

水蚀风蚀交错带小流域不同地层 侵蚀产沙量及其特征*

张平仓 查 轩 唐克丽

(中国科学院 水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)
(水利部)

摘 要 水蚀风蚀交错带土壤侵蚀特征, 尤其是不同产沙地层对流域侵蚀产沙量的影响为研究的薄弱环节。以水蚀风蚀交错带六道沟小流域为例, 结合4年的观测资料, 按地层层位、颗粒组成、岩性特征等将侵蚀产沙地层分为4类, 并通过抗冲抗蚀、崩解试验等进行了产沙能力定性分析。在此基础上, 运用等粒径对比分析法建立了六道沟小流域不同产沙地层的相对产沙量数学模型, 计算得出老黄土₃(L₃)、老黄土₂(L₂)、新黄土(L₁)、风成沙(S)的相对侵蚀产沙量比例为1 6.8 5.4 4.3, 而反映侵蚀产沙能力的侵蚀模数比为1 1.5 5.1 4.0。

关键词 水蚀风蚀交错带; 六道沟流域; 侵蚀产沙地层; 侵蚀产沙量

The Watershed Erosion- Sediment Yield and Characteristics of Different Stratum in Water- Wind Erosion Crisscross Region

Zhang Pingcang Zha Xuan Tang Keli

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

Abstract The study of soil erosion characteristics in the water- wind erosion crisscross region, especially, the influence of the different erosion- sediment yield stratum to the sediment yield of the watershed has been the weak spot all along. In this paper, the stratum exposed on the surface of Liudaogou watershed, Jin- Shaan- Meng water- wind erosion crisscross region can be divided into four types based on the stratigraphic succession, grain composition and rock features. Using the anticouring, antieroding and cracking experiments, the erosion- sediment yield capability of different stratum has been analysed qualitatively. Using the equal grain contrasting analysis and establishing the erosion- sediment yield mathematical model, the comparative erosion- sediment yield of old loess (L₃), old loess (L₂), new loess(L₁) and sand (S) can be counted, and has shown that the proportion is 1

6.8 5.4 4.3, and the erosion modulus proportion which shows the erosion-sediment yield capability is 1 1.5 5.1 4.0.

Key words water-wind erosion crisscross region; Liudaogou watershed; erosion-sediment stratum; erosion-sediment yield

广义的土壤侵蚀是指各种外营力过程对陆地表面,包括土壤在内的不同组成物质的侵蚀、搬运和堆积过程。因此,不同的侵蚀物质,作为各种外营力作用的对象对于土壤侵蚀过程有着举足轻重的影响。水蚀风蚀交错带的土壤侵蚀营力兼有水力和风力,加之产沙地层的复杂性,对流域侵蚀产沙量的预报增加了难度。本文的立足点正是通过一些试验研究,来探索晋陕蒙水蚀风蚀交错带不同地面组成物质的侵蚀产沙能力,以便为建立该地区小流域土壤侵蚀定量模型提供依据和必要的参数指标。

1 研究地区概况

本文研究工作属于“八五”国家科技攻关课题“神木水蚀风蚀交错带生态环境整治技术及试验示范研究”的一部分,在该研究基地神木六道沟小流域进行。

六道沟小流域位于神府煤田中心,距神木县城以西约14km,是窟野河的二级支沟,地理位置 $N 30^{\circ}46' \sim 38^{\circ}51'$, $E 110^{\circ}21' \sim 110^{\circ}23'$ 。流域面积 6.89km^2 ,主沟长4.21km,流向自南而北。盖沙黄土丘陵的地貌景观和半干旱的气候决定流域环境十分脆弱^[1],水蚀风蚀交错并迭加,土壤侵蚀十分强烈,水土流失面积 5.46km^2 ,占总面积的79.28%,侵蚀模数平均为 $15\ 040\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

六道沟流域在构造上是一个古老的地台区,中生代时期发展成为一个大型内陆盆地,并接受了巨厚的陆相碎屑沉积及大规模的聚煤作用。历经燕山运动、喜山运动,到第四纪早更新世晚期和中更新世早期距今大约148~46万年期间^[2],流域水系格局基本形成,以后随着气候向干旱的发展演化,逐步成为今日之典型的盖沙黄土丘陵地貌景观。

流域地处毛乌素沙地和陕北黄土丘陵的过渡地带,地面总体平缓,略呈南高北低,西高东低缓坡状起伏,海拔高度1 081~1 273.9m,相对高差129.1~192.94m,沟谷深切使地形显得十分破碎,但风成沙的披覆,在一定程度上缓和了这种破碎的景观。流域主沟比降平均26.25‰,属典型高比降沟谷,并发育三级跌水。沟谷面积占总面积32.66%,平均沟壑密度 $6.45\text{km}/\text{km}^2$ 。

流域属中温带半干旱气候,气候变化剧烈,年均气温 8.4°C ,1月平均最低气温 -9.7°C ,7月平均最高气温 23.7°C ,极端最高 38.9°C ,最低 -28°C ,年均日较差 13.8°C 。年均降水量437.4mm。其中6~9月降雨量占全年的77.4%,年最大降水量819.8mm,最小108.6mm,暴雨洪水和干旱灾害交替发生,一日最大降水量132mm,但大旱10年一遇,中旱3年一遇,小旱年年都有。区内大风,沙尘暴频繁,年均风速 $2.2\text{m}/\text{s}$,年均大风日数16.2d,最长达44d,沙尘暴年均10.7d,最多22d,年均蒸发力785.4mm,干燥度1.8。

在以上气候地形作用下,流域主要植被为半干旱草原,有效植被面积仅为10.43%,且多为人工植被,天然植被已基本被破坏殆尽。

2 主要的侵蚀产沙地层

基岩地层, 第四纪黄土沉积物(老黄土和新黄土)、风成沙和各种冲洪积及坝地淤积物, 其分布如图 1、图 2, 出露面积见表 1。

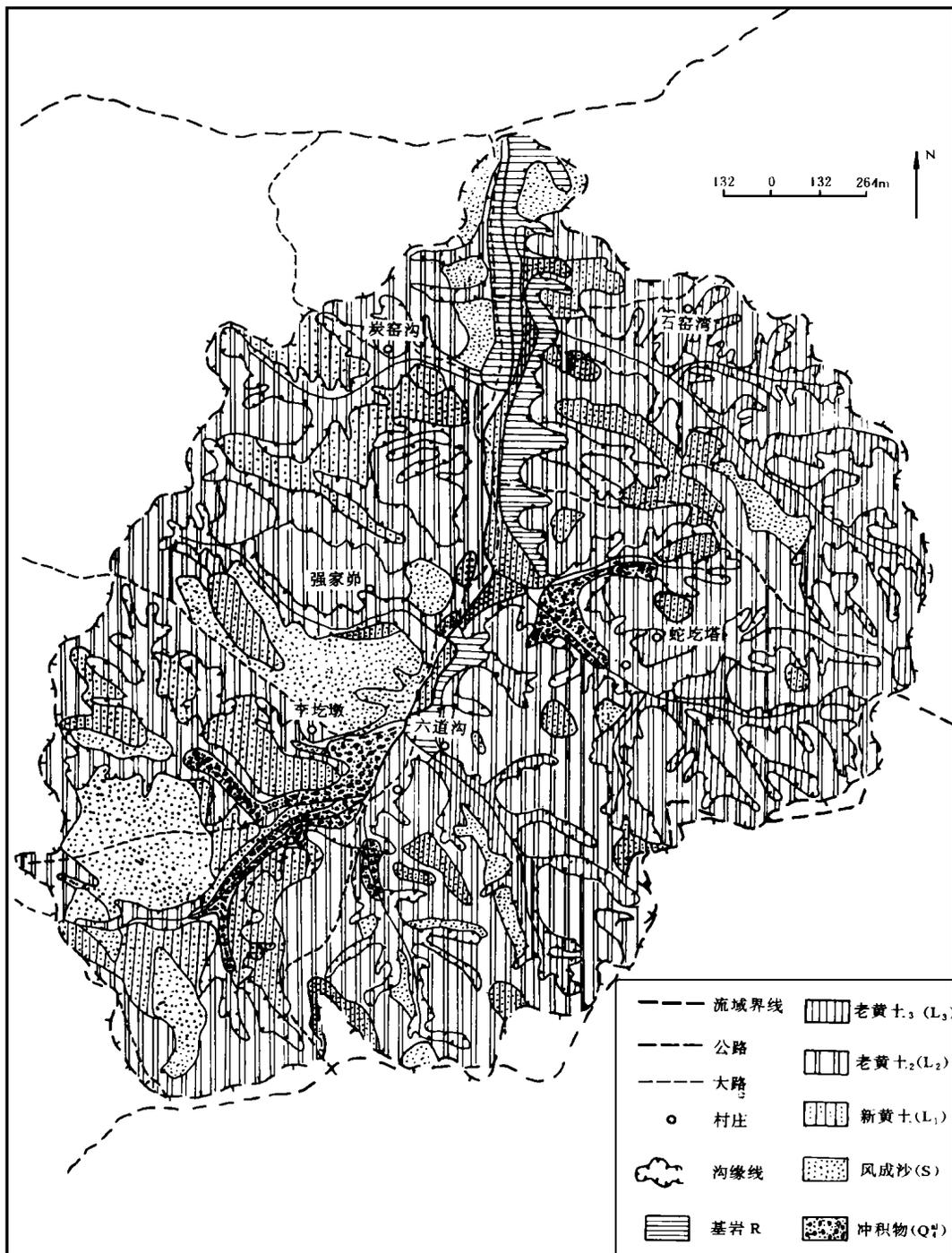


图 1 六道沟流域产沙地层出露分布

Fig. 1 The erosion-sediment stratum distribution map

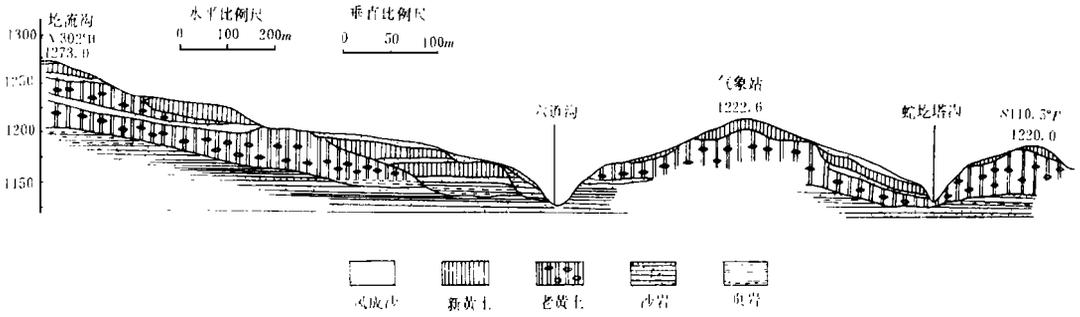


图 2 六道沟流域产沙地层典型断面

Fig. 2 The typical section of erosion-sediment stratum

表 1 不同产沙地层出露面积

Tab. 1 The area of different stratum

地层	基岩(R)	老黄土 ₃ (L ₃)	老黄土 ₂ (L ₂)	新黄土(L ₁)	风成沙(S)	冲积物(Q ₄)	合计
面积(km ²)	0.1765	0.8601	3.8577	0.9184	0.9314	0.146	6.89
占总面积(%)	2.56	12.48	55.99	13.33	13.52	2.12	100

中生代基岩主要是侏罗系的灰白色、灰黄色沙岩、泥岩、页岩及互层，并夹含煤层，出露高度在下游约 30~40m，由于基岩出露面积小，仅占 2.56%，且多出露下游，产状水平，实际产沙意义有限，所以在研究计算产沙量时，将其忽略不计。

黄土沉积物是六道沟流域最主要的第四纪地层，也是流域地貌发育最充分的物质，出露面积 82.16%。对于该地区第四纪黄土沉积物，以往研究较少。由于资料不足，本文仅从侵蚀产沙角度出发，将流域内出露的黄土地层根据出露位置，层位顺序，黄土层本身的颜色，钙质结核特征，侵蚀特点以及粒度组成等，由老至新，由下至上，由细至粗划分为 3 种类型，即老黄土₃(L₃)，老黄土₂(L₂)，新黄土(L₁)及风成沙(S)，见图 1 和表 2。

老黄土₃(L₃)系黄土之中最老的地层，由棕红色、棕黄色粉沙质亚粘土组成，0.01~0.05 粉沙级含量占 49.5%，质地密实坚硬，抗蚀性强，常形成黄土峭壁。同时所含粘粒表面具有铁锰质斑纹和白色钙质网纹，表面呈块状剥落，侵蚀方式多以泻溜为主。老黄土₃(L₃)之中含有大量且分布密集的钙质结核层，结构形状多为长圆柱形，最长者可达 1m 以上，直径 2~10cm 不等。老黄土₃(L₃)与下伏基岩基本上呈水平不整合，主要分布于流域深切沟谷的下部，局部分水岭高地也有暴露。老黄土₃(L₃)目前出露面积占 12.48%。

老黄土₂(L₂)，系棕黄色、灰黄色细沙质亚粘土，大于 0.05mm 的粒级含量较 L₃ 明显增高，平均占 53.82%，结构较疏松，是目前切沟、坡面的主要组成物质，也是流域最主要的侵蚀产沙地层，分布面积占 55.99%。L₂ 剖面之中，常夹有 2~4 层古土壤层，古土壤层之下均有钙质结核层。黄土层本身垂直节理发育，易发生崩塌和滑坡。

新黄土(L₁)系浅黄色风积沙黄土，结构疏松，多孔隙，垂直节理发育，含植物根系及少量白色斑点，因剥蚀吹扬和冲刷的缘故，新黄土厚度不足 10m，目前主要残存于流域沟谷分水岭的低平部位以及中下游两岸的阶地面上，与风积沙往往呈复区分布，面积占 13.33%，且有减少趋势。

总之,流域第四纪黄土沉积物是目前侵蚀最主要的物质,不仅受到水力侵蚀的作用,风力侵蚀也十分强烈,正是在这种双重作用下,新黄土的分布面积愈来愈小,而老黄土的出露面积越来越大,重新代替上覆地层接受这种双重侵蚀作用。

表 2 不同地层(基岩除外)颗粒级组成分析结果

Tab. 2 The grain composition of different stratum

地层类型	利用	粒径(mm) 组成级含量百分数(%)						
		1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	> 0.05	< 0.01
老黄土 ₃ (L ₃)	原状土	0.56	40.33	47.53	6.40	5.17	40.89	11.57
老黄土 ₃ (L ₃)	剥蚀物	0.10	49.36	34.73	5.93	9.86	49.46	15.79
老黄土 ₃ (L ₃)	弃耕地	0.44	24.66	65.37	2.70	6.64	25.10	9.34
老黄土 ₃ (L ₃)	草地	0.92	41.48	50.37	2.70	4.53	42.40	7.23
	平均	0.51	38.96	49.50	4.43	6.61	39.46	11.04
老黄土 ₂ (L ₂)	弃耕地	0.80	58.00	34.37	3.70	3.13	58.80	6.83
老黄土 ₂ (L ₂)	休闲地	3.20	51.00	38.23	4.87	2.90	54.20	7.77
老黄土 ₂ (L ₂)	草地	2.33	54.50	35.94	3.87	3.56	56.83	7.43
老黄土 ₂ (L ₂)	休闲地	1.07	52.54	39.60	3.20	3.60	53.61	6.80
老黄土 ₂ (L ₂)	弃耕地	0.81	51.79	39.75	3.27	4.46	52.60	7.73
老黄土 ₂ (L ₂)	休闲地	0.59	49.45	41.83	4.43	3.36	50.04	8.19
老黄土 ₂ (L ₂)	弃耕地	1.03	51.24	44.43	4.46	3.00	52.27	7.60
老黄土 ₂ (L ₂)	原状土	1.41	50.80	40.4	4.40	3.27	52.21	7.67
老黄土 ₂ (L ₂)	原状土	1.12	52.71	36.27	3.40	6.50	53.83	9.90
	平均	1.37	52.45	38.41	4.01	3.77	53.82	7.78
新黄土(L ₁)	弃耕地	0.40	69.35	22.73	3.07	4.43	69.75	7.50
新黄土(L ₁)	休闲地	0.84	66.39	25.5	2.40	4.87	67.23	7.27
新黄土(L ₁)	新耕地	2.59	69.45	20.03	3.43	4.50	72.04	7.93
新黄土(L ₁)	原状土	4.14	67.36	21.07	3.10	4.33	71.50	7.43
新黄土(L ₁)	荒地	3.89	68.88	22.64	2.43	2.77	72.77	5.20
	平均	2.33	68.29	22.27	2.89	4.17	70.62	7.06
风成沙(S)	流沙	12.84	85.13	1.63	0.20	0.20	97.97	0.40
风成沙(S)	流沙	66.10	31.90	2.0	0.00	0.00	98.00	0.00
风成沙(S)	固定沙	23.06	63.38	9.97	1.93	1.66	86.44	3.69
风成沙(S)	半固定沙	43.20	54.24	2.47	0.00	0.00	97.53	0.00
风成沙(S)	半固定沙	19.30	69.20	8.07	3.43	0.00	88.50	3.43
	平均	32.90	60.77	4.83	1.12	0.39	93.67	1.50

现代风成沙分布广泛,是六道沟流域不同于黄土高原其它地区最典型的特征之一,也是流域作为水蚀风蚀交错带的代表特色之一。其岩性为浅黄、褐黄色细沙及粉沙、沙粒成份,以石

英、长石为主。风成沙主要分布于流域左岸以及各支沟的分水岭背风坡的中下部,在上游左岸有成片分布,部分沟谷也全部由风成沙组成。其厚度随堆积部位而异,一般变化在 1~10m 之间。流域内风沙堆积不仅有现代堆积,局部还有与新黄土(L₁)、老黄土(L₂)同期异相的古风沙堆积^[2]。因此,六道沟流域的风蚀作用由来已久,历史很长,只是由于现代环境更加脆弱,从而使风蚀作用愈来愈强,风蚀面积也逐渐扩大。风积沙目前出露面积占 13.52%,是一种极其重要的侵蚀产沙地层,而且在面积上亦有扩大之势。

3 不同地层侵蚀产沙能力研究

3.1 流域侵蚀总量测算

在建立神木试区之前,六道沟的科学研究几乎处于空白状态,为此于 1990 年在试区首先建立了基础研究观测设施,包括盖沙丘陵区流域气象站的建立,坡面径流小区,坝库淤积量观测,水蚀风蚀沟观测和其它研究方面的土壤水分、农林试验场等。这里主要介绍流域总侵蚀量观测即坝库淤积观测。

在六道沟小流域内,主要的一级沟道有 19 条,其中较大支沟 12 条,在这 12 条支沟中,有 9 条支沟布设了淤地坝,控制面积 5.34km²,占流域面积的 77.5%,控制水土流失面积 4.23km²。调查这些淤地坝的总淤积量,结合其它调查,基本上可以得出流域水蚀风蚀进入沟道的侵蚀总量。

经过考察,选择了流域上游右岸试区范围内的东沟和老爷漫作为观测沟道,其流域面积分别为 0.44km² 和 0.56km²。于 1992 年初在两个坝库内不同位置分别布设 10 个观测标杆,每次暴雨之后观测一次,根据标杆的位置用泰森多边形法确定出每个标杆的控制面积,然后用加权平均法,求出年总淤积体积,再测定淤积物的容重,求出淤积重量。

表 3 小流域坝库 3 年淤积量观测结果

Tab. 3 The observed result of the sediment deposition in the dam

沟名	淤积面积 (m ²)	坝前		坝中		坝后		平均		实际淤积量* (g)	年均淤积量 (g)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)
		淤厚 (cm)	容重 (g/cm ³)									
东沟	12987.4	70	1.33	125	1.55	102	1.68	95	1.54	17705.9	5902	13414
老爷漫沟	15980.5	80	1.26	140	1.37	100	1.45	113	1.38	23724	7908	14378

* 扣除人工修路建窑洞倾倒土方量之后的侵蚀淤积量。

经过 3 年对东沟和老爷漫沟淤积坝的实际观测,结果见表 3。并根据这两个坝库淤积物沉积的层次特征(基本上与暴雨次数相对应),调查了流域其它沟道坝库淤积的实际情况,根据地层沉积法得到其它 7 条有坝库沟道的土壤侵蚀模数列于表 4。结合整个流域地貌图、坡度图、地面物质图、植被图、土地利用图和侵蚀类型图等,根据流域相似原理,最后得到全流域的总侵蚀量。分析表 3、表 4 可看出流域 3 年平均侵蚀产沙量为 103 625.6t,平均侵蚀模数为 15 040t/(km²·a)。根据坡面小区观测资料,和各小区的代表类型,综合分析计算,得出流域沟间地平均侵蚀模数为 7 870.3t/(km²·a),从而得到沟谷的侵蚀模数为 29 825.5t/(km²·a)。沟间地侵蚀总量占 35.24%,沟谷地占 64.76%。需要说明的是测算的侵蚀总量不包括因风蚀吹失的、

堆积的风积沙量和吹扬到流域以外的风蚀量。

表 4 主要支沟土壤侵蚀模数测算结果

Tab. 4 The observed and counted results of main gullies

沟名	位置	面积 (km ²)	沟长 (km)	相对高差(m)		切割深度 (m)	沟壑密度 (km/km ²)	侵蚀模数 (t/(km ² ·a))
				纵向	横向			
炭窑沟	左岸	0.39	1.21	133.9	58.3	33.1	8.56	19016
强家前沟	左岸	0.31	1.18	143.8	53.2	32.8	7.19	17635
强家后沟	左岸	0.38	1.25	140.0	50.5	26.7	5.18	10620
采芹沟	左岸	0.57	1.35	115.1	55.6	34.2	5.13	15039
水沟	正沟	0.58		106.8	62.8	23.5	3.54	9225
蛇圪塔沟	右岸	1.11	1.61	135.0	72.4	28.9	7.42	19264
石窟湾沟	右岸	1.00	1.67	161.2	77.1	30.0	8.32	18036
老爷漫沟	右岸	0.56	1.18	104.7	68.7	26.7	5.32	14378
东沟	右岸	0.44	1.15	121.1	62.7	18.3	5.45	13414
合计平均		5.34	4.21	129.1	62.4	28.2	6.45	15743

3. 2 不同地层抗冲抗蚀性分析

通过分析影响抗冲抗蚀性的颗粒组成、入渗特征及崩解、抗冲等试验来定性分析流域不同地层的侵蚀产沙能力。

3. 2. 1 颗粒组成 据有关研究资料^[3], 在其它条件相同时, 单位面积径流深度所产生的侵蚀量随大于 0. 05mm 粒级含量的增加而增加。流域出露的黄土及风成沙的颗粒组成情况列于表 2。通过表 2 可看出试区流域出露地层的颗粒组成具有以下两个特征。

(1) 所有地层颗粒组成较粗, 其中 > 0. 05mm 的粗颗粒含量最多, 高达 40% ~ 93. 67%。一旦发生侵蚀, 易产生高含沙水流, 并增强粗沙的输沙能力, 特别是流域沟道比降大, 产沙基本都能被水流带走。

(2) 物理粘粒含量(< 0. 01mm) 的多寡, 也是直接反映各种地层侵蚀产沙能力的一个指标。粘粒含量愈高, 抗蚀抗冲刷能力愈强, 相对侵蚀产沙愈低, 表 2 中反映的粘粒含量百分数排序与粗颗粒正好相反, 即老黄土₃(L₃) > 老黄土₂(L₂) > 新黄土(L₁) > 风成沙(S)。

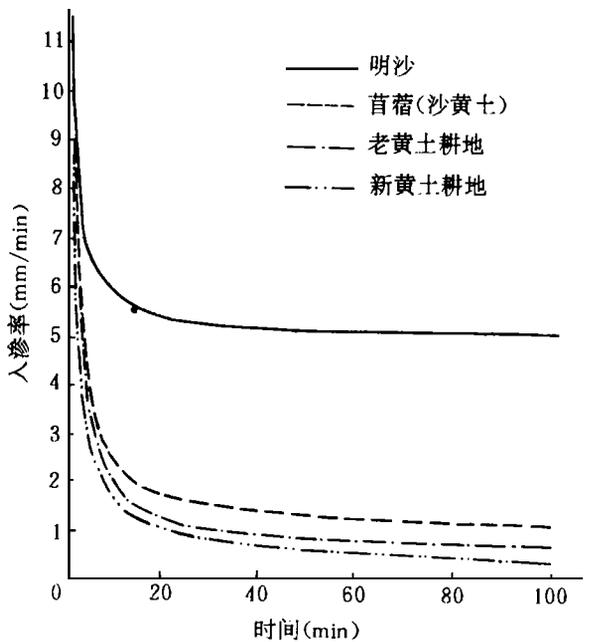


图 3 不同地层入渗过程

Fig. 3 The infiltration course of different stratum

多寡, 也是直接反映各种地层侵蚀产沙能力的一个指标。粘粒含量愈高, 抗蚀抗冲刷能力愈强, 相对侵蚀产沙愈低, 表 2 中反映的粘粒含量百分数排序与粗颗粒正好相反, 即老黄土₃(L₃) > 老黄土₂(L₂) > 新黄土(L₁) > 风成沙(S)。

表 5 不同地层物理特性*

Tab. 5 The physical characteristics of different stratum

土壤及利用	含水量(%)	容重(g/cm^3)	渗透速率(mm/min)	崩解(s)
新黄土耕地(黑豆)	13.05	1.30	0.54	38
新黄土草地(苜蓿 5 年)	11.25	1.38	1.28	8h, 不崩解
老黄土耕地(马铃薯)	8.40	1.23	0.81	90
风成沙(柠条)	2.60	1.63	5.12	不能取样

* 崩解采用 $4cm \times 4cm \times 4cm$ 土块在静水中全部崩解所需时间。

3.2.2 土壤渗透性及抗冲抗蚀性分析 流域内不同地层及不同土地利用条件下的土壤渗透性和容重差异较大(表 5), 土壤容重一般在 $1.23 \sim 1.65g/cm^3$ 之间, 其中风成沙最大, 老黄土耕地最小, 从图 3 的入渗过程来看, 风成沙的入渗能力最强, 风成沙由于颗粒粗, 大孔隙多, 渗透性强, 一般难以产生径流, 但来自片沙上部的坡面径流却很容易对其进行冲刷和切割。根据在大柳塔地区实际调查, 石圪台矿坑排水(根据实际测算其常流量为 $0.75m^3/s$) 因排水渠道被冲毁, 水流直接从乌兰木伦河左岸由风成沙组成的一级阶地上穿过, 两年期间, 形成宽约 20~40m, 深约 15~30m, 长约 700m 的人工切沟, 总量约 46 万 m^3 , 平均每年给乌兰木伦河增加泥沙 23 万 m^3 。而且切沟两岸不时有崩塌发生, 沟坡在不断的扩大, 冲刷切割十分强烈。1996 年 10 月我们再次去该地考察时, 由于所提问题引起了矿区的高度重视, 重新整修新型水泥排水渠, 并净化了矿区排水, 这样不仅使乌兰木伦河水源得到净化, 而且上述切沟因切断了水源, 仅靠天然降水, 其集流能力明显下降, 水量减少, 几乎干涸, 切沟发展得到有效控制。从考察情况看, 沟坡明显稳定而难以发育。上述例子可以看出, 风成沙即使组成沟坡, 一旦失去径流冲刷, 其侵蚀产沙能力明显下降。

在同一地块中, 新黄土苜蓿地(5 年)的渗透速率约为新黄土耕地的 2.5 倍, 这是由于草地改良土壤结构的结果, 土壤的抗蚀特性也随之增强, 加之根系的固结作用, 在静水中 8h 都难以崩解, 而耕地仅 38s 之内可全部崩解, 相差几十倍。

不同地层土壤抗冲性试验结果见(表 6), 其强弱依次为老黄土₃(L₃) > 老黄土₂(L₂) > 新黄土(L₁) > 风成沙。这又从另一侧面反映了不同地层的抗侵蚀能力。

表 6 不同地面组成物质的抗冲性

Tab. 6 The antiscouring experimental result

地面物质	深度(cm)	冲刷穴直径(cm)	体积(cm^3)	备注
风成沙层(S)	22.0	1.3	29.20	
新黄土(耕地)(L ₁)	15.0	1.1	14.25	
新黄土(L ₁)	10.0	1.0	7.50	抗冲采用索波
老黄土 ₂ (L ₂)	4.7	1.0	3.69	列夫抗冲仪
老黄土 ₃ (L ₃)	0.1	1.0	0.3	崩解 9.97min

3.3 不同地层侵蚀产沙量分析

以上从定性角度分析了不同地层的侵蚀产沙性能, 为了更进一步反映不同地层的侵蚀产沙能力, 运用等粒径对比法, 建立不同地层的相对侵蚀产沙量模型^[1], 来估算其侵蚀产沙量。在

建立模型过程中,考虑到基岩地层的分布部位和面积,除沟口因煤炭开发导致大量基岩弃碴形成的直接水土流失之外,其产沙意义不大,未予以考虑。另外,考虑流域地层类型的数量和建模方程个数的需要,我们将表 2 中颗粒分析结果合并于表 7。

表 7 不同地层及坝库淤积物颗粒组成平均值

Tab. 7 The grain composition average results of seratum and sediment

地层名称	机械组成平均值 %				平均粒径 (mm)
	1~0.25mm	0.25~0.05mm	0.05~0.005mm	0.005~0.001mm	
老黄土 ₃ (L ₃)	0.505	38.958	53.932	6.605	0.0390
老黄土 ₂ (L ₂)	1.37	52.45	42.41	3.77	0.0532
新黄土(L ₁)	2.384	68.286	25.16	4.17	0.0609
风成沙(S)	32.90	60.77	5.94	0.39	0.1931
坝库淤积物*	9.42	58.61	28.75	3.22	

* 为 18 个不同部位不同层次样品的平均值。

所建立不同地层相对产沙量模型为:

$$1 \sim 0.25\text{mm} \quad 0.50X_1 + 1.37X_2 + 2.384X_3 + 32.9X_4 = 9.42 \times 100$$

$$0.25 \sim 0.05\text{mm} \quad 38.958X_1 + 52.45X_2 + 68.286X_3 + 60.77X_4 = 58.61 \times 100$$

$$0.05 \sim 0.005\text{mm} \quad 53.932X_1 + 42.41X_2 + 52.16X_3 + 5.94X_4 = 28.75 \times 100$$

$$0.005 \sim 0.001\text{mm} \quad 6.605X_1 + 3.77X_2 + 4.17X_3 + 0.39X_4 = 3.22 \times 100$$

方程 X_1, X_2, X_3, X_4 分别代表流域老黄土₃、老黄土₂、新黄土及风成沙的相对产沙量百分数。

通过满意求解法得到如下解值:

$$X_1 = 5.7 \quad X_2 = 38.8 \quad X_3 = 30.8 \quad X_4 = 24.7$$

根据求解结果得流域不同地层产沙量及侵蚀模数如表 8。

表 8 不同地层侵蚀量计算结果

Tab. 8 The erosion- sediment yield counted result

地层名称	相对侵蚀量 百分数 (%)	侵蚀总量 (t)	侵蚀总量 比例	出露面积 (km ²)	侵蚀模数 (t/km ² ·a)	侵蚀能力 比值
老黄土 ₃ (L ₃)	5.7	5906.67	1	0.8601	6867	1
老黄土 ₂ (L ₂)	38.8	40206.73	6.8	3.8577	10422	1.5
新黄土(L ₁)	30.8	31916.68	5.4	0.9184	34752	5.1
风成沙(S)	24.7	25595.52	4.3	0.9314	27481	4.0
合计	100	103625.6		6.5675*	15040	

* 未计算基岩和冲积物面积。

4 结 论

(1) 流域目前老黄土₂ 分布面积最大,其相对侵蚀产沙量是最大的,占总侵蚀量的 38.8%;新黄土的侵蚀产沙能力是最强的,正是由于水蚀风蚀的作用剧烈,其分布面积有限,仅相当于

(下转第 79 页)

从表4不同处理的小麦产量来看,同一水肥下,小麦产量为深耕>浅耕>免耕、深松耕>传统耕作;在同一耕作处理水平时,小麦产量为高化肥>低化肥、高土粪>低土粪。水分利用率与小麦产量的结果趋势完全一致。这说明深耕、增施肥料可提高小麦产量,提高水分利用率。

3 结 论

- (1) 减少夏闲期土壤水分的蒸发,应是黄土高原地区保蓄水分的宗旨。
- (2) 提高土壤储蓄水分能力的途径是深耕或深松耕。
- (3) 培肥地力、增加肥料投入是提高农田水分利用率的关键措施。

参考文献

- 1 李玉山. 渭北旱塬土壤水分动态规律与小麦生长的关系. 陕西农业科学, 1982, (2): 13 ~ 19
- 2 李玉山. 土壤深层贮水对小麦产量效应的研究. 土壤学报, 1986, (2): 143 ~ 152
- 3 李玉山. 塬土水分状况与作物生长. 土壤学报, 1962, (3): 289 ~ 304
- 4 李玉山. 陕西东部旱塬农田墒情调查. 土壤, 1975, (6): 10 ~ 17
- 5 李新平. 渭北旱塬东部农田水分潜势的实验研究[硕士论文]. 西北农业大学农化系, 1986

(上接第9页)

L_2 的1/4弱,相对侵蚀产沙量居次位,达 L_2 总侵蚀量的79.4%,侵蚀模数是 L_2 的3.4倍。风成沙是目前流域一种不可忽视的侵蚀产沙地层,由于抗冲抗蚀能力差,其产沙能力十分强大,在流域分布也相当广泛,但由于渗透能力强,用于侵蚀搬运的地表径流十分有限,加之坡度较缓,从而限制了侵蚀产沙能力的发挥,尽管分布面积与新黄土相差无几,甚至略大,但侵蚀产沙量、侵蚀模数均低于新黄土,但与 L_2 相比,面积仅为 L_2 的1/4,侵蚀总量达 L_2 的64.56%,侵蚀模数是 L_2 的2.67倍。

(2) 计算结果进一步验证了野外实验和分析的定性结果,流域各种不同地层的相对侵蚀产沙量比值为 $L_3 \cdot L_2 \cdot L_1 \cdot S = 1 \cdot 6.8 \cdot 5.4 \cdot 4.3$,而产沙能力排序为新黄土(L_1) > 风成沙(S) > 老黄土(L_2) > 老黄土(L_3),其产沙能力比值依次为 $5.1 \cdot 4.0 \cdot 1.5 \cdot 1$ 。

(3) 新黄土是目前流域内相对肥沃的土壤母质,但由于水蚀风蚀的影响,其面积在逐步缩小,因此保护新黄土是目前水土保持工作中的主要任务之一。

(4) 本文所建模型仅是在水蚀风蚀作用下,各种产沙地层对沟道(坝库)的产沙贡献量,而因风蚀吹扬造成的地表流失量则未计算在内,包括风蚀搬运地表物质到其它部位(堆积)甚至直接吹扬到流域以外的量。关于这个问题还有待于进一步探讨。

参考文献

- 1 唐克丽等. 黄土高原水蚀风蚀交错带和神木试区环境背景及整治方向. 西北水保所集刊, 1993, 12(18)
- 2 张平仓等. 神木试区环境地貌特征. 西北水保所集刊, 1993, 12(18)
- 3 Las R et al. Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society, 1988
- 4 查轩等. 神木六道沟气候及地面组成物质对侵蚀产沙影响分析. 西北水保所集刊, 1993, 12(18)
- 5 张平仓等. 皇甫川流域泥沙来源及其数量分析. 水土保持学报, 1990, 4(4)