

# 不同样本序列下侵蚀性雨量标准的研究

金建君<sup>1</sup>, 谢云<sup>1</sup>, 张科利<sup>2</sup>

(1. 华东师范大学 河口海岸国家重点实验室, 上海 200062; 2. 北京师范大学 资源与环境科学系, 北京 100875)

**摘要:** 侵蚀性降雨标准可以将发生侵蚀和不发生侵蚀的降雨区分开来, 但它的拟定需要基于一定的降雨样本。利用黄河流域子洲径流实验站 1962—1969 年降雨径流观测资料, 分析了不同样本年数与拟定的侵蚀性雨量标准的关系, 结果表明, 足够多的样本数才能保证雨量标准的稳定性, 但考虑到资料的易获得性和计算的工作量, 5 a 序列的观测资料, 已经满足拟定侵蚀性雨量标准的要求。

**关键词:** 样本序列; 侵蚀性雨量标准

文献标识码: B

文章编号: 1000—288X(2001)02—0031—03

中图分类号: P331.1, S157.1

## A Study on Erosive Rainfall Standards Based on Different Sample Sizes

JIN Jian-jun<sup>1</sup>, XIE Yun<sup>1</sup>, ZHANG Ke-li<sup>2</sup>

(1. National Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, PRC;

2. Department of Resource and Environment Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, PRC)

**Abstract:** Erosive rainfall standard, which can pick out erosive rainfall from all rainfall events, has to be determined based on the rainfall samples. How the sample size influences the erosive rainfall standard has not been reported yet. According to the rainfall and runoff data during 1962—1969 attained from Zizhou experiment station in the Yellow river basin, the effects of sample size on the values of erosive rainfall standards were studied. To get the stable rainfall standard, large samples were needed. But considering the data available and not too much work, 5—year data were enough for determining the erosive rainfall standard.

**Keywords:** samples sizes; erosive rainfall standard

## 1 引言

降雨是引起土壤侵蚀的主要动力因子。但并不是所有降雨都能产生土壤侵蚀, 能够引起土壤侵蚀的降雨称为侵蚀性降雨<sup>[1]</sup>。将发生侵蚀和不发生侵蚀的降雨区分开来的某种降雨参数的临界值, 称为侵蚀性降雨标准, 本文采用 1 次降雨过程的降雨量作为该降雨参数, 故称为侵蚀性雨量标准。据王万忠等的研究<sup>[2]</sup>, 我国黄土高原地区, 每年引起土壤流失的降雨量约占年总雨量的 26.7% (130 mm 左右); 侵蚀性降雨次数约占年总降雨次数的 7.2% (年平均 7.7 次, 最多年 16.8 次, 最少年 2.2 次); 年最大 1 次降雨所产生的土壤流失量可占全年总流失量的 66.4%; 在侵蚀性降雨中, 50% 的降雨次数可集中 96.8% 的流失量。因此拟定侵蚀性降雨标准, 对于进行土壤侵蚀预报具有重要意义。

拟定侵蚀性降雨标准, 要基于降雨样本, 样本的质量和序列长短对于分析结果会有影响。统计规律

表明, 随着样本个数的增多, 样本序列的延长, 统计结果会趋于稳定。但是, 多样本的选取一方面受到实际资料可获得性的限制, 另一方面又会增加一定的工作量。因此, 如能确定合适的样本数, 既能获得稳定的统计结果, 又可以减少统计的工作量。这对于拟定侵蚀性降雨标准意义很大, 因为在实际工作中, 与拟定侵蚀性降雨标准有关的降雨径流观测资料往往年限较短, 样本数较少。江忠善<sup>[3]</sup>、加荣生<sup>[4]</sup>等在拟定黄土高原侵蚀性降雨标准时, 分别采用了 1963—1967 年 34 次, 和 29 次观测资料。张宪奎<sup>[5]</sup>等在拟定黑龙江省侵蚀性降雨标准时, 利用 4~5 a 共 97 个样本。杨子生<sup>[6]</sup>在拟定云南侵蚀性雨量标准时, 用 1995—1997 年 3 a 共 56 次降雨资料。赵富海<sup>[7]</sup>拟定张家口雨量标准时, 用了 1991—1992 年的资料。综上所述, 我国研究者在拟定侵蚀性降雨标准时, 采用的都是侵蚀性降雨资料, 且样本数长短各异。Wischmeier 在拟定侵蚀性降雨标准, 则利用了全美国约 4 000 个小区 1a 资料<sup>[8]</sup>。样本数差异如此之大, 到底会对拟定的

标准有何影响? 由于目前尚未见到与此有关的研究, 因此, 本文将利用黄河流域子洲径流实验站 1962—1969 年降雨径流观测资料, 通过给定不同序列长度的降雨样本数, 探讨降雨样本数变化, 对侵蚀性雨量标准的影响。

## 2 资料和方法

本文选取黄河流域子洲径流实验站 1962—1969 年资料。径流和降雨资料均取自 7 号小区, 土壤类型为黄绵土, 土地利用类型为传统农地。小区面积  $5740\text{m}^2$ , 长 136 m, 平均宽度 42 m, 坡度从上到下分别为 44.5%, 173% 和 34.4%。由于雨量站搬迁或观测间断等原因, 无法保证同一雨量站降雨资料的连续性, 为此在间断年份、选择距离尽可能接近的雨量站资料替补。相距最远的 3 号雨量站与 7 号小区距离也只有 55 m 左右, 因此可以认为是同一站点的降雨资料。降雨资料包括发生侵蚀和不发生侵蚀的降雨过程, 摘录降雨过程时, 如果降雨间歇在 6 h 以内, 则算作一次降雨过程, 否则分为 2 次降雨过程计算次降雨量。从 1962—1969 年 8 a 共摘录降雨过程 304 次 (表 1), 其中发生侵蚀的降雨 60 次。

表 1 1962—1969 年雨量站的次降雨过程资料选取

年份	雨量站	地点	记录日期	记录次数
1962	团山沟(坡面)流量站	团山沟左岸峁坡	0707—0926	20
1963	团山沟 4 号站	左岸峁坡三场观测房顶	0603—0922	31
1964	团山沟 4 号站	左岸峁坡三场观测房顶	0531—0915	47
1965	团山沟 7 号站	左岸七场峁边线上	0501—0925	33
1966	团山沟 7 号站	左岸七场峁边线上	0522—1001	47
1967	团山沟 3 号站	左岸峁坡三场观测房顶	0517—1008	47
1968	团山沟 2 号站	右岸九场峁坡	0523—1009	42
1969	团山沟站	七场沟条地上游处	0511—0929	37

本研究中, 所有样本的侵蚀性雨量标准, 均基于以下原则拟定: 发生侵蚀而被漏选的降雨侵蚀力之和, 等于未发生侵蚀而被多选的降雨侵蚀力之和, 由于二者相抵, 提高了侵蚀性降雨侵蚀力的计算精度。但由于降雨事件的离散性, 很少会发生二者完全相等的情况, 因此取它们最为接近时所对应的降雨量。具体计算过程如下: 将所有降雨事件的雨量、降雨侵蚀力和土壤侵蚀量, 按降雨量由小到大排序, 求出所有

降雨事件的侵蚀力之和, 然后对有侵蚀的降雨侵蚀力由小到大累加(无侵蚀的降雨侵蚀力设为 0), 对无侵蚀的降雨侵蚀力由大到小累加(有侵蚀的降雨侵蚀力设为 0), 两列数据差值的绝对值最小值对应的降雨量, 即为侵蚀性降雨的雨量标准。

为了研究样本变化对侵蚀性雨量标准的影响, 对 1962—1969 年 304 次降雨资料进行如下处理, 首先分别计算 1962, 1963, ..., 1969 年每 1 a 的侵蚀性雨量标准, 然后再计算 1962—1963, 1963—1964, ..., 1968—1969 年每 2 a 的侵蚀性雨量标准, 依次类推, 最后计算 1962—1969 年 8 a 的侵蚀性雨量标准。这样得到不同年限长度下的雨量标准。分别用每种年限长度对应的侵蚀性雨量标准的最大值、最小值两种极端情况, 以及平均值, 分析不同年限长度时雨量标准的变化, 进而拟合雨量标准与年限长度之间的函数关系。用变差系数反映不同年限长度雨量标准的稳定性, 定义如下:

$$C_v = S/\bar{x} \quad (1)$$

式中:  $C_v$ ——变差系数;  $S$ ——标准差;  $\bar{x}$ ——平均值。用相对误差表示每一年限长度雨量标准与总样本雨量标准的差异, 相对误差定义为:

$$R_E = |R_i - R|/R \quad (2)$$

式中:  $R_E$ ——相对误差/%;  $R_i$ ——每一年限长度的雨量标准/mm;  $R$ ——总样本的雨量标准/mm。给定一个相对误差水平, 就可以确定一种年限长度下的雨量标准, 及它与总样本确定的雨量标准相差多大。

## 3 结果

表 2 是不同年限长度对应的侵蚀性雨量标准。当年限短, 样本数小的时候, 雨量标准差异较大, 如只取 1 ( $N=1$ ) 时, 雨量标准的最大值为 19.9 mm, 最小值仅为 8.8 mm, 二者相差 11.1 mm。

随着年数的增多, 样本数增多, 雨量标准的差异逐渐减小。当年限长度为 6 a ( $N=6$ ) 时, 雨量标准相差 1.0~1.2 mm, 当  $N=7$  时, 相差仅 1 mm, 雨量标准趋近于稳定。

表 2 不同年限长度的侵蚀性雨量标准

序列长度	侵蚀性雨量标准/mm							
$N=1$	19.9	16.1	10.1	15.6	9.0	9.8	12.4	8.8
$N=2$	16.1	11.1	11.1	11.8	11.8	12.8	10.3	
$N=3$	15.2	15.6	10.2	11.8	11.9	12.4		
$N=4$	15.6	11.8	11.8	12.8	11.8			
$N=5$	14.1	12.0	12.0	12.0				
$N=6$	14.0	12.8	11.8					
$N=7$	13.0	12.0						
$N=8$	12.8							

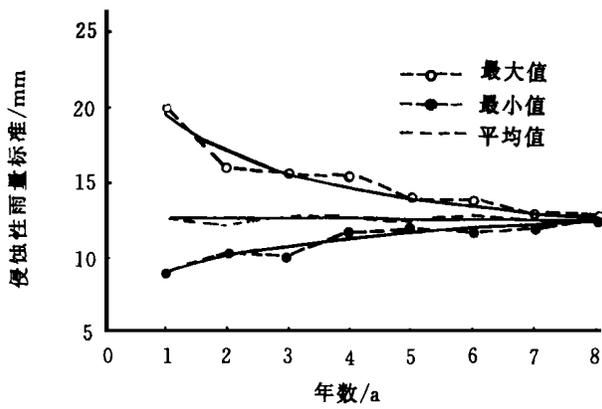


图 1 侵蚀性雨量标准随样本年数增加的变化

图 1 是不同年限长度对应的雨量标准最大值、最小值和平均值的变化, 以及它们的拟合曲线。当年限短的时候, 雨量标准之间的差异比较大。随着年数的增多, 雨量标准之间的差异减少, 趋于稳定, 且分别由最大值和最小值向平均值趋近。最大值的拟合曲线是负指数形式, 表示随样本数增多的递减性。最小值的拟合曲线是正指数形式, 表示随样本数增多的递增性。拟合曲线的决定系数均在 0.9 以上, 表明最大值和最小值的变化可由方程解释 90% 以上。平均值的拟合曲线则是直线形式, 然而决定系数很低, 表明平均值变化不大。拟合曲线公式如下:

$$\text{最大值: } y = 19.488 x^{-0.198} \quad R^2 = 0.950$$

$$\text{最小值: } y = 9.035 x^{0.160} \quad R^2 = 0.922$$

$$\text{平均值: } y = 0.026 x^{+12.5} \quad R^2 = 0.069$$

式中:  $y$  —— 侵蚀性雨量标准;  $x$  —— 年数。

表 3 不同年限长度侵蚀性雨量标准的相对误差与变差系数 %

年数	侵蚀性雨量标准的相对误差							合格率	变差系数	
$N=1$	55.5	25.8	21.1	21.9	29.7	23.4	3.1	31.3	12.5	32.0
$N=2$	25.8	13.3	13.3	7.8	7.8	0	19.5		42.9	15.7
$N=3$	18.8	21.9	20.3	7.8	7.0	3.1			50.0	16.4
$N=4$	21.9	7.8	7.8	0.0	7.8				80.0	12.9
$N=5$	10.2	6.3	6.3	6.3					100.0	8.4
$N=6$	9.4	0.0	7.8						100.0	8.6
$N=7$	1.6	6.3							100.0	5.7
$N=8$	0.0								100.0	0

注: 合格率是指某一年限长度时, 雨量标准相对误差小于 10% 的数目与总数目的百分比。

随着选取的年限的增多, 雨量标准的相对误差减小, 变差系数也在减小(表 3)。如果只选取 1 a 的样本数, 平均相对误差为 26.5%, 变差系数达到 32.0%, 雨量标准的波动很大。但如果取 7 a 的样本

数, 平均误差只有 3.9%, 变差系数为 5.7%, 雨量标准趋于稳定。如果以相对误差为 10% 作为拟定雨量标准的合格界限, 则样本年数为 1 时的合格率只有 12.5%, 年数为 2 时的合格率为 42.9%, 年数为 3 时的合格率为 50%, 年数为 4 时的合格率为 80%, 而当年数为 5 或超过 5 时, 合格率达到 100%。因此可以认为当有 5 a 降雨资料时, 样本数已经满足了拟定侵蚀性雨量标准的要求。

## 4 结 论

根据黄河流域子洲径流实验站团山 7 号小区 1962—1969 年降雨径流资料, 通过分析不同年限长度与雨量标准的关系, 我们发现, 随着选取资料的年限增长, 样本数增多, 侵蚀性雨量标准逐渐趋近于一个稳定值, 拟定的雨量标准的相对误差和变差系数都在减小。如果以不同年限长度雨量标准相对于总样本雨量标准的相对误差 10%, 作为拟定侵蚀性雨量标准的合格界限, 则选取 5 a 的资料序列, 已经可以满足拟定侵蚀性雨量标准的样本数要求。

### [ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 王万忠. 黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究[ J ]. 水土保持通报, 1984, 14(2): 58—63.

[ 2 ] 王万忠, 焦菊英. 中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[ J ]. 水土保持通报, 1996, 16(2): 1—20.

[ 3 ] 江忠善, 李秀英. 黄土高原土壤流失方程中降雨侵蚀力和地形因子的研究[ J ]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1988, 7: 40—45.

[ 4 ] 加生荣, 徐雪良. 黄丘(一)副区小流域降雨特性研究[ M ]. 见: 黄丘(一)副区小流域产流产沙数学模型及应用研究. 黄委会绥德水土保持科学试验站, 1992. 16—35.

[ 5 ] 张宪奎, 许谨华, 卢秀琴, 等. 黑龙江省土壤流失方程的研究[ J ]. 水土保持通报, 1992, 12(4): 1—9.

[ 6 ] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤流失方程研究[ J ]. 水土保持通报, 1999, 19(1): 1—9.

[ 7 ] 赵富海, 赵宏夫. 编制张家口市降雨侵蚀力 R 值图的研究[ M ]. 见: 永定河上游张家口市水土流失规律与土地改良利用. 北京: 环境科学出版社, 1995. 16—22.

[ 8 ] Renard K G, Foster G R, Weesies G A et al. Predicting Soil Erosion By Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [ M ]. U. S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 703, 1997. 23.