

# 关岭县蚂蝗田小流域降雨年内分配特征研究

高儒学, 高华端, 孙泉忠, 徐定平, 李华林

(贵州大学 林学院, 贵阳 550025)

**摘要:**根据贵州省关岭县蚂蝗田小流域 2009—2012 年的降雨数据, 统计分析了降雨集中度、集中期、年内分配不均匀系数等指标, 研究了蚂蝗田小流域降雨的年内分配特征。结果表明: 蚂蝗田小流域中雨、小雨全年分配均匀; 大雨、暴雨分配不均匀。无论是枯水年还是丰水年, 降雨的分配特征大体相同; 旬降雨量波动很明显, 降雨在月内分配不均匀。年内降水集中度为 0.78~0.81, 集中期变化于 18~20 旬, 年内分配不均匀系数大于 0.8。无论从 4 年总体还是各年情况来看, 侵蚀性降雨分布都不均匀, 主要集中在 5—10 月, 其中 6—7 月侵蚀性降雨次数最多。

**关键词:**关岭县; 蚂蝗田小流域; 降雨年内分配

**中图分类号:** P468.0<sup>+</sup>24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2017)02-0152-04

## Study on Annual Distribution Characteristics of Rainfall in Mahuangtian Catchment of Guanling County

GAO Ruxue, GAO Huaduan, SUN Quanzhong, XU Dingping, LI Hualin

(College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** Based on the rainfall data from 2009 to 2012 in Mahuangtian catchment of Guanling County in Guizhou Province, the rainfall concentration, concentration period and uneven distribution coefficient were analyzed and the annual distribution characteristics of rainfall were studied. The results showed that the moderate or light rainfall in Mahuangtian catchment evenly distributed throughout the year; and heavy rain, rainstorm distributed unevenly; the distribution characteristics of rainfall is approximately the same in dry year or wet year; ten-day rainfalls had an obvious fluctuation, and rainfalls in a month unevenly distributed. Annual precipitation concentration degrees ranged from 0.78 to 0.81, precipitation concentration periods changed in 18 to 20 ten-day, uneven coefficient of annual distribution was greater than 0.8. Erosive rainfall is unevenly distributed, mainly concentrated in May to October, and mostly was from June to July within the total or each year of the four years.

**Keywords:** Guanling County; Mahuangtian catchment; annual distribution of rainfall

降雨对区域水资源时空分布、生态环境形成与演变以及农业生产起着决定性的影响<sup>[1]</sup>。水土流失、泥石流、滑坡及山洪等自然灾害主要是由降雨诱发的<sup>[2]</sup>, 因此, 研究降雨分配特征很有意义。相当学者对降雨分配特征进行了一定的研究<sup>[3-9]</sup>。王纪军等<sup>[10]</sup>的研究反映降水集中度、降水不均匀系数和调节系数可以从不同侧面反映降水量的年内分布特征, 且降水集中度和不均匀系数相互之间显著相关( $p < 0.01$ ), 说明 3 个指标间可以相互代替。刘士余<sup>[11]</sup>采用时间序列分析法和统计回归分析法对赣西北大坑小流域降雨变化进行分析, 发现降雨年内变化特征为典型的单峰型曲线, 降雨的季节差异很明显。代俊

峰, 张学洪等<sup>[12]</sup>用降雨年内分配不均匀系数对北部湾经济区降雨分配特点进行研究, 表明气候变化使得降雨年内稳定程度降低, 不均匀性增大。刘文莉<sup>[13]</sup>用降水集中度对陕西省年内降水分配进行研究, 得出年内降水集中度的大小是影响旱涝灾害的一个重要因素, 年内降雨集中度越大, 越易引发洪涝灾害。黄晓亚等<sup>[14]</sup>用降水集中度及 Mann-Kendall (M-K) 非参数检验等方法分析日降水集中度指标与降雨统计特征的关系, 揭示该地区降雨集中度变化趋势及其与极端降雨变化的关系。顾璟冉等<sup>[15]</sup>利用径流小区观测法以及黔西高原地区典型小流域的降雨、径流与泥沙资料, 对黔西高原地区侵蚀性降雨的特征进行了分

析。刘伟等<sup>[16]</sup>利用浑河流域 1956—2011 年 56 a 的逐月降水与径流资料,借助累积距平、滑动平均等方法分析了浑河流域降水量与径流量的变化趋势及时间尺度上的相关性。贵州喀斯特地貌发育,成土速度慢,土层浅薄,山高坡陡,是中国水蚀严重的地区之一<sup>[17]</sup>,研究年内降雨特征对土壤侵蚀的影响具有重要意义。然而,针对喀斯特地区土壤侵蚀原型试验的降雨研究较少,本文将对贵州典型喀斯特流域(关岭蚂蝗田小流域)的年内降雨特征进行研究,以探寻土壤侵蚀过程中的降雨规律,为喀斯特地区土壤侵蚀研究服务。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区的概况

蚂蝗田水土保持监测点位于关岭县花江境内,东经 105°34′36″、北纬 25°49′2″。该监测点所在的蚂蝗田小流域面积 2.45 km<sup>2</sup>,属亚热带湿润季风气候,多年平均降雨量为 1 236 mm,多年平均气温为 19.2℃;现有植被类型多为次生乔木林、疏幼林,乔木品种主要有:柳杉、杉木、马尾松、女贞、滇柏等;土壤为黄壤。该监测点始建于 2008 年,主要监测设施有:简易气象观测场 1 个、坡面径流小区 6 个、控制站 1 个、1 个雨量站,观测便道 200 m 等。主要设备有:自记雨量计、自记水位计、烘箱、电子天平、取样瓶、铝盒等;主要监测内容为:降雨、径流、泥沙及悬移质。

### 1.2 数据来源

数据是贵州省水土保持监测站关岭县蚂蝗田监测点 2009—2012 年 701 场降雨资料,主要为人工雨量器观测和自记雨量观测两部分,有年内月降雨量、旬降雨量、日降雨量和每场降雨 30 min 最大降雨强度等。

### 1.3 研究方法

本文采用降雨集中度来表述和反映年降水总量在年内各旬的集中程度,揭示降雨年内分配特征;用年内分配不均匀系数反映降雨年内各月分配的均匀状况;用统计学方法统计各月、旬、日降水量反映降雨的分布和波动特征,还可以得出每年的侵蚀性降雨场次,各类雨型分布情况,全面反映全年的降雨状况;数据主要采用 Office Excel 和 SPSS 软件进行统计和分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 月降雨量的统计分析

月降雨量可以反映年降雨总量在每个月的分配情况,对每年降雨有大概的认识,是研究年降雨分配的第二层次。

图 1 是由自记雨量观测表统计出的 2009—2012 年每个月平均降雨量的分布情况。图 1 表明,降雨的年内分布总体呈单峰曲线,为正态分布形式,分布不均匀。1—4 月曲线相对平缓,降雨分配相对比较均匀,月降雨总量 < 40 mm,属于旱季;从 5 月份开始,曲线斜率逐渐增大,降雨进入汛期,6 月达到一年中的最大降雨量,即为峰值,接近 300 mm;之后月降雨量开始减少,减少的幅度比较大,到 8 月份,月降雨量降到 100 mm 左右,由此可见,5—8 月降雨极不均匀;9 月份后降雨量减少幅度变缓,12 月份降雨量在 10 mm 左右。因此从四年总体来看,降雨汛期为 5—8 月;6 月,7 月份降雨量最大,占四年降雨总量的 51%;11 月到第二年的 3 月降雨量最少,仅占四年降雨总量的 11.4%。

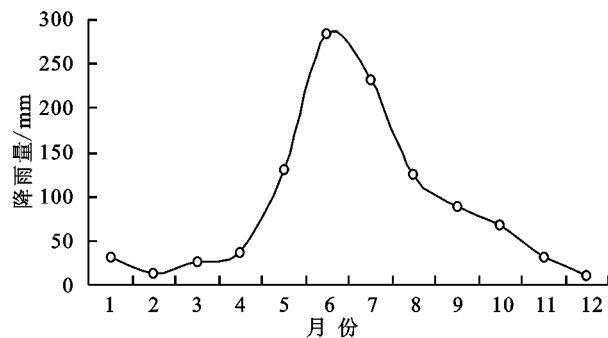


图1 2009—2012年月平均降水量分布

图 2 是由自记雨量观测表统计出的 2009—2012 年各年月降雨量及总体平均月降雨量的分布情况对比分析。可以看出,从 2009—2012 年,月降雨量分布曲线由单峰型正态分布向双峰型转变,峰值出现在 5 月—7 月,但汛期还是 5—8 月不变;降雨在汛期分布虽然有所分散,但总体分布还是很均匀。2—4 月为播种季节,易出现干旱;5—8 月为作物生长季节,易出现洪涝灾害。

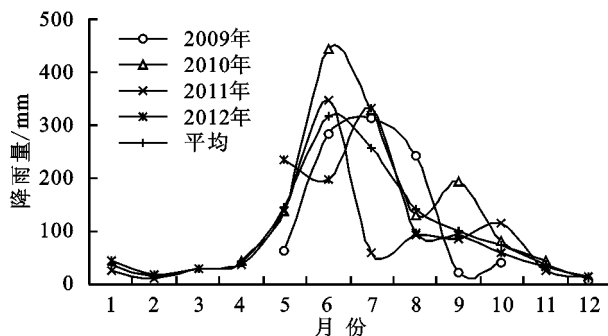


图2 2009—2012年月降雨量分布情况

### 2.2 旬降雨量统计分析

旬降雨量能反映月内降雨分配特征,是年降雨分配的第三层次,月降雨量的统计只让我们对降雨分配特征有总体的认识,月对年的单位来说太大,需要对月内分配做进一步研究,使年内降雨分配特征更加具

体、清晰和细致,帮助我们更加全面的了解降雨分配特征,从而合理利用降雨。因为2009年1—4月没有数据,2010年1—3月没有数据,所以不分析2009年全年和2010年前3个月的旬降雨量分布。

图3是由自计雨量观测表统计出的2010年4月—2012年12月旬降雨量分布情况。旬降雨量在每年11月至第二年3月波动性很小,说明降雨在该月段内分配均匀;而在5—8月时,其波动幅度很大,说明降雨在该月段内分配极不均匀。整体呈现降雨量越大,其波动幅度越大的分配特征,特别是像2010年这样的丰水年波动差距更加明显。降雨月内的分配特征是:降雨量与降雨均匀性呈负相关,降雨量在月内分布是不均匀的。图中的折线点在刻度间基本呈两低一高的分布,说明降水主要集中在每个月其中的某个旬内,这充分证明了月内降雨的不均匀性,并且这种分布特征很容易导致暴雨和洪涝灾害的发生。

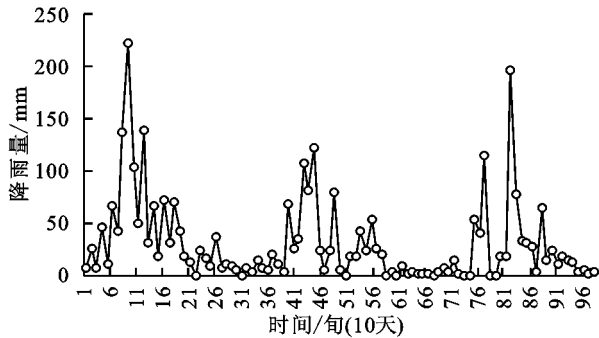


图3 2010—2012年旬降雨量分布

结合图1和图3可以得出:在汛期主要的降雨形式是大雨和暴雨,5—8月的降雨量为全年的76%,这是影响降雨年内分配不均匀的主要因素;而月内的降雨又集中在其中某个旬内,在短时间内降这么多的雨量,这其中就会有許多大雨,甚至暴雨;全年的暴雨和大雨场次仅为全年降雨总场次的14.6%,这充分说明了大雨和暴雨对年内降水影响最大,研究区在汛期常出现大雨和暴雨,这段时间一般会出现洪涝灾害;因此研究区的发展受到降雨的影响很大。

### 2.3 日降雨量统计分析

日降雨量可以帮助我们对全年的降雨进行等级划分,了解全年降雨类型的分布特征,是降雨年内分布特征需要研究的重要内容,知道雨强的分布能帮助我们更好的控制降雨带来的危害。根据国内对降雨类型划分的标准,即小雨(12 h降雨量小于5 mm,日降雨量小于10 mm)、中雨(12 h降雨量5~14.9 mm,日降雨量10~24.9 mm)、大雨(12 h降雨量15~29.9 mm,日降雨量25~49.9 mm)、暴雨(12 h降雨量30~69.9 mm,日降雨量50~99.9 mm)、大暴雨(12 h降雨量70~139.9 mm,日降雨量100~199.9 mm)、特大暴雨(12

h降雨量不小于140 mm,日降雨量不小于200 mm);统计出每个月中各种降雨强度级别的场次,然后求出其平均数,这样就可以清楚地反映出年降雨总量在每个月降雨强度级别的分布,从而得出年内降雨的具体分布形式和降雨在各月的分布特征。

图4是由自计雨量观测表统计出的四年内日降雨强度平均场次分布情况。由图可知:年降雨以小雨为主,占降雨总天数的73%,每个月都有分布,分配比较均匀;中雨次之,占年降雨总天数的13.7%,主要分布在5—10月,基本每月都会有分布,分配均匀;大、暴雨占年降雨总天数的12.8%,集中在5—7月,发生在6月份的概率最大,约为0.48。本次统计没有出现特大暴雨,大暴雨出现2次,分别为2011年的6月和8月,大暴雨和特大暴雨是随机发生在年内降雨汛期的突然性降雨,属于极端气候,本研究可以不做讨论。总的来说降雨场次分配较均匀,以小、中雨为主,占降雨总场次的86.8%,基本每月都有,集中在11月至第二年4月。而降雨量分配不均匀,大雨、暴雨场次虽然少,但降雨量大且分布比较集中,仅5—7月大雨、暴雨场次就占了大雨、暴雨总场次的73%;大雨、暴雨降雨量分别占降雨总量35.31%和15%,两者之和为50.31%,超过了降雨总量的一半。

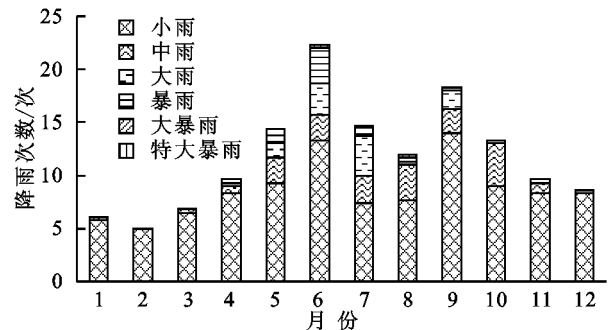


图4 2009—2012年年内日降雨强度平均场次分布情况

### 2.4 降雨集中度和集中期分析

集中度是利用向量分析的原理定义单站降水量时间分配特征的参数,是一个无量纲,可以定量地描述降水的集中程度,对年内降水分配非均匀性特征有很好的演示作用;集中期是定量的表述降雨的年内集中时段,具体指明一年中最大旬降水量出现在哪一个旬内。其计算公式为:

$$PCD_i = \sqrt{R_{xi}^2 + R_{yi}^2} / R_i$$

$$PCP_i = \arctan(R_{xi} / R_{yi})$$

$$R_{xi} = \sum_{j=1}^{36} r_{ij} \times \sin \theta_j$$

$$R_{yi} = \sum_{j=1}^{36} r_{ij} \times \cos \theta_j$$

$$\theta_j = (j-1) \times 360^\circ / 36$$

式中:PCD<sub>i</sub>为*i*年的降雨集中度;PCP<sub>i</sub>为*i*年的降雨集中期; $R_{xi}$ 、 $R_{yi}$ 分别为某测站*i*年逐旬降水量在坐标系中*x*、*y*轴上的投影之和; $R_i$ 为监测站*i*年内总降雨量; $r_{ij}$ 为*i*年 第 *j* 旬内的降雨量; $\theta_j$ 为年内第 *j* 旬降雨量的矢量角度;*i* 为年份(*i*=2009,2010,2011,2012);*j* 为年内的旬序(*j*=1,2,⋯,36)。可此可知,降雨集中度的取值为 0~1,值越大,说明降雨量越集中,降雨年内分配越不均匀。而降水集中期的计算是合成向量的方位角,指示每个旬降水量合成后的总体效应,也就是向量合成后重心所指示的角度。

由于 2009 年、2010 年两年 1—4 月份的数据没有,这里只分析 2011 年和 2012 年的年内降雨集中度;经计算得到 2011 年和 2012 年的降雨集中度分别为 0.81 与 0.78,两年的平均系数为 0.79,都大于 0.7,说明研究区的年内降雨分配比较集中,分配不均匀。而 2011 年和 2012 年的降雨集中期为 17.5,19.7,平均为 18.6,即为每年的 7 月上旬,但资料太少,反映了研究区的降雨集中在每年的第 18~20 个旬日,即为每年 6 月下旬至 7 月中旬。对比 2011 年和 2012 年的集中度和集中期,可以发现 2012 年的系数有所减小,集中期增大,说明 2012 年降雨有所分散,降雨集中区也随之移了。

2.5 年内分配不均匀系数

不均匀系数是根据变差系数定义的,是可以表示降雨量年内分配不均匀性的系数;这是用数学方法对降雨分配进行定量描述,科学的反映不均匀的程度,使降雨分配的不均匀性更加直观。其计算方法为:

$$C_{vy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (K_i / K - 1)^2}{12}}$$

式中: $C_{vy}$ 为降雨量年内分配不均匀系数; $K_i$ 为各月降雨量占年降雨总量的百分比; $K$ 为各月平均占全年百分比,即  $K=100\%/12=8.33\%$ ,不均匀系数是以月降雨量进行计算的,当雨量平均分到各月时,不均匀系数为 0,年内降雨在月际间的分配很均匀;当年降雨集中在某一个月时,不均匀系数为 1,分配极不均匀; $C_{vy}$ 值越大,说明降雨量相差越悬殊,年内分配就越不均匀。

经过计算,可以得到 2010—2012 年的不均匀系数分别为 0.802,0.808,0.803,三年的平均数为 0.804,都大于 0.8,接近 1,表明该地区的年内降雨分配是极不均匀的。这其中 2010 年 1—3 月没有数据,但这对我们的计算和总体分析降雨的年内分配特征的影响并不是很大,可以作为研究材料。

2.6 侵蚀性降雨的统计分析

对侵蚀性降雨的统计分析便于我们掌握其分配特

征及规律,从而更好地保护土壤,发展生产。张文源、王百田等<sup>[18]</sup>在对喀斯特黄壤区侵蚀性降雨及产沙特征分析研究中得出黄壤裸地的侵蚀性降雨指标采用最大 30 min 降雨强度,其取值在 9.6~10.2 mm/h,本文研究区植被覆盖一般,因此最大 30 min 降雨强度达到 10 mm/h 以上就会对土壤产生侵蚀。在 4 a 中的 701 场降雨中侵蚀性降雨有 91 场,占 12.98%。

图 5 是由自计雨量观测表统计出的 2009—2012 年各年内侵蚀性降雨降雨场次分布情况。由图可知:无论从 4 a 总体还是各年情况来看,侵蚀性降雨分布都不均匀,主要集中在 5—10 月,其中 6—7 月侵蚀性降雨次数最多,峰值出现在 7 月,达到 8 次以上。土壤侵蚀发生规律通常和侵蚀性降雨一致,所以其分配特征能为水土保持设计提供重要的参考,从而做好防护。

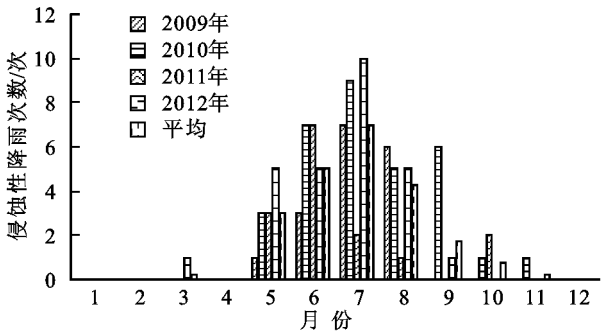


图 5 2009—2012 年年内  $I_{30}>10\text{ mm}$  降雨场次分布

3 结论

(1) 汛期为 5—8 月,降雨量为全年的 76%;6 月,7 月份降雨量最大,占四年降雨总量的 51%;11 月到第二年的 3 月降雨量最少,仅占四年降雨总量的 11.4%。

(2) 降水主要集中在每个月其中的某个旬内,这充分证明了月内降雨的不均匀性,并且这种分布特征很容易导致暴雨和洪涝灾害的发生。

(3) 从降雨场次来看,年降雨以中、小雨为主,各月均有,分配均匀;大雨、暴雨分配集中,主要在 5—7 月,分配极不均匀。而从降雨量来看,大雨、暴雨降雨场次虽然不足 15%,但是两者降雨量之和却超过了降雨总量的 50%。

(4) 对研究区的降雨集中度、集中期经过数学方法的计算分析,我们可以得到以下结论:1) 降雨集中度>0.75,分配比较集中。2) 降雨集中期的取值为 18.6,年内降雨集中在第 19 个旬日,即为每年的 7 月上旬。3) 年内分配不均匀系数>0.8,降雨分配不均匀的程度高。

(5) 无论从 4 a 总体还是各年情况来看,侵蚀性降雨分布都不均匀,主要集中在 5—10 月,其中 6—7 月侵蚀性降雨次数最多。

- 2334-2340.
- [13] 任书杰,于贵瑞,陶波,等.中国东部南北样带 654 种植物叶片氮和磷的化学计量学特征研究[J].环境科学,2007,28(12):2665-2673.
- [14] 任书杰,于贵瑞,姜春明,等.中国东部南北样带森林生态系统 102 个优势种叶片碳氮磷化学计量学统计特征[J].应用生态学报,2012,23(3):119-124.
- [15] 王晶苑,王绍强,李幼兰,等.中国四种森林类型主要优势植物 C, N, P 化学计量特征[J].植物生态学报,2011,35(6):587-595.
- [16] Han W, Fang J, Guo D, et al. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China[J]. New Phytologist, 2005,168(2):377-385.
- [17] 李从娟,徐新文,孙永强,等.不同生境下三种荒漠植物叶片及土壤 C, N, P 的化学计量特征[J].干旱区地理,2014(5):996-1004.
- [18] 潘复静,张伟,王克林,等.典型喀斯特峰丛洼地植被群落凋落物 C : N : P 生态化学计量特征[J].生态学报,2011,31(2):335-343.
- [19] 吴统贵,吴明,刘丽,等.杭州湾滨海湿地 3 种草本植物叶片 N, P 化学计量的季节变化[J].植物生态学报,2010,34(1):23-28.
- [20] Millard P, Grelet G A, Rennenberg H, et al. Nitrogen storage and remobilization by trees: ecophysiological relevance in a changing world. [J]. Tree Physiology, 2010,30(9):1083-1095.
- [21] 阎恩荣,王希华,郭明,等.浙江天童常绿阔叶林、常绿针叶林与落叶阔叶林的 C : N : P 化学计量特征[J].植物生态学报,2010,34(1):48-57.
- [22] Reich P B, Oleksyn J. Global patterns of plant leaf N and P in relation to temperature and latitude[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004,101(30):11001-11006.
- [23] 杨惠敏,王冬梅.草—环境系统植物碳氮磷生态化学计量学及其对环境因子的响应研究进展[J].草业学报,2011,20(2):244-252.
- [24] 谢锦升,杨玉盛,解明曙.亚热带花岗岩侵蚀红壤的生态退化与恢复技术[J].水土保持研究,2004,11(3):154-156.
- [25] 曾从盛.福建典型区生态环境研究[M].北京:中国环境科学出版社,2006.
- [26] 李守中,余丽凡,邹怡静,陈金梅袁宏伟方舟易.长汀侵蚀退化地区生态恢复过程中植被多样性与土壤肥力的变化研究[J].安徽农学通报,2008,14(19):49-51.
- [27] 郑怀舟,朱锦懋,李守中,等.福建长汀土壤严重侵蚀区马尾松树干液流对台风天气的响应[J].亚热带植物科学,2011,40(1):13-17.
- [28] 邢伟,吴昊平,史俏,等.生态化学计量学理论的应用、完善与扩展[J].生态科学,2015,34(1):190-197.
- [29] 赵颖,李守中,林培治,等.长汀水土流失区 5 种主要植物的气体交换和荧光特征比较研究[J].海南师范大学学报:自然科学版,2013,26(4):432-438.

~~~~~  
(上接第 155 页)

#### 参考文献:

- [1] 张志才,陈喜,王文,等.贵州降雨变化趋势与极值特征分析[J].地球与环境,2007,35(4):351-356.
- [2] 林鸿州,于玉贞,李广信,等.坡地地质灾害的减灾策略[J].水科学进展,2006,17(4):490-495.
- [3] 田育新,李锡泉,张灿明,等.植被恢复与重建过程中小流域降雨及水沙变化特征研究[J].湖南林业科技,2005,32(6):29-32.
- [4] 李娜,许有鹏,陈爽.苏州城市化进程对降雨特征影响分析[J].长江流域资源与环境,2006,15(3):335-339.
- [5] 张明珠,俞烦,宋新山,等.岷江中上游及青衣江流域近 50 年来降水变化特征分析[J].南水北调与水利科技,2008,6(3):46-53.
- [6] 张钰,唐颖丰,韩克明,等.洮河流域径流年内分配变化规律分析[J].干旱区资源与环境,2011,25(9):71-74.
- [7] 王兆礼,陈晓宏,杨涛.东江流域径流序列年内分配特征研究[J].人民黄河,2011,33(2):37-39.
- [8] 邢万秋,王卫光,吴杨青,等.淮河流域降雨集中度的时空演变规律分析[J].水电能源科学,2011,29(5):1-5.
- [9] 刘士余,章俊霞,罗志军,等.近 50 年赣西北大坑小流域径流对降雨的响应[J].水土保持研究,2012,19(1):19-22.
- [10] 王纪军,裴铁璠,顾万龙,等.降水年内分配不均匀性指标[J].生态学杂志,2007,26(9):1364-1368.
- [11] 刘士余.降雨与植被变化对赣西北大坑小流域水文特征的影响研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [12] 代俊峰,张学洪,王敦球,等.北部湾经济区径流、降雨分配特点及其变化分析[J].中国农村水利水电,2011(6):1-3.
- [13] 刘文莉.基于格点数据的近 52a 来陕西省降水量时空变化特征[D].兰州:西北师范大学,2014.
- [14] 黄晓亚,陈喜,张志才,等.西南喀斯特地区降雨集中度及其变化特征分析:以乌江流域中上游为例[J].地球与环境,2013(3):203-208.
- [15] 顾璟冉,张兴奇,顾礼彬,等.黔西高原侵蚀性降雨特征分析[J].水土保持研究,2016,23(2):39-43.
- [16] 刘伟,何俊仕,陈杨.浑河流域降水与径流变化特征及同步性分析[J].水土保持研究,2016,23(1):150-154.
- [17] 周赞,胡顺.毕节市喀斯特石漠化的成因及防治措施[J].贵州大学学报:自然科学版,2007,24(4):421-425.
- [18] 张文源,王百田,杨光敏,等.喀斯特黄壤区侵蚀性降雨及产沙特征分析[J].生态环境学报,2014,23(11):1776-1782.