

黄土高原侵蚀产沙的年际变化特征

焦菊英 王万忠 郝小品

中国科学院
水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100

摘要 该文采用 16 个特征指标,对黄土高原的侵蚀产沙年际变化特征进行了分析,得到了不同区域、不同流域的侵蚀产沙的年际变化特征值,并对其年际变化距平程度进行了分析。

关键词: 黄土高原 侵蚀产沙 年际变化 特征

Annual Variation Characteristics of Sediment Yield on the Loess Plateau

Jiao Juying Wang Wanzhong Hao Xiaopin

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi Province, 712100, PRC)

Abstract Annual variation characteristics of sediment yield on the loess plateau are analysed by using 16 feature indexes, and the annual variation characteristics of sediment yield in different regions and watersheds are obtained. The result showed that the annual average sediment yield (1955~ 1986) on the loess plateau was 15.2×10^8 t, the maximum sediment yield was 32.83×10^8 t (1958), the minimum was 4.96×10^8 t (1965), and the ratio between maximum and minimum was 6.62, between maximum and average was 2.16, the coefficient of variation was 0.56. On the loess plateau, there are 12 years in which sediment yield is more than average value, and 20 years in which sediment yield is less than average value, the proportion in the total years is 37% and 63% respectively; the sediment yield of more than average is 277.85t, the sediment yield of less than average is 208.52t, the percentage in the total sediment is 57% and 43% respectively. In the 32 years, the years in which sediment yield equals to less than 0.5 times, 0.5~ 1.0 times, 1.1~ 2.0 times and 2.1~ 3.0 times of the average sediment yield are 6, 15, 8 and 3 years; the proportion in the total years is 18.8%, 46.8%, 25.0% and 9.4% respectively.

Keywords: loess plateau; sediment yield; annual variation; characteristics

众所周知,黄土高原侵蚀产沙的年际变化很大,最大年产沙量往往是最小年的数倍,在有些地区达到数 10 倍。该文将黄土高原划分为 5 大区 and 11 个流域(干流区段) 122 个侵蚀产沙单元(区域划分和产沙量的计算方法见文献 1)。在对 122 个侵蚀产沙单元 1955~ 1986 年历年产沙量详细计算的基础上,按 5 大区、11 个流域(干流区段)分别统计了侵蚀产沙量的年际变化特征值。考虑到产沙量计算的方便,作者统计的区域范围以水系的界限为边界,包括河口镇以南,汾河以西,渭河以北,清水河、苦水河以东的全部地区,总面积为 336 948km²,这一区域范围实际上是黄河中游黄土高原的主体(黄河中游黄土高原面积约 38 万 km²)。5 大区和 11 个流域(干流区段)的划分见表 1 和图 1、图 2。

表 1 黄河中游 5 大区、11 个流域(干流区段)的基本情况

区号及流域号	区域范围	面积 (km ²)
5 大区	I 北部河口—吴堡区间	65616.0
	II 中部吴堡—龙门区间	64602.0
	III 中南部北洛河、泾河中上游地区	57461.0
	IV 西南部渭河上游, 祖厉河、清水河上中游地区	61466.0
	V 东南部汾河流域, 渭河中下游, 泾河、北洛河下游地区, 潼关—龙门区间的地区	87803.0
11 个流域(干流区段)	1 干流头道拐—府谷区段的红河、皇甫川、偏关河等流域	35979.0
	2 干流府谷—吴堡区段的窟野河、秃尾河、朱家川、湫水河、孤山川、岚漪河、蔚汾河等流域	29637.0
	3 无定河	30217.0
	4 延河、清涧河	9359.0
	5 干流吴堡—龙门区段减去无定河、延河、清涧河以外的三川河、昕水河、云崖河、仕望川等流域	25026.0
	6 北洛河	25154.0
	7 泾河	43216.0
	8 渭河	63744.0
	9 汾河	44273.0
	10 祖厉河	10647.0
	11 清水河、苦水河	19696.0
全区域	河口镇以南, 汾河以西, 渭河以北, 祖厉河、清水河、苦水河以东	336948.0

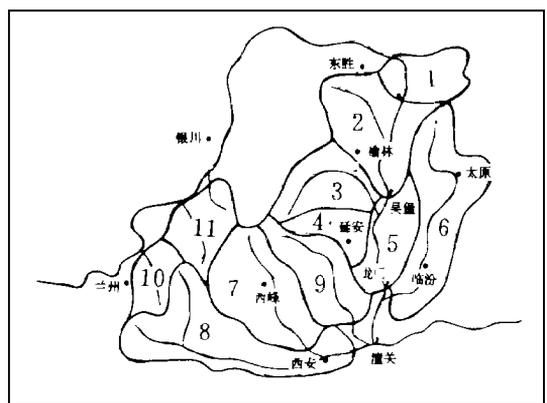
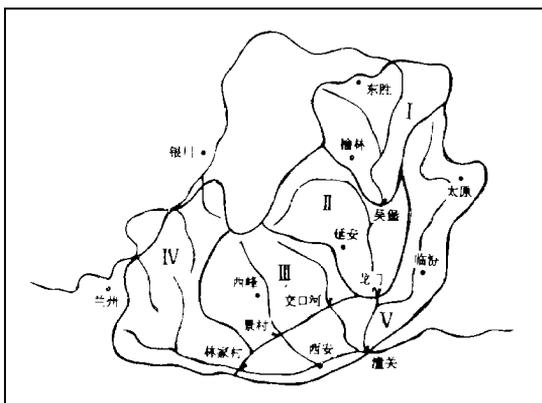


图 1 黄土高原产沙时空分布变化研究分区图

图 2 黄土高原产沙时空分布变化研究分流域(干流区段)图

关于侵蚀产沙的年际变化特征,作者用离散程度与分布不均匀性的 16 个特征指标表示,表 2 和表 3 是 5 大区 and 11 个流域侵蚀产沙量的年际变化特征参数。表中的指标意义为:

S_{avg} —— 年平均侵蚀产沙量($10^8 t$); S_{max} —— 最大年侵蚀产沙量($10^8 t$);

S_{min} ——最小年侵蚀产沙量 ($10^8 t$); $\frac{S_{max}}{S_{min}}$ ——最大年侵蚀产沙量与最小年侵蚀产沙量的比值倍数; $\frac{S_{max}}{S_{avg}}$ ——最大年侵蚀产沙量与年平均侵蚀产沙量的比值倍数;

C_v ——离差系数; n ——样本年数; $n_{> avg}$ ——正距平年数; $n_{< avg}$ ——负距平年数;

$\frac{n_{> avg}}{n}$ ——正距平年数占总年数的比例系数; $\frac{n_{< avg}}{n}$ ——负距平年数占总年数的比例系数;

$S_{> avg}$ ——正距平年份的侵蚀产沙量 ($10^8 t$); $S_{< avg}$ ——负距平年份的侵蚀产沙量 ($10^8 t$);

$\frac{S_{> avg}}{S}$ ——正距平年份的侵蚀产沙量占总产沙量的比例系数;

$\frac{S_{< avg}}{S}$ ——负距平年份的侵蚀产沙量占总产沙量的比例系数;

$S_{50\%}$ ——频率为 $P = 50\%$ 时的侵蚀产沙量; $\frac{S_{avg}}{S_{50\%}}$ ——年平均侵蚀产沙量与频率为 $P = 50\%$ 时侵蚀产沙量的比值系数。

表 2 5 大区侵蚀产沙年际变化特征参数(1955~ 1986 年)

区号	S_{avg}	S_{max}	S_{min}	$\frac{S_{max}}{S_{min}}$	$\frac{S_{max}}{S_{avg}}$	C_v	n	$n_{> avg}$	$n_{< avg}$	$\frac{n_{> avg}}{n}$	$\frac{n_{< avg}}{n}$	$S_{> avg}$	$S_{< avg}$	$\frac{S_{> avg}}{S}$	$\frac{S_{< avg}}{S}$	$S_{50\%}$	$\frac{S_{avg}}{S_{50\%}}$
I	4.56	16.34	0.82	19.91	3.58	0.67	32	12	20	0.38	0.63	89.30	56.60	0.61	0.39	0.60	1.27
II	3.51	10.44	0.61	17.15	2.97	0.75	32	11	21	0.34	0.66	71.36	40.95	0.64	0.36	2.70	1.30
III	3.48	9.53	0.79	12.10	2.74	0.65	32	10	22	0.31	0.69	63.45	47.95	0.57	0.43	2.80	1.24
IV	2.42	5.45	0.52	10.41	2.25	0.57	32	12	20	0.38	0.63	47.56	29.76	0.62	0.38	2.10	1.15
V	1.23	4.80	0.24	20.24	3.90	0.73	32	13	19	0.41	0.59	24.94	14.50	0.63	0.37	0.10	1.12
全区域	15.20	32.83	4.96	6.62	2.16	0.56	32	12	20	0.37	0.63	277.85	208.52	0.57	0.43	12.80	1.19

表 3 11 个流域侵蚀产沙年际变化特征参数(1955~ 1986 年)

区号	S_{avg}	S_{max}	S_{min}	$\frac{S_{max}}{S_{min}}$	$\frac{S_{max}}{S_{avg}}$	C_v	n	$n_{> avg}$	$n_{< avg}$	$\frac{n_{> avg}}{n}$	$\frac{n_{< avg}}{n}$	$S_{> avg}$	$S_{< avg}$	$\frac{S_{> avg}}{S}$	$\frac{S_{< avg}}{S}$	$S_{50\%}$	$\frac{S_{avg}}{S_{50\%}}$
1	1.78	5.51	0.35	15.92	3.09	0.52	32	12	20	0.38	0.63	30.82	26.18	0.54	0.46	1.5	1.19
2	2.78	10.83	0.39	28.13	3.90	0.83	32	11	21	0.34	0.66	58.25	30.65	0.66	0.34	2.2	1.26
3	1.46	4.40	0.24	18.33	3.01	0.79	32	13	19	0.41	0.59	34.44	12.31	0.74	0.26	1.1	1.33
4	0.86	2.98	0.15	20.15	3.47	0.84	32	12	20	0.38	0.63	19.20	8.26	0.70	0.30	0.5	1.72
5	1.19	5.18	0.08	66.24	4.35	0.90	32	12	20	0.38	0.63	26.06	12.02	0.68	0.32	1.0	1.19
6	0.86	2.28	0.16	14.69	2.64	0.67	32	13	19	0.41	0.59	18.86	8.76	0.68	0.32	0.7	1.23
7	2.75	7.40	0.48	15.27	2.70	0.65	32	10	22	0.31	0.69	49.82	38.04	0.57	0.43	2.2	1.25
8	2.13	4.87	0.43	11.46	2.29	0.55	32	13	19	0.41	0.59	42.18	25.82	0.62	0.38	1.8	1.18
9	0.53	2.11	0.04	59.48	3.95	0.89	32	12	20	0.38	0.63	12.30	4.78	0.72	0.28	0.4	1.33
10	0.59	1.80	0.10	18.04	3.07	0.71	32	13	19	0.41	0.59	12.60	6.17	0.67	0.33	0.5	1.17
11	0.28	1.39	0.04	37.89	5.04	1.03	32	8	24	0.25	0.75	5.34	3.49	0.60	0.40	0.2	1.38
全区域	15.20	32.83	4.96	6.62	2.16	0.56	32	12	20	0.37	0.63	277.85	208.52	0.57	0.43	12.8	1.19

1 侵蚀产沙量的年平均值、极值和离差系数

黄土高原全区域 1955~ 1986 年侵蚀产沙量年平均为 15.2 亿 t, 最大值为 32.83 亿 t(1958

年), 最小值为 4.96 亿 t (1965 年), 最大值与最小值的比值为 6.62 倍, 最大值与平均值的比值为 2.16 倍, 年离差系数 C_v 值为 0.56。

从 5 大区最大年产沙量与最小年产沙量的比值看, 比值最大是 V 区 (20.24 倍) 和 I 区 (19.91 倍), 比值最小的是 IV 区 (10.41 倍)。从 11 个流域 (干流区段) 最大值与最小值的比值看, 比值最大的是吴堡—龙门区段的三川河、昕水河、云崖河和仕望川等流域 (66.24 倍) 和汾河流域 (59.48 倍)。其次是清水河、苦水河 (37.89 倍), 其它流域的比值一般都在 15~20 倍。从总体看, 最大值与最小值的比值倍数与侵蚀程度有关, 愈是侵蚀程度轻的地区, 其最大年产沙量与最小年产沙量的比值倍数愈大。

从 5 大区最大年产沙量与年平均产沙量的比值看: 比值最大的也是 V 区 (3.90 倍) 和 I 区 (3.58 倍), 其它各区的比值倍数依次是 II 区 (2.97 倍), III 区 (2.74 倍), IV 区 (2.25 倍)。从 11 个流域 (干流区段) 最大值与平均值的比值看, 大部分在 2.5~4.0 倍之间, 最大的是清水河、苦水河流域 (5.04 倍), 最小的是渭河流域 (2.29 倍)。

从 5 大区侵蚀产沙量年际变化的离差系数 C_v 值看, 最大的是 II 区 (0.75) 和 V 区 (0.73), 最小的是 IV 区 (0.57), 11 个流域 (干流区段) 的 C_v 值大部分在 0.55~0.90 之间, 其中清水河和苦水河流域 C_v 值最大 (1.03)。

2 侵蚀产沙量的距平分布

从表 2 和表 3 的统计结果可以看出: 黄土高原全区域产量正距平年数为 12 年, 负距平年数为 20 年, 各占总年数的 37% 和 63%, 正距平产沙量为 277.85t, 负距平产沙量为 208.52t, 各占总产沙量的 57% 和 43%。从 5 大区看, 正距平年数占总年数的比例在 31%~41% 之间, 负距平年数占总年数的比值在 59%~69% 之间, 正距平年份产沙量占总产沙量的比例在 57%~64% 之间, 负距平产沙量占总产量的比例在 36%~43% 之间。11 个流域 (干流区段) 正距平年数占总年数的比例在 25%~41% 之间, 负距平年数占总年数的比例在 59%~75% 之间, 正距平产沙量占总产沙量的比例在 54%~74% 之间, 负距平产沙量占总产沙量的比例在 26%~46% 之间。从总体上来看, 大部分流域正负距平的年数比为 3.5:6.5, 正负距平的产沙量比为 7:3。

距平分布的另一表现在年平均值与距平 $P = 50\%$ 年值的差异上。从全区域看, 这种差异不很悬殊 (年平均产沙量为 15.2 亿 t, $P = 50\%$ 值为 12.8 亿 t, 比值系数为 1.19)。但从某一些区域看, 有的比值系数达到了 1.72 (延河、清涧河年平均产沙量为 0.86 亿 t, $P = 50\%$ 值为 0.5 亿 t, 比值系数为 1.72)。

3 侵蚀产沙量的距平程度

表 4 和表 5 是侵蚀产沙的距平程度, 其距平程度用 $\frac{S_i}{S_{avg}}$ 表示, S_i 是任一年产沙量值, S_{avg} 为多年平均产沙量值。当 $\frac{S_i}{S_{avg}} > 1$ 时为正距平, $\frac{S_i}{S_{avg}} < 1$ 时为负距平。

从表中结果可以看出: 从全区看, 在 32 年中, 正距平年数 11 年, 其中等于平均值 1.1~2.0 倍 (大于平均值 1 倍以内) 的有 8 年, 占 72.7%, 等于平均值 2.1~3.0 倍 (大于平均值 1 倍以上) 的有 3 年, 占 27.3%, 等于平均值 3.0 倍以上 (大于平均值 2 倍以上) 的没有; 在 32 年中, 负

表 4 黄土高原侵蚀产沙距平程度(发生年数)

$\frac{S_i}{S_{avg}}$	5 大区					11 个流域											全区域
	I	II	III	IV	V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
> 3.0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
2.1- 3.0	1	5	4	3	1	0	2	4	3	2	3	4	2	4	1	5	3
1.1- 2.0	10	6	6	9	11	11	8	8	8	9	10	6	11	7	11	2	8
0.5- 1.0	15	11	17	15	11	17	11	6	8	11	10	17	14	8	10	13	15
< 0.5	5	10	5	5	8	3	10	13	12	9	9	5	5	12	9	11	6

表 5 黄土高原侵蚀产沙距平程度(发生年数比例)

$\frac{S_i}{S_{avg}}$	5 大区					11 个流域											全区域
	I	II	III	IV	V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
> 3.0	3.1	0.0	0.0	0.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0	3.1	3.1	3.1	0.0
2.1- 3.0	3.1	15.6	12.5	9.4	3.1	0.0	6.3	12.5	9.4	6.3	9.4	12.5	6.3	12.5	3.1	15.6	9.4
1.1- 2.0	31.3	18.8	18.8	28.1	34.4	34.4	25.0	25.0	25.0	28.1	31.3	18.8	34.4	21.9	34.4	6.3	25.0
0.5- 1.0	46.9	34.4	53.1	46.9	34.4	53.1	34.4	18.8	25.0	34.4	31.3	53.1	43.8	25.0	31.3	40.6	46.9
< 0.5	15.6	31.3	15.6	15.6	25.0	9.4	31.3	40.6	37.5	28.1	28.1	15.6	15.6	37.5	28.1	34.3	18.8

距平年数 21 年, 其中, 等于平均值 0.5~ 1.0 倍(小于平均值 1 倍以内)有 15 年, 占 71.4%, 等于平均值 0.5 倍以下(小于平均值 1 倍以上)的有 6 年, 占 28.6%。各区域间距平程度差异较大, 例如, 等于平均值 1.1~ 2.0 倍的正距平年数 V 区有 11 年, II, III 区只有 6 年, 11 个流域清水河、苦水河只有 2 年, 而渭河、祖厉河达到 11 年。

参 考 文 献

- 1 王万忠, 焦菊英 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙 北京: 科学出版社, 1996

(上接第 67 页)

10 年耕耘结硕果, 10 年治理获丰收。五华县的水土保持工作在取得各项效益的同时, 也吸引了不少国际友人, 各级领导及同行的参观、检查、指导, 从而提高了五华县的知名度。

4 结 束 语

水土保持是有利当代, 造福子孙后代的伟大事业, 它关系到民族的兴衰, 生态环境的改善, 国民经济的振兴。从五华县治理水土流失的对策可以看出, 不论哪种流失类型, 只要经过治理, 水土流失都可以得到控制, 而且通过治理可以取得显著的效益, 使流失区人民尽快脱贫致富。

水土保持是关系到生态环境的改善, 人民生活水平的提高, 穷山恶水面貌的改变, 关系到国计民生的大事, 水土保持是全社会的系统工程, 它是一门多学科的自然科学, 希望全社会都要重视、关心、支持水土保持工作, 把这利在当代, 功在千秋的伟大事业, 坚持不懈地抓下去, 使祖国的山河青山常在, 绿水长流!