

# 浙江省降雨侵蚀力时空分布规律分析

何锡君<sup>1</sup>, 吕振平<sup>1</sup>, 杨轩<sup>2</sup>, 王安明<sup>3</sup>

(1. 浙江省水文局, 杭州 310009; 2. 浙江省水利河口研究院, 杭州 310020; 3. 浙江省水利厅, 杭州 310009)

**摘 要:** 以全省 508 个雨量站点的长系列逐日降雨资料, 利用基于日降雨信息的月降雨侵蚀力模型, 估算了浙江省的降雨侵蚀力, 分析了其时空分布规律。结果表明: 浙江省降雨侵蚀力总体趋势是自北向南递增; 降雨侵蚀力年内分配主要集中在 4—9 月, 占年均降雨侵蚀力的 77.7%, 根据年降雨侵蚀力的季节分配特征, 可以将浙江省划分为 3 个类型区; 降雨侵蚀力的年际变化在空间上东南沿海及海岛地区明显高于其他地区。

**关键词:** 浙江省; 日降雨量; 降雨侵蚀力; 时空分布

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0031-04

## An Analysis on Spatial-Temporal Distribution of Rainfall Erosivity in Zhejiang Province

HE Xijun<sup>1</sup>, L. Zhenping<sup>1</sup>, YANG Xuan<sup>2</sup>, WANG Anming<sup>3</sup>

(1. Zhejiang Province Hydrology Bureau, Hangzhou 310009, China; 2. Zhejiang Institute of Hydraulics and Estuary, Hangzhou 310020, China; 3. Department of Water Resources of Zhejiang Province, Hangzhou 310009, China)

**Abstract:** In order to estimate rainfall erosivity accurately and analyze the spatial distribution and temporal change of rainfall erosivity, a monthly rainfall erosivity model was adopted to calculate the rainfall erosivity in Zhejiang province by using daily rainfall data from 508 stations during 1956–2005. The results show that the spatial distribution of the  $R$  value appears increasing trend from north to south. The seasonal distribution of the  $R$  value is centralized and the percentage of  $R$  value from April to September is 77.7%. According to the seasonal changing character of  $R$  value, three regions are classified in Zhejiang province; The  $C_v$  of  $R$  value of year is higher in southeast coastal and island than other region in the spatial distribution.

**Key words:** Zhejiang province; daily rainfall; rainfall erosivity; spatial-temporal distribution

降雨侵蚀力是降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,是导致水土流失最重要的外部驱动力。因此,分析降雨侵蚀力时空分布特征,准确评估降雨对土壤侵蚀的潜在作用,对土壤流失的预报、水土保持规划等具有重大意义。自从美国学者 Wischmeier 等提出降雨侵蚀力因子  $R$  的计算方法,并将其应用于通用土壤流失方程(USLE)中降雨侵蚀力的计算<sup>[1]</sup>,之后该指标的计算在世界范围内得到广泛应用。由于用  $R$  值计算降雨侵蚀力需要有系统的次降雨过程资料,而在许多国家和地区很难获得这样的资料,加上资料的整理与计算十分繁琐,因此一般利用水文、气象部门常规雨量站统计的降雨资料如日雨量、月雨量、年雨量或其它雨量参数来估算降雨侵蚀力<sup>[2]</sup>。而在不同类型统计降雨资料估算的降雨侵蚀力中,以日雨量计算多年

平均侵蚀力的精度最高<sup>[3]</sup>。

浙江省属典型的亚热带季风气候区,雨量丰沛,多年平均雨日为 140~170 d。梅雨期是全省主要雨季,通常每年 3—7 月的春雨和梅雨降水量最为丰富,中西部地区全年 60% 以上的降雨量集中在这期间。7—8 月为盛夏,干旱少雨,沿海一带有台风带来降雨;入秋后,9 月有一短暂秋雨期;10 月至翌年 2 月降水最少,多以晴冷天气为主。5—10 月为台风影响期,台风影响或者登陆时,带来大暴雨,全省短历时暴雨极值多发生在东部沿海。针对上述研究和浙江省的实际情况,采用逐日雨量资料计算浙江省近 50 a 来的降雨侵蚀力,评估降雨对土壤侵蚀的潜在作用能力,分析降雨侵蚀力的时空变化规律,为浙江省的水土流失治理和水土保持规划提供科学依据。

收稿日期: 2010-04-22

资助项目: 浙江省水利厅科技项目(RC0909)

作者简介: 何锡君(1982—),男,浙江余姚人,硕士,从事水土保持和水资源保护工作。E-mail: swjhjxj@163.com

## 1 资料与方法

浙江省水文部门拥有国家基本雨量站近 600 处, 为满足本次分析需要, 以资料可靠性、系列一致性、区域代表性为原则, 结合全省降雨特性和分布规律, 选取 508 个雨量站, 作为降雨侵蚀力计算依据, 平均站点密度为  $200 \text{ km}^2/\text{站}$ 。选取的雨量站分布全省各流域(区域), 其中钱塘江流域 202 站, 瓯江流域 82 站, 沿海及海岛 67 站, 太湖流域 62 站, 椒江流域 33 站, 甬江流域 27 站, 飞云江流域 15 站, 鳌江流域 10 站, 出境河流 10 站。降水量资料系列基本统一为 1956–2005 年。无论是站点密度、资料精度和系列长度均可满足侵蚀力分析计算要求。

降雨侵蚀力通常用降雨动能和某一时段(通常为

$$R_m = \begin{cases} 40.36 P_{mer}^{1.521} \cdot \left(\frac{P_{mer}}{D_{mer}}\right)^{1.726} \cdot \left(\frac{P_m}{D_m}\right)^{0.162} \cdot Z_{3m}^{1.445} & (A) \\ 0.084 P_m^{2.23} \cdot D_m^{0.566} \cdot Z_m^{0.565} & (B) \\ 0 & (C) \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $R_m$ ——月降雨侵蚀力 [ $\text{J} \cdot \text{mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ];  $P_{mer}$ ——月侵蚀性雨量 (mm), 即某月内日雨量  $\geq 12.7 \text{ mm}$  的雨量总和;  $D_{mer}$ ——月侵蚀性降水日数 (d), 即某月内日降雨量  $\geq 12.7 \text{ mm}$  的降雨天数;  $P_m$ ——月雨量 (mm), 即某个月内的降雨量总和;  $D_m$ ——降水日数 (d), 即某月内出现降雨, 并且日雨量在  $0.6 \text{ mm}$  以上的天数;  $Z_{3m}$ ——某月内降雨量最大的 3 日的日雨量之和 (mm);  $Z_m$ ——某月内降雨量最大的 1 日的日雨量 (mm)。

当某月内, 如果有 1 日或 1 日以上, 其日雨量  $\geq 12.7 \text{ mm}$  时, 该月的降雨侵蚀力计算使用式(1)中(A)式; 当某月内, 如果无一日日雨量超过  $12.7 \text{ mm}$  时, 该月的降雨侵蚀力计算使用使用式(1)中(B)式; 当某月内, 如果无降雨时, 或者所有的日降雨量均小于  $0.6 \text{ mm}$  时, 使用式(1)中(C)式,  $R_m$  值取 0。

计算年降雨侵蚀力时, 只需要将 1 年内 12 个月的降雨侵蚀力相加即可, 即:

$$R_a = k \sum_{i=1}^{12} R_m \quad (2)$$

式中:  $R_a$ ——年降雨侵蚀力 [ $\text{MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ ];  $k$ ——单位换算修正参数,  $k = 0.01$ , 无量纲;  $R_m$  同式(1)。

利用式(1)、(2)计算各雨量站 1956–2005 年逐月降雨侵蚀力, 经汇总后得到各雨量站的年降雨侵蚀力、多年平均降雨侵蚀力等。

## 2 结果与分析

### 2.1 降雨侵蚀力空间分布

在计算出各站点的多年平均降雨侵蚀力后, 采用

30 min) 最大降雨强度的乘积表示, 如  $EI_{30}$  等。由于这种算法需要长期的且连续的自记雨量资料, 使应用范围受到很大限制, 许多学者提出了降雨侵蚀力的替代算法<sup>[4-9]</sup>。通过对各种算法性能比较, 利用在本省具有典型代表性的兰溪市水土保持综合试验站、嵊州市水土保持科学试验站长年降雨过程观测资料, 选择基于日降雨信息的月降雨侵蚀力计算模型<sup>[10]</sup>。该模型提出了侵蚀性降雨量 ( $P_{mer}$ )、侵蚀性降雨日数 ( $D_{mer}$ ) 和极端降雨量 ( $Z_m$ 、 $Z_{3m}$ ) 等 3 组新的指标, 建立了更加适合浙江省和我国南方水蚀区的月降雨侵蚀力复合因子模型; 建立模型时, 剔除小雨量低雨强的降雨, 提高了模型的估算精度, 并通过侵蚀性降雨日数 ( $D_{mer}$ ) 指标与侵蚀性雨量 ( $P_{mer}$ ) 之比, 很好地将降雨强度反映在模型当中。其表达式如式(1)。

Kriging 内插方法进行空间内插, 得到浙江省多年平均降雨侵蚀力等值线图, 见图 1。从图 1 可以分析得出, 浙江省多年平均降雨侵蚀力总体趋势是自北向南递增, 在东南沿海和与江西、福建交界的西南山区  $R$  值较大, 而在东北部的杭嘉湖平原及杭州湾两岸的平原区和舟山群岛  $R$  值最低。浙江省多年平均降雨侵蚀力变化范围在  $3\,016.5 \sim 8\,548.5 (\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ , 平均值为  $4\,683.6 (\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ , 多年年均降雨量变化范围在  $1\,100 \sim 2\,400 \text{ mm}$ , 平均值为  $1\,603.8 \text{ mm}$ 。在西南部浙闽交界地区、东南部雁荡山区、东部四明山区和沿海三门湾一带等形成降雨侵蚀力的高值中心, 降雨侵蚀力  $R$  值一般都在  $6\,500 (\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$  以上, 降雨量在  $2\,000 \text{ mm}$  以上。在东北部杭嘉湖地区和舟山群岛形成降雨侵蚀力的低值中心, 降雨侵蚀力  $R$  值一般都在  $3\,500 (\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$  以下, 降雨量在  $1\,200 \text{ mm}$  以下。在中部地区降雨侵蚀力值范围在  $3\,500 \sim 5\,000 (\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$  之间, 降雨量在  $1\,200 \sim 1\,600 \text{ mm}$  之间。在东南沿海地区和西部地区降雨侵蚀力范围值在  $5\,000 \sim 6\,500 (\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$  之间, 降雨量在  $1\,600 \sim 2\,000 \text{ mm}$  之间。

### 2.2 降雨侵蚀力的年内变化特征

浙江省降雨侵蚀力年内主要集中分布于 4–9 月 (雨季), 占全年的 77.7%, 其中最大月份降雨侵蚀力发生在 6 月, 占年降雨侵蚀力的 17.6%, 其次是 8 月占 15.5%, 9 月占 14.3% (图 2)。分析结果表明: 降雨侵蚀力的年内分布规律与浙江省降雨量的年内分

布规律基本是一致的, 所不同的是降雨侵蚀力的季节变化与降雨量的季节变化并不完全一致, 表现在降雨侵蚀力各月间的差异明显大于降雨量的差异, 4-9 月的降雨量累计百分比( 70. 2%) 低于同期降雨侵蚀力的累计百分比( 77. 7%) , 而 1- 3 月和 10- 12 月的降雨量百分比均高于同期的降雨侵蚀力百分比, 这种差异主要是由不同时期的降雨特性引起的, 1- 3 月和 10- 12 月的降雨雨强小, 而 4- 9 月则多为大雨或暴雨, 次降雨的雨强高, 雨滴动能大, 因此, 导致同样的降雨量, 小雨强的降雨侵蚀力较小, 大雨强的降雨侵蚀力则较大。

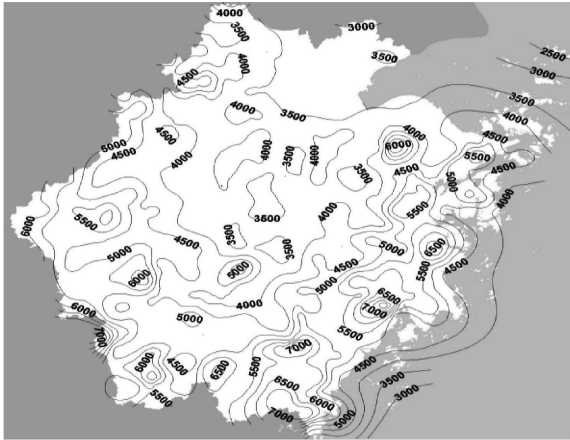


图 1 浙江省多年平均降雨侵蚀力等值线图

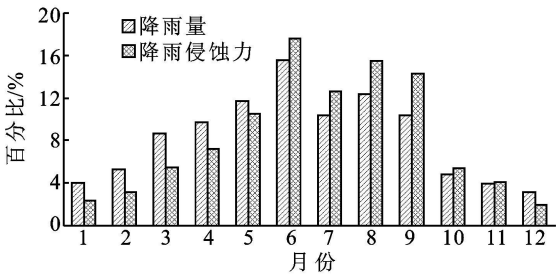


图 2 多年平均各月降雨及降雨侵蚀力占全年值的百分比

应用统计分析软件 SPSS 12. 0 对各站点多年平均降雨侵蚀力的年内分布特征采用 K- Means Cluster 方法进行聚类分析, 可将浙江省多年平均降雨侵蚀力的年内分布划分为 3 个类型区( 图 3)。第 1 类型区主要分布在浙江省西南部, 占浙江省总面积的 20. 7%。第 2 类型区主要分布在浙江省的东南沿海, 占浙江省总面积 21. 3%。第 3 类型区主要分布在浙江省中部和东北部, 占浙江省总面积的 58%。图 4 显示不同类型区降雨侵蚀力的季节分布状况, 其中第 1 类型区的降雨侵蚀力年内变化呈单峰, 4- 7 月的降雨侵蚀力占全年的 60. 4 % , 主要位于梅雨主控区, 这些地区全年 60% 以上的降雨量集中在 4- 7 月的梅雨期, 雨量较大, 降雨频繁, 降雨侵蚀力集中度相对较高; 第 2 类型区的降雨侵蚀力年内变化呈单峰, 6- 9

月的降雨侵蚀力占全年的 67. 1 % , 主要位于台风雨主控区, 这些地区主要受台风影响, 台风登陆时, 带来大暴雨, 全省短历时暴雨极值多发生在该区域, 降雨侵蚀力集中度在 3 种类型中最高; 第 3 类型区的降雨侵蚀力年内变化呈双峰, 第 1 个峰 4- 6 月的降雨侵蚀力占全年的 35. 5 % , 第 2 个峰 7- 9 月的降雨侵蚀力占全年的 40. 9 % , 主要位于梅雨台风雨兼容区, 这些地区有两个相对比较明显的雨季, 分别为梅雨期和台风雨期, 但雨强相对较弱, 降雨侵蚀力集中度相对较低。

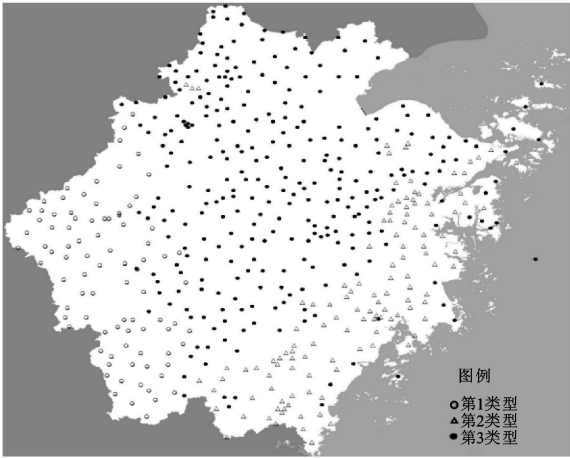


图 3 浙江省降雨侵蚀力分布类型图

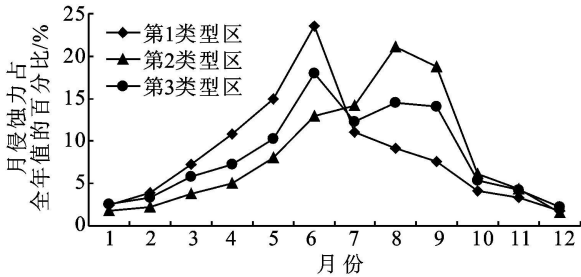


图 4 不同类型区降雨侵蚀力的季节分布状况图

2.3 降雨侵蚀力年际变化

基于浙江省 508 个雨量站连续 50 a 降雨资料情况, 用 2 种指标来说明年际变化特征: 一是作为衡量系列相对离差程度的参数, 变差系数( $C_v$ ) ; 二是作为衡量系列不对称程度的系数, 偏态系数( $C_s$ ) 。

从图 5 可以分析得出, 全省站点  $C_v$  值的范围在 0. 222~ 0. 937 之间, 平均值为 0. 352。空间分布上东南沿海及海岛地区的  $C_v$  值明显高于其他地区。年际变化较大的区域分布在舟山群岛, 宁波市境内的奉化、宁海、象山, 台州市境内的临海、三门、温岭、玉环, 温州市境内的乐清、洞头、苍南、平阳。这些区域的  $C_v$  值一般都在 0. 45 以上。其余地区的  $C_v$  值在 0. 25~ 0. 35 之间。全省站点  $C_s$  值的范围在- 0. 18~ 5. 93 之间, 共有 3 个站点的  $C_s$  值小于零, 分别为: 义乌市国湖站- 0. 18、象山县石浦站- 0. 18、天台县岩下站- 0. 07,

其余站点的  $C_s$  值均大于零,说明各个地区的  $R$  值在年际变化的过程出现的大于该地区平均侵蚀力的侵蚀量的次数要比小于该地区平均侵蚀力的侵蚀量的次数要少,即  $R > R_{\text{平均}}$  现象出现的频率小于 50%。



图 5 年降雨侵蚀力值的变差系数分布图

3 结论

以浙江省的 508 个测站近 50 a 的逐日雨量资料,计算了多年平均降雨侵蚀力( $R$  值),并初步分析了全省降雨侵蚀力的时空分布状况。

(1) 浙江省的多年平均降雨侵蚀力范围在  $3\,016.5 \sim 8\,548.5 \text{ (MJ} \cdot \text{mm) / (hm}^2 \cdot \text{h)}$ ,平均值为  $4\,683.6 \text{ (MJ} \cdot \text{mm) / (hm}^2 \cdot \text{h)}$ 。

(2) 降雨侵蚀力主要集中分布于 4– 9 月,占全年的 77.7%,其中最大月份降雨侵蚀力发生在 6 月,占年降雨侵蚀力的 17.6%。

(3) 根据降雨侵蚀力的季节分布进行聚类分析,将浙江省划分 3 个类型区:梅雨主控区、台风雨主控区、梅雨台风雨兼容区,各类型区之间的季节分布有明显的差异。

(4) 降雨侵蚀力的变差系数( $C_v$  值)变化范围在 0.222~ 0.937 之间,平均值为 0.352。

参考文献:

[1] Wischmeier W H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation [J]. Soil Science Society Proceed-

ings, 1959, 23(3): 246-249.  
[2] Renard K G, Freimund J R. Using monthly precipitation data to estimate the  $R$ - factor in the revised USLE[J]. Journal of Hydrology, 1994, 157: 287-306.  
[3] 章文波,付金生. 不同类型雨量资料估计估算降雨侵蚀力[J]. 资源科学, 2003, 25(1): 35-41.  
[4] 王万忠,焦菊英,郝小品,等. 中国降雨侵蚀力  $R$  值的计算与分布(⑤)[J]. 水土保持学报, 1996, 10(1): 29-39.  
[5] 周伏建,陈明华,林福兴,等. 福建省降雨侵蚀力指标  $R$  值[J]. 水土保持学报, 1995, 9(1): 13-18.  
[6] 谢云,刘宝元,章文波. 侵蚀性降雨标准研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 6-11.  
[7] 郭新波,王兆骞,张如良. 浙江红壤区降雨侵蚀力季节分布于日雨量模型研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 35-37.  
[8] 胡续礼,姜小三,杨树江,等. 利用日雨量模型进行伏牛山区降雨侵蚀力的初步研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 195-197.  
[9] 章文波,谢云,刘宝元. 利用日雨量计算降雨侵蚀力的方法研究[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 705-711.  
[10] 杨轩,梁音,方继青,等. 基于日降雨信息的月降雨侵蚀力模型[J]. 土壤学报, 2010, 47(2): 216-222.