

# 陕西黄土高原 15 时段降水特征分析

王治亮<sup>1,2</sup>, 李新亚<sup>1,2</sup>, 杨爱琴<sup>3</sup>, 杨琼<sup>1,2</sup>, 雷延鹏<sup>1,2</sup>, 孙智辉<sup>1,2</sup>

(1. 中国气象局 兰州干旱气象研究所, 兰州 730020;

2. 延安市气象局, 陕西 延安 716000; 3. 安塞县科技培训中心, 陕西 安塞 717400)

**摘要:**采用陕西黄土高原区 38 个气象站近几十年的时段降雨量数据,分析了 15 个时段降水量的分布、变化特征。得到时段降雨量的变化周期、趋势等。对当地农业、水土保持等工作有参考作用。结果表明:陕西黄土高原 15 个时段最大降水量变幅明显,同时段降水最大值与最小值之间相差 11.6~18.5 倍之多。最大降水强度为 0.2~4.4 mm,曲线呈指数分布,时间越短,降水强度越大。15 个时段最大降水量以盛夏的 7—8 月居多,一日内 12:00—20:00 出现次数在 70% 以上。两个或以上县的各时段降水极值很少出现在同一次降水过程中,说明陕西黄土高原高强度降水范围较小,以影响 1 个县为主。各站降水累积距平变化趋势不相同,但近几年普遍有增强趋势。存在突变的县比较少,淳化在 2004 年出现突变。降水序列具有 3 a, 6~8 a, 16 a 的周期变化现象。

**关键词:**降水强度; 陕西黄土高原; 气候分析

中图分类号: P426.64<sup>+</sup>4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)05-0176-04

## Analysis of Precipitation Characteristics of the Fifteen Periods on the Loess Plateau of Shaanxi Province

WANG Zhi-liang<sup>1,2</sup>, LI Xin-ya<sup>1,2</sup>, YANG Ai-qin<sup>3</sup>, YANG Qiong<sup>1,2</sup>, LEI Yan-peng<sup>1,2</sup>, SUN Zhi-hui<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Meteorological Bureau of Yan'an,

Yan'an, Shaanxi 716000, China; 3. Technology Training Center of Ansai County, Ansai, Shaanxi 717400, China)

**Abstract:** In this paper, the precipitation distribution and the precipitation intensity of 15 periods precipitation was analyzed based on 38 weather stations in recent decade periods of precipitation data in the Loess Plateau of Shaanxi Province. The cycle time of periods precipitation and the trend were obtained. It is used for reference to the local agriculture and soil and water conservation practices. According to the precipitation of 15 precipitation periods in the calendar year in 38 stations on the Loess Plateau of Shaanxi Province, a preliminary analysis about precipitation intensity of climate profile was carried out. The results show that the maximum precipitation of 15 periods of the Loess Plateau of Shaanxi Province had an obvious change and the same paragraph precipitation between the maximum was the 11.6 to 18.5 times. The curve of maximum precipitation intensity is described by exponential function and maximum precipitation intensity is 0.2 mm and 4.4 mm, the shorter the time and the greater the precipitation intensity. 15 precipitation periods of maximum precipitation appear in midsummer mostly from July to August, and the number of occurrences is more than 70% within a day 12 hours to 20 hours. Two or more counties each period precipitation extremes rarely appear with a precipitation process, so the small range of the high-intensity rainfall presents in the Loess Plateau of Shaanxi Province, and mainly impacts a county. The precipitation cumulative anomaly trend in each station is not the same, but increased greatly in recent years generally. The county mutation is less, the change of Chunhua county appears suddenly in 2004. The precipitation sequence has phenomenon of cycle change for as 3 a, 6~8 a and 16 a.

**Key words:** precipitation intensity; the Loess Plateau of Shaanxi Province; climate analysis

单位时间内的降水量称为降水强度。各气象站每年从降水量自记纸或每分钟降水量数据文件中,挑选 15 个时段的最大降水量来表示当地当年不同时间段的降水强度。对每个时段,挑选出任意连续时段内降水量的最大值及开始时间。挑选时可以跨日、跨月但不跨年<sup>[1]</sup>。不同时间段的降水强度是工程设计(例如房屋排水系统设计)和小型水利工程设计计算及降水侵蚀力计算的参数之一<sup>[2-4]</sup>。国内学者对个别地区 15 个时段的最大降水量变化进行了研究<sup>[5-6]</sup>。陕西黄土高原是典型的水土流失区,其土壤侵蚀主要由为数不多的几场暴雨引起<sup>[7-8]</sup>。而且强降水也是引起山洪地质灾害的主要诱导因子<sup>[9]</sup>。近年来,针对陕西黄土高原降水量和降水日数的变化有较多研究<sup>[10-14]</sup>,但对 15 个时段最大降水量的分析研究还未见报道。本文利用陕西黄土高原 38 个气象站近 30 a 的 15 个时段的最大降水量,分析其变化特征,以期加深对降水时空变化规律的认识,增强对黄河中游水沙变化驱动因素的理解。

## 1 研究区概况

陕西黄土高原是指秦岭以北的陕北、关中地区,是我国黄土高原的中心部分,总面积 131 585.9 km<sup>2</sup>,约占陕西土地总面积的 64%。基本地貌类型是黄土塬、梁、峁、丘陵沟壑和河流阶地。关中盆地地势平坦,土质肥沃,水源丰富,机耕、灌溉条件都很好,是陕西自然条件最好的地区。陕北土地贫瘠,是半农半牧区,近年积极实施退耕还林、退牧还草战略后而生态环境有所改变。陕北植被类型复杂多样,自东南向西北划分为落叶阔叶林带、森林草原、典型草原、风沙草原 4 个植被区。陕西黄土高原属温带大陆性季风气候,自北向南由温带干旱半干旱气候过渡到暖温带半湿润气候,年均气温 7~14℃。年降水量 300~700 mm,降水量的季节变化明显,夏季降水最多,秋季次之,冬春季降水稀少,干旱频发。

## 2 资料与方法

陕西黄土高原地区共有 69 个气象观测站,本文选用 38 个站从 1980 年开始的 15 个时段最大降水量,数据由相关县气象站提供,到 2011 年共 32 a 资料。黄陵气象站在 1989—2006 年期间没有进行雨量自记观测,资料时间较短,部分站在个别年份有缺测。各时段降水量的地理分布利用 ArcGIS 9.0 平台,将降水数据用 Kriging 方法进行空间插值,得到 1 km 分辨率的栅格数据。利用 38 个站的资料,逐年挑取

各时段的最大降水量、并求取平均值,进行线性回归分析,了解其气候趋势变化。

## 3 结果与分析

### 3.1 最大降水量与强度

由表 1 可得知,陕西黄土高原区域各时段最大降水量,5 min 降水量为 22.2 mm,挑自延川县 1996 年 7 月 16 日,10~45 min 等 5 个时段最大降水量挑自靖边县 1996 年 7 月 14 日,20 min 最大降水量为 55 mm,雨量达到暴雨量标准,降水强度极大。60 min 之后的 9 个降水时段最大降水量均出自子长县 2002 年 7 月 4 日,其中 1 440 min 降水量为 292.2 mm,达到年平均降水量的一半以上。陕西黄土高原 30 多年来各时段降水量的最大值出现在 3 个县 3 次降水过程,说明陕西黄土高原高强度降水范围极小,以影响 1 个县为主。各县的极值也出现在较少的几个降水过程中,降水很集中且雨强差异非常明显。

表 1 陕西黄土高原 30 年的 15 时段降水量

时间/ min	最大降 水量/mm	出现年月日	出现 地点	平均降水 量/mm	最小降 水量/mm
5	22.2	1996-07-16	延川	15.9	1.6
10	34.8	1996-07-14	靖边	24.1	2.3
15	44.7	1996-07-14	靖边	30.6	2.7
20	55.0	1996-07-14	靖边	37.2	3.0
30	66.5	1996-07-14	靖边	44.7	3.6
45	79.5	1996-07-14	靖边	53.5	5.3
60	92.4	2002-07-04	子长	60.9	6.3
90	114.0	2002-07-04	子长	69.1	7.7
120	129.4	2002-07-04	子长	74.7	8.6
180	143.3	2002-07-04	子长	81.8	11.2
240	158.3	2002-07-04	子长	89.1	12.3
360	189.9	2002-07-04	子长	101.6	13.6
540	190.5	2002-07-04	子长	110.9	16.4
720	190.5	2002-07-04	子长	117.1	16.4
1440	292.2	2002-07-04	子长	138.8	20.6

以 15 时段降水量除以时间得到降雨强度(图 1),陕西黄土高原 15 个时段最大降水量的最大降水强度为 0.2~4.4 mm,时间越短,降水强度越大。降水强度曲线基本呈指数分布。5 min 雨强超过 4 mm,10 min 雨强大于 3 mm,30 min 雨强大于 2 mm,20~120 min 雨强大于 1 mm,180~360 min 雨强大于 0.5 mm,时长超过 360 min 后,雨强小于 0.5 mm。38 个县各时段降水量最大值的平均值为 15.9~138.8 mm,平均降雨强度为 0.1~3.2 mm,60 min 之前的降水强度在 1 mm 之上,时间短,降水量大,极易形成山洪灾害。

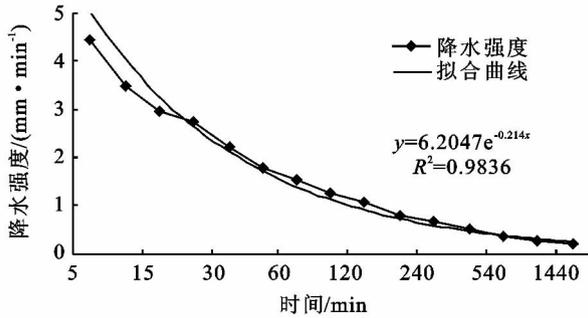


图1 陕西黄土高原15时段降水量最大降水强度

### 3.2 最小值

陕西黄土高原30多年来各时段降水量的最小值仅仅为1.6~20.6 mm,降水量极小,挑自佳县、榆林、子长、永寿、淳化、渭南、韩城、咸阳8个县。出现时间在1989年、2000年、2008年、1983年、1993年、1997年、1999年。各时段降水量的最小值从另一个侧面也能反映出当地降水的多少,各时段降水量最小值甚至不到大雨标准,可想而知当年的干旱程度是相当严重的。从相关文献得知,上述年均出现了区域性大旱<sup>[15]</sup>。

时段降水量的极值比在11.6~18.5倍之间。540,720,1440 min降水量的最大值和最小值均出现在子长县,即说明降水量在年代之间的差异非常明显,也说明陕北的子长县降水变异最大。统计分析各时段降水变差系数,为0.32~0.7,地域分布上无规律。

### 3.3 出现时间

陕西黄土高原15个时段降水量可出现在5—10月,但以盛夏的7—8月居多。将一日24 h按每4 h为一段,共分为6个时段,分别是4:00—8:00,8:00—12:00,12:00—16:00时,16:00—20:00,20:00—24:00。以30 min时段降水量为代表统计分析降水出现时间可看出,前半天偏少,30%,后半天出现比例占70%。上午(8:00—12:00)出现最少,仅占8%,不到十分之一。下午最多,32%。

### 3.4 各时段最大降水量累积距平的分布

选取分别代表不同区域的绥德(陕北北部)、安塞

(陕北南部)、渭南(关中东)、淳化(关中中部)、宝鸡(关中西部)5个站的15时段最大降水量进行分析,发现1个站的15时段变化趋势是基本相同的,不同地区之间变化趋势有差异。以各站30 min为代表,分析最大降水累积距平变化。

从图2可看出,绥德15时段降水累积距平变化趋势表现为1993年以前是下降的,1994—1997年有短暂的上升,1998—2007年有持续下降,近几年为上升趋势;安塞在2002年以前波动明显,略呈下降趋势,2003—2006年明显上升,近几年呈明显下降趋势;渭南在1984年以前为上升趋势,以后维持长时间的下降,近3 a开始上升;淳化在2003年以前持续下降,以后为上升阶段;宝鸡在1991年前为上升阶段,以后为下降阶段。

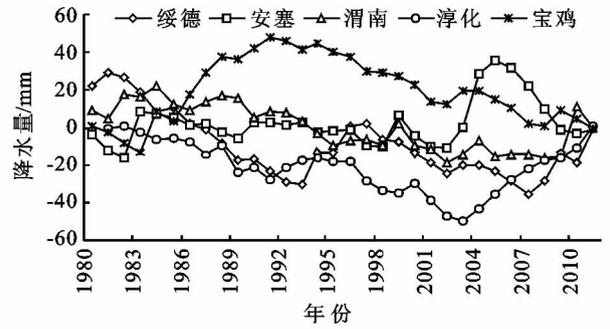


图2 陕西黄土高原30 min时段最大降水量累积距平变化

### 3.5 空间分布

15时段降水量的历年平均值的分布基于遵循年降水量的分布(图3),即年降水多的地区15时段降水量的平均值也大。而15时段降水量最大值的分布基本没有规律可言。以各站30 min时段降水量为代表进行分析,图4a为历年平均值的分布,基本呈现中部偏大,北部最少的特征,但中部的丘陵区普遍大于南部的渭北平原和北部的风沙区。图4b是从各站历年30 min时段降水量中挑出的最大值,分布没有什么规律可言,但显示最大暴雨分布点为韩城和窟野河区域的靖边县和清涧河区域的子长县。

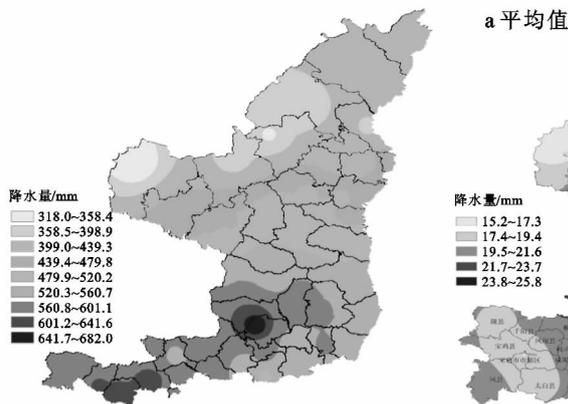


图3 陕西黄土高原地区年降水量分布

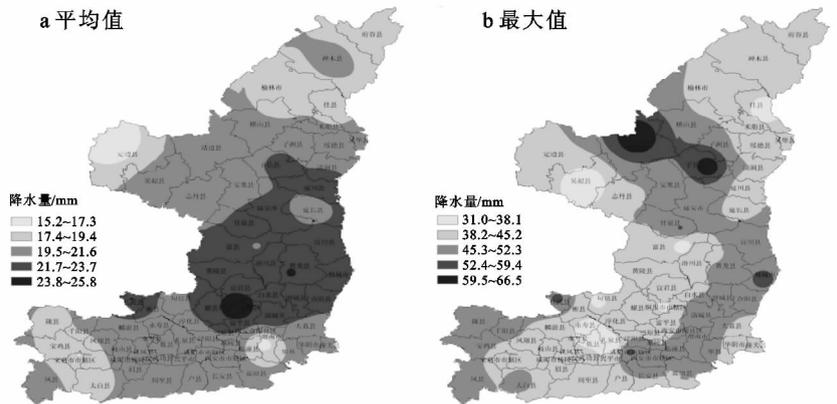


图4 陕西黄土高原30 min时段降水量分布

### 3.6 突变检验

Yamamoto 分析方法是检验两个序列均值的差异是否显著来判别突变的<sup>[16]</sup>(图 5)。为了避免因人为设置基准点发生的突变点漂移,本文计算时,基准点及子序列长度都采取滑动设置,置信水平  $\alpha=0.01$  时认为有突变发生,  $\alpha=0.001$  时认为有强突变发生。分析时利用 DPS(Data Processing System)数据处理系统<sup>[17]</sup>中提供的分析方法进行计算。

分析上述 5 个代表站中 30 min 时段降水数据,只有淳化县当子序列长度取 8 时,出现了突变现象,

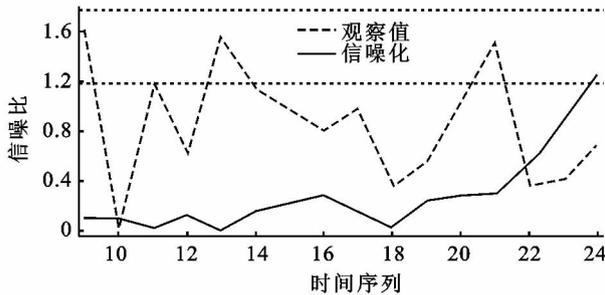


图 5 淳化县 30 min 时段降水量 Yamamoto 突变分析

## 4 结论

(1) 陕西黄土高原 15 个时段最大降水量变化幅度明显,变差系数为 0.32~0.70,同时段降水降雨量的极值比可达 11.6~18.5。15 个时段最大降水量的最大降水强度为 0.2~4.4 mm/min,时段多年平均降雨量降水强度为 0.1~3.2 mm/min,时间越短,降水强度越大。降水强度曲线基本呈指数分布。

(2) 陕西黄土高原 15 个时段最大降水量可出现在 5—10 月,但以盛夏的 7—8 月居多。一日内以 12:00—20:00 出现最多,占 70%,而 8:00—12:00 出现最少,仅占 8%。陕西黄土高原 15 个时段最大降水量两个或以上县的各时段降水极值很少出现在同一次降水过程中,说明高强度降水范围较小,以影响 1 个县为主。

(3) 各站降水累积距平变化趋势不相同,但近几年普遍有增强趋势。存在突变的县比较少,淳化在 2004 年出现突变。降水序列具有 3 a, 6~8 a, 16 a 的周期变化现象。

### 参考文献:

[1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003.  
 [2] 王瑄,徐璐,陈雯静,等. 天然降雨条件下裸坡产沙量的逐步回归分析[J]. 水土保持研究,2012,19(1):117-124.  
 [3] 吴艳,白建勤,张晓萍,等. 基于日雨量的长武县 53 年来降雨量及侵蚀力演变趋势分析[J]. 水土保持研究,

突变点出现在 2004 年,突变前平均降水为 16.6 mm,突变后平均为 28.5 mm,突变前后相差 9.9 mm。

### 3.7 周期分析

对 5 个代表站中 30 min 时段降水数据序列进行连续小波变化分析周期。分析时也是利用 DPS(Data Processing System)数据处理系统中提供的时间序列分析方法进行计算。5 个站同时具有 3 a, 6~8 a 的周期,不同的是绥德、宝鸡还具有 16 a 的长周期。这一周期现象与年降水量的变化周期基本一致(图 6)。

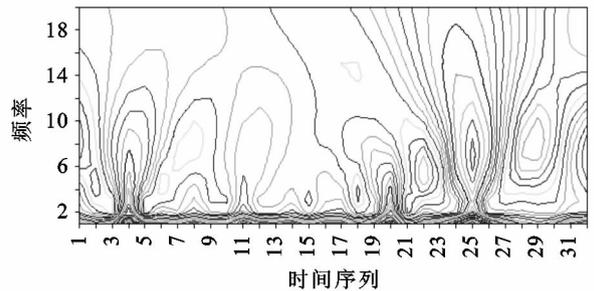


图 6 安塞县 30 min 时段降水量连续小波变换分析

2012,19(4):38-41.

[4] 王海斌. 不同水土保持措施下径流小区降雨与产流产沙关系研究[J]. 水土保持研究,2011,18(5):63-66.  
 [5] 丘平珠,唐炳莉. 广西降水强度的气候分析[J]. 气象研究与应用,2007,28(增 II):50-52.  
 [6] 叶焕娥,陈明先,林苗青,等. 东莞降水强度的演变及近年趋势分析[J]. 热带气象学报,2009,25(4):503-507.  
 [7] 周佩华,王占礼. 黄土高原土壤侵蚀暴雨的研究[J]. 水土保持学报,1992,6(3):1-5.  
 [8] 焦菊英,王万忠,郝小品. 黄土高原不同类型暴雨的降水侵蚀特征[J]. 干旱区资源与环境,1999,13(1):34-42.  
 [9] 李明,高维英,杜继稳. 诱发陕西黄土高原地质灾害降水因子分析[J]. 陕西气象,2009(5):1-5.  
 [10] 刘引鸽. 陕北黄土高原降水的变化趋势分析[J]. 干旱区研究,2007,24(1):49-55.  
 [11] 姜创业,魏娜,程肖侠,等. 1961—2008 年陕西省年际气温和降水区域性变化特征分析[J]. 水土保持研究,2011,18(1):197-200.  
 [12] 孙智辉,曹雪梅,刘志超,等. 陕西黄土高原地区降水日数和强度年代际变化[J]. 应用气象学报,2009,20(4):510-512.  
 [13] 刘志超,孙智辉,雷延鹏,等. 延安地区近 50 年气候变化的特征分析[J]. 陕西气象,2010(1):18-22.  
 [14] 孙智辉,曹雪梅,李新亚,等. 气候变化和人类活动对吴起土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持研究,2009,16(6):30-34.  
 [15] 肖军,赵景波. 陕西省 54 a 来农业干旱灾害特征研究[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(5):201-204.  
 [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.  
 [17] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2006.