

# 黄土高原水土流失的时间分布规律

王 万 忠

(中国科学院西北水土保持研究所)

## 内 容 提 要

本文根据黄土高原地区11个小流域和6个坡面小区的多年水土保持资料,对本地区3种不同时间尺度(年际、季节、频次)的水土流失分布特征进行了分析研究,求得了有关分布特性参数、数学方程式及分布变化曲线。

黄土高原水土流失的一个显著特点是时间分布变化复杂,均匀性差。所以,分析本地区水土流失时间分布的基本特征,对于认识黄土高原水土流失规律,制定水土保持规划和治理措施,是十分重要的。关于本地区水土流失时间分布规律的分析研究工作,虽在有些资料中见到,但多见于应用大中流域的年观测资料进行个例分析,这不仅不能确切反映本地区水土流失时间分布的普遍规律,而且也不便小流域治理的具体参考和应用。鉴于这一研究工作迄今尚无专文讨论,我们根据本地区11个小流域和6个坡面小区的多年观测资料,从年际分布、季节分布、频次分布3种时间尺度,分析了水土流失的时间分布规律,并通过特性参数、数学方程式、变化曲线3种形式来表示水土流失时间分布的规律性。

## 一、水土流失的年际分布

年际分布的特性指标,主要是年际变化幅度和差异程度。关于年际变化幅度,用离

---

材的综合利用,迅速提高利用率。

**七、要颁发水土保持法规,加强水土保持的宣传教育。**我们有《森林法》,也要有《水土保持法》,这是影响国脉民命的大事,应该有纪有法,遵纪守法。不过,任何法规的推行,必须建立在广大群众的觉悟基础上。《森林法》之难于遵守执行,就在于并未成为广大群众的《森林法》。我们今后的封山法规、育林制度,都要变成广大人民自己的乡规民约,才能得到恪遵毋违。要用各种形式进行广泛的宣传教育,家喻户晓,深入人心;要拍摄电影,搞幻灯片,到城乡放映;运用展览、讲座、巡回演出等,普及水土保持、植树造林教育;还应编写学校教材,从小就进行知识灌输,提高文化水平,形成社会风气;共同努力,使有林县的植被覆盖率达到70%以上,水土严重流失区的植被覆盖率不低于50%,创造一个绿林遍布、山青水秀的美丽的江西省。

表 1

黄土高原水土流失年际分布特性参数

参数	小 流 域			坡 面		
	产流雨量	径流模数	侵蚀模数	产流雨量	径流模数	侵蚀模数
$C_v$	0.53	0.98	1.13	0.86	1.24	1.49
$\beta_1$	1.84	2.62	2.71	2.34	3.74	3.96
$\beta_2$	0.34	0.10	0.04	0.13	0.018	0.013
$\beta_3$	5.41	26.20	67.40	18.00	207.80	304.60

差系数 $C_v$ 表示；关于差异程度，用比值参数 $\beta$ 表示。 $\beta$ 共有三个指标， $\beta_1 = \frac{\text{最大年值}}{\text{平均年值}}$ ，

$\beta_2 = \frac{\text{最小年值}}{\text{平均年值}}$ ， $\beta_3 = \frac{\text{最大年值}}{\text{最小年值}}$ 。表 1 是根据延安、绥德、西峰、天水等地小流域和坡面实测资料求得的水土流失年际分布特性参数值。

从表 1 的结果可以看出，黄土高原水土流失的年际分布均匀性甚差。其分布变化的基本特征有以下几点：

(一) 从降雨、径流和土壤侵蚀这三者的年分布均匀性来看，土壤侵蚀年分布均匀程度最差，变幅最大，径流量分布次之，降雨量分布相对最为均匀。例如，坡面和小流域的年离差系数 $C_v$ 均值，侵蚀模数为 1.31，径流模数为 1.11，产流雨量为 0.70。侵蚀模数 $C_v$ 值为径流模数的 1.18 倍，为产流雨量的 1.87 倍。再如参数 $\beta_3$ 值，侵蚀模数平均为 186.4，径流模数平均为 117.0，产流雨量平均为 11.7。侵蚀模数 $\beta_3$ 值为径流模数的 1.59 倍，为产流雨量的 15.9 倍。

(二) 从坡面和小流域这二者的年分布均匀性来看，坡面较小流域分布均匀性差，年变幅大。这里我们可以看看坡面和小流域侵蚀模数年分布的差异程度。侵蚀模数 $C_v$ 值，坡面为 1.49，小流域为 1.13，坡面等于小流域的 1.32 倍。 $\beta_3$ 参数坡面为 304.6，小流域为 54.2，坡面等于小流域的 5.62 倍。

(三) 流域特征和地形条件虽对年水土流失量有很大影响，但对水土流失的年际分布均匀性影响不大。例如，我们求得黄土丘陵区小流域的年平均侵蚀模数为 8,122.4 吨/平方公里；其年离差系数 $C_v$ 平均为 1.11；黄土高原区小流域的年平均侵蚀模数为 2,080.0 吨/平方公里，其年离差系数 $C_v$ 平均为 1.29。结果侵蚀模数二者相差很大，而 $C_v$ 值却差异不大。我们对 6 个 5—28° 的不同坡面年际分布情况也进行了比较计算，并用 $C_v'$ 表示 6 个不同坡面的水土流失量和水土流失年际分布的差异情况。结果 6 个坡面的侵蚀模数量离差系数 $C_v' = 0.94$ ，侵蚀模数年分布均匀性 $C_v' = 0.09$ 。可见坡度和坡形条件对水土流失年分布均匀性的影响远比它对水土流失量的影响小得多。所以，表 1 的有关参数可以反映黄土高原小流域水土流失年际分布的普遍规律。

为了定量地反映本地区水土流失的年际分布特征，在求得上述有关参数的同时，我们又建立了累积年数同累积径流量变化、累积侵蚀量变化的两种相关关系式，并

用 $\alpha\sim\beta$ 形式表示。这里 $\beta$ 是指累积年数百分数， $\alpha$ 是指累积径流量、侵蚀量百分数（按年水土流失量的大小顺序排列）。通过对延安、绥德两地小流域和绥德、天水两地坡面小区实测资料的回归分析计算，求出了下述4个方程式：

(一) 径流模数年际分布为

$$\text{坡面: } \alpha = \frac{\beta}{0.0074\beta + 0.26}; \quad r = 0.9945 \quad (1)$$

$$\text{小流域: } \alpha = \frac{\beta}{0.0066\beta + 0.34}; \quad r = 0.9980 \quad (2)$$

(二) 侵蚀模数年际分布为

$$\text{坡面: } \alpha = \frac{\beta}{0.0084\beta + 0.16}; \quad r = 0.9870 \quad (3)$$

$$\text{小流域: } \alpha = \frac{\beta}{0.0076\beta + 0.24}; \quad r = 0.9963 \quad (4)$$

从上述4个式可以看出，本地区水土流失的年际累积变化呈双曲函数分布。 $\alpha$ 值的大小反映了年际分布集中程度的高低。从上述4个式的相对计算结果看，坡面较小流域相对 $\alpha$ 值大，集中程度高；侵蚀模数较径流模数相对 $\alpha$ 值大，集中程度高。例如，当 $\beta=10\%$ 时，(1) — (4) 式的 $\alpha$ 值分别为30.30%；24.39%；40.67%；31.25%。可见(3)式最大，(2)式最小。上述4个式所得结果表明，本地区土壤流失的年际分布集中程度相当高。就平均而言，一个小流域假若有10年的资料，那么一年的土壤流失量可占这10年总数的30%以上。例如，西峰杨家沟10年总土壤侵蚀模数为11,552吨/平方公里，其中一年的土壤侵蚀模数是5,380吨/平方公里，等于总数的46.6%。

## 二、水土流失的季节分布

季节分布的主要指标是月分配百分数和季节分布动态曲线。表2和图1，是根据本地区6个小流域525次降雨径流实测资料求得的水土流失月分配百分数和季节分布动态曲线。

表2 黄土高原水土流失季节分布特性参数

地区	参 数 意 义		月 份							全 年
			四	五	六	七	八	九	十	
北部地区	n%	产流次数分配 (%)	0.7	3.6	10.5	32.2	37.7	12.3	3.0	100.0
	R%	径流量分配 (%)	0.06	0.64	9.2	38.7	38.5	11.7	1.2	100.0
	L%	土壤侵蚀量分配 (%)	0	1.3	5.8	47.3	37.1	8.4	0.1	100.0
南部地区	n%	产流次数分配 (%)	2.8	7.1	12.4	19.5	29.5	20.9	7.8	100.0
	R%	径流量分配 (%)	2.0	4.9	18.1	24.6	27.3	13.7	9.4	100.0
	L%	土壤侵蚀量分配 (%)	3.1	10.5	14.3	40.1	25.4	6.2	0.4	100.0

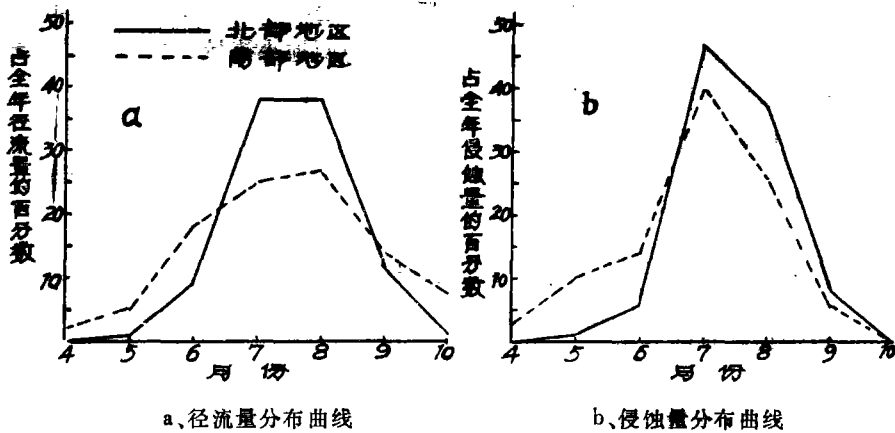


图 1、黄土高原水土流失季节分布动态曲线

从表 2 和图 1 的结果可以看出，水土流失的季节分布规律有以下几点：

(一) 受气候因素的影响（主要是降水因素），使得黄土高原南部地区和北部地区的水土流失季节分布有所不同。主要表现为以下两点：一是从分布均匀性看，南部较北部均匀性好，月变幅小；二是南部地区水土流失量主要集中在 6、7、8 三个月，其土壤流失量可占全年的 80%，而北部地区水土流失量主要集中在 7、8、9 三个月，其土壤流失量可占全年的 92.8%。

(二) 就整个黄土高原而言，产流次数最多的是 8 月份，可占全年总次数的 33.6%；径流量最多的是 8 月份，可占全年总径流量的 32.9%（略高于 7 月份）；土壤流失量最多的是 7 月份，可占全年总土壤流失量的 43.7%。为什么 7 月份的产流次数和径流量都低于 8 月份，而土壤流失量却远大于 8 月呢？其主要原因是由于暴雨强度的不同而引起的。

(三) 和水土流失的年际分布变化相同，水土流失的季节分布也是土壤侵蚀量较径流量变幅大，集中程度高。从水土流失量最为集中的 7、8 两月来看，径流量 7、8 两月可占全年的 64.6%，侵蚀量 7、8 两月可占全年的 74.9%。侵蚀量的集中程度较径流量的集中程度相对高出 10.3%。

### 三、水土流失的频次分布

频次分布的特性指标，主要是年发生频次的分布变化和水土流失量的次数分配。关于年发生频次的分布变化，用年频次离差系数  $C_r$ ，年最多次数  $n_1$ 、年最少次数  $n_2$ 、年平均次数  $n$ ，4 种参数分别表示。关于水土流失量的次数分配，用  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$  4 种参数分别表示。这 4 种参数的含义是： $C_1$  表示年平均最大一次水土流失量占全年总量的百分数； $C_2$  表示典型年最大一次水土流失量占全年总量的百分数； $\beta_1$  表示整个观测系列中最大一次水土流失量和平均一次水土流失量的比值； $\beta_2$  表示年最大一次水土流失量和年平均一次水土流失量的比值。表 3 是根据 11 个小流域和 6 个坡面的 1,000 多次实测资料平均求得的水土流失频次分布特性参数值。

表 8

黄土高原水土流失频次分布特性参数

	参 数 意 义	坡 面		小 流 域	
		径流量	侵蚀量	径流量	侵蚀量
$C_v$	年频次高差系数	0.82	0.82	0.58	0.58
$n_1$	年最多次数	14.3	14.3	19.2	19.2
$n_2$	年最少次数	1.0	1.0	3.4	3.4
$n_3$	年平均次数	5.8	5.8	9.6	9.6
$C_1$	年平均一次最大值占全年总量百分数 (%)	62.7	73.4	46.2	59.4
$C_2$	典型年一次最大值占全年总量百分数 (%)	98.3	100.0	74.0	90.2
$\beta_1$	系列最大值和系列平均值之比值	12.2	16.6	10.7	15.7
$\beta_2$	年一次最大值和年平均一次的比值	3.1	4.0	4.2	5.7

从表 3 的有关参数可以看出,本地区水土流失频次分布的基本规律有以下几点:

(一) 水土流失次数的年出现机率极不均匀,且坡面比小流域更甚。若以坡面和小流域二者参数的平均值计算,本地区水土流失频次变化的年离差系数为 0.7,年最多发生次数为 16.7 次,年最少发生次数为 2.2 次,年平均发生次数为 7.7 次。年最多次数为年最少次数的 7.6 倍。上述参数值是就黄土高原一般规律而言的,在个别地方,这一特点表现的更为突出。例如延安小砭沟,7 年中水土流失次数共 86 次,年离差系数为 0.9。年最多次数为 36 次,占总次数的 41.9%,为年平均次数的 4.2 倍。年最少次数只有 4 次,和年最多次数相差 8 倍。

(二) 本地区水土流失量的次数分配更不均匀,其不均匀程度坡面比小流域更甚。就坡面和小流域平均而言,平均年一次降水的土壤侵蚀量可占全年总侵蚀量的 66.4%,典型年可占到 95.1%。在个别地方,这一不均匀性就更显突出。例如绥德王茂庄沟,1960—1965 年 6 年中,36 次降水所引起的土壤侵蚀模数总量为 39,358.0 吨/平方公里。而 1961 年 8 月 1 日一次历时 4 小时的强暴雨所产生的土壤侵蚀模数为 24,520.0 吨/平方公里,等于这一年总土壤侵蚀模数的 99.8%,占 6 年 36 次总侵蚀量的 62.3%。

在求得水土流失频次分布有关参数的同时,我们又建立了产流次数累积百分数和水土流失量累积百分数两个相对变量的关系。图 2 是根据延安、绥德两地资料求得的水土流失量次数分配累积变化曲线。

从曲线上可以查得,当产流次数累积百分数为 10% 时,其相应的径流量为总量的 50%,侵蚀量为总量的 63.5%。当产流次数累积百分数为 50% 时,其相应的径流量可占总量的 92.5%,侵蚀量可占总量的 96.8%。由此可见,一个地方的水土流失量主要集中在几场高强度的暴雨中。

## 四、结 论

(一) 黄土高原水土流失的时间分布均匀性甚差。其分布均匀性的差异程度一般是

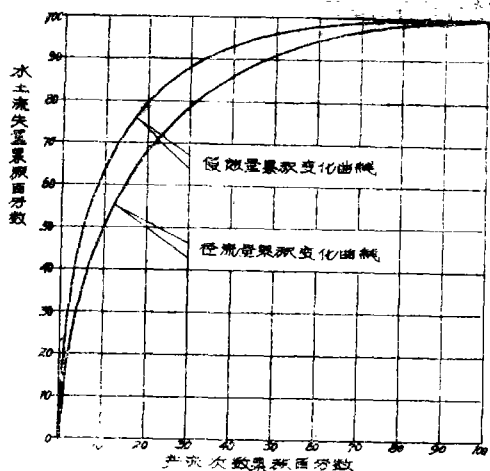


图2 黄土高原水土流失次数分配累积变化曲线

北部大于南部，坡面大于小流域，侵蚀量变化大于径流量变化。

(二)黄土高原土壤流失量的年分布离差系数在坡面为1.49,在小流域为1.24。累积年数和累积土壤流失量的变量关系曲线呈双曲线分布。本地区土壤流失量年分布的集中程度有两个特征值：一是在10%的年数中可集中土壤流失量的36.3%；二是在50%的年数中可集中土壤流失量的83.4%。

(三)黄土高原土壤流失量月分配最多为7月份，可占全年土壤流失量的43.7%；其次是8月份，可占全年土壤流失量的31.3%。这两月土壤流失量可占全年总量的75%。在南部地区，土壤流失量主要

集中在6—8月份，其土壤流失量可占全年总量的79.8%；在北部地区，土壤流失量主要集中在7—9月份，其土壤流失量可占全年的92.8%。

(四)黄土高原年平均土壤流失次数为7.7次，年最多土壤流失次数为16.7次，年最少土壤流失次数为2.2次。年频次分布离差系数为0.7。平均年一次降水的土壤流失量可占全年总量的66.4%，典型年可占95%以上。本地区土壤流失量频次分布的集中程度有两个特征值：一是10%的次数可集中63.5%的土壤流失量；二是50%的次数可集中96.8%的土壤流失量。

(五)引起本地区水土流失时间分布不均匀性的主要原因是降水时间分布的不均匀性，主要因素是暴雨的出现时间、移动路径、雨强特性。下垫面因素对其影响不大。

## THE REGULARITY OF DISTRIBUTION OF SOIL AND WATER LOSS WITH RELATION TO TIME IN LOESS PLATEAU

Wang Wanzhong

Northwestern Institute of Soil and Water Conservation

Academia Sinica

### ABSTRACT

According to soil and water loss data observed at 11 small watersheds and 6 slopes in Loess Plateau, features of soil and water loss in this region were analysed at three scales (year, season and time) and relevant parameters, equations and distribution graphs were produced.