J]. 气象学报,1993,51(3):333—342.
 - [11] 丁裕国. EOF 在大气科学研究中的新进展[J]. 气象科技,1993(3):10—19.
 - [12] Torrence, C, Compo G P. A Practical Guide to Wavelet Analysis [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc, 1998 (79): 61—78.
 - [13] 李祚泳,彭荔红. 四川旱涝时间分布的变维分形特征[J]. 厦门大学学报(自然科学版),1999,38(4):599—603.
 - [14] 李德,王昉. 区域性旱涝灾害序列的信息量及分维的研究[J]. 灾害学,2002,17(2):11—16.
 - [15] 刘式达,陈炯,刘式适. 近百年中国、北半球和南半球气温内在结构比较() [J]. 应用气象学报,1999,10(增):9—15.