

# 暴雨细沟侵蚀的调查研究

王 玉 宽

(中国科学院水利部西北水土保持研究所, 陕西杨陵)

## 摘 要

本文通过对1988年8月4~5日和1989年7月16日陕北安塞水土保持试验站出现的两次大暴雨细沟侵蚀的分析研究, 得出了野外大暴雨条件下细沟侵蚀量随坡长增加近线性增大, 与坡度的关系为, 当坡度小于 $25^{\circ}$ 时, 随坡度增大而增大, 当坡度大于 $25^{\circ}$ 时, 随坡度增大而减小, 细沟侵蚀量在不同农耕地的变化为, 翻耕后麦地>荞麦地>水平沟谷地>一般耕作豆地, 细沟侵蚀量在坡面总侵蚀量中所占的比重为50%~75%。

关键词: 暴雨 细沟侵蚀 坡长坡度

## 前 言

细沟侵蚀是黄土高原土壤侵蚀的一种主要方式, 尤其是在坡耕地上。当暴雨时, 地面径流逐步汇聚成小股水流所形成的细沟槽便直观地显露出来, 而这种沟迹在一定程度上可以直接反映出坡面集中径流的侵蚀规律及其分布。因此, 开展细沟侵蚀的研究, 对搞清坡面土壤侵蚀规律, 具有十分重要的意义。

## 1 暴雨雨情和细沟调查方法

**1.1 暴雨雨情。**根据周佩华和王占礼对黄土高原侵蚀暴雨分区, 延安及附近地区是黄土高原主要暴雨中心之一, 其暴雨具有强度大、次数多的特点。如: 1977年7月5日延河出现了百年未见的特大洪水, 暴雨中心就在试验站附近的招安乡, 24h实测降雨量187mm。

中国科学院西北水土保持研究所安塞试验站自1985年正式建场观察以来, 已于1988年和1989年出现了两次大暴雨。1988年8月4~5日的暴雨, 实际连续降了两场, 因为间隔时间短, 所测的细沟侵蚀量是两场暴雨细沟侵蚀量的叠加。为了分析研究的方便, 我们把其视为一次暴雨。在试验场实测的总降雨量为139mm, 两场暴雨中间间隔19h。对细沟侵蚀影响较大的是第二场, 即8月5日的降雨, 历时共71min, 降雨量56.4mm, 平均降雨强度为0.794mm/min。最大雨强为1.75mm/min, 历时20min。这种高强度的暴雨加之第一场8月4日较小强度的降雨, 使地表非常湿润, 致使土壤遭受了严重的侵蚀。

1989年7月16日出现的暴雨, 15h降雨量达105.3mm, 平均强度为0.117mm/min。最大强度为0.733mm/min, 历时60min, 出现在降雨开始后3h。

从暴雨过程柱状图来看(图1), 都属单峰雨型, 且高强度时段均在中部, 是典型的侵蚀型暴雨。根据延安地区历年降雨资料分析, 这两次暴雨属30~50年一遇, 在安塞

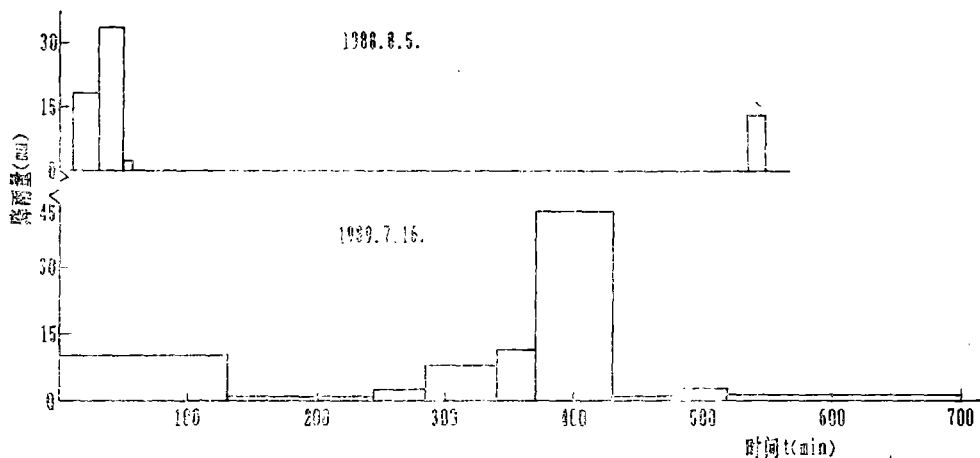


图1 降雨过程柱状图

县来说很少见。

**1.2 细沟侵蚀调查方法。**目前,野外细沟的调查一般是选择一定大小面积的样方上进行,主要有两种调查量测方法:一是分别测量样方内各条细沟的长度、宽度和深度,相乘以后换算为侵蚀量。这种方法简单易行,但由于细沟的纵横剖面形状不规则,测量的结果有一定的误差。二是采用松散干土样将样方内的细沟填满,根据回填量来计算侵蚀量。这种测量方法比较精确,但测量时工作量较大。我们这次的野外细沟侵蚀量调查采用了前一种方法,在测量时采用多点测量,最后取平均,以此尽量减少细沟剖面不规则所造成的误差。另外加大样方的面积使其更具有代表性。

## 2 细沟侵蚀分析

细沟是坡面上线状水流的产物,它的形成过程也就是暴雨径流期间片流向下汇集逐渐转变为股流而进行的侵蚀过程。因此,影响径流侵蚀的各种因子亦为细沟侵蚀的影响因子。在陕北丘陵沟壑区,细沟侵蚀主要分布在坡耕地上,土质均匀。除植被外,细沟侵蚀的下垫面因素主要有坡长、坡度和耕作措施。下面我们将分别讨论野外大暴雨下细沟侵蚀与坡长、坡度的关系以及不同作物农耕地细沟侵蚀的变化。

**2.1 细沟侵蚀与坡长的关系。**当下垫面情况一致时,细沟侵蚀沿坡面向下的变化直接受径流冲刷力的制约,而径流冲刷力又受径流量、径流速度和含沙量相互作用的影响。因此,细沟侵蚀随坡长的变化直接取决于径流量、径流速度和含沙量三者的相互作用。

在水平投影为10、20、30、40m坡长,坡度为30°裸地径流小区上测得两次暴雨细沟侵蚀量。根据所测结果来看,细沟侵蚀量是随坡长的增加近线性增大的(图2),且细沟侵蚀量在总侵蚀量中所占的比例也随坡长的增加而增加(图5)。说明细沟侵蚀在坡度为30°的直型坡上从0~40m的范围内是逐渐增加的。由于试验坡长条件所限,在坡长水平投影大于40m后,细沟的侵蚀情况还不能确定。但从野外自然条件下农地的调查来看,平均坡度为30°左右时,细沟侵蚀量在坡长大于40m后仍然继续增大,直至沟

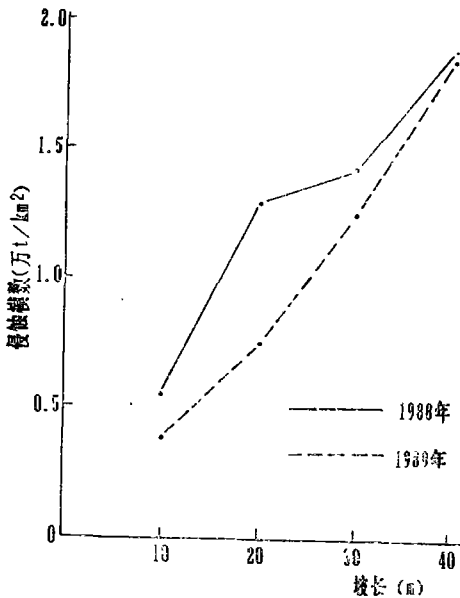


图2 裸地细沟侵蚀量与坡长的关系

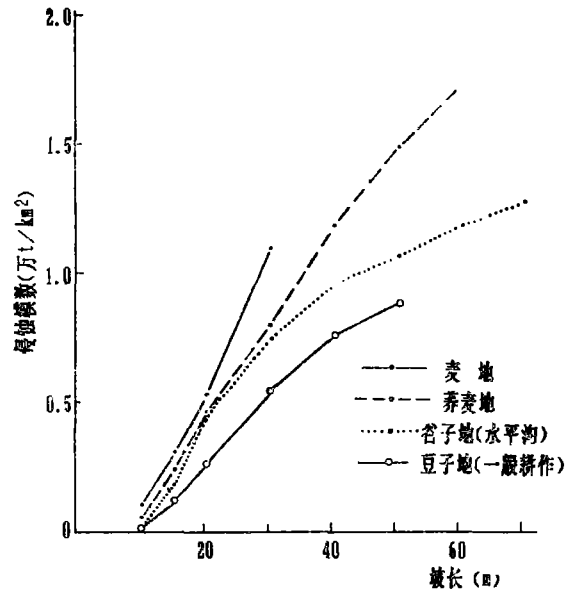


图3 不同作物农地细沟侵蚀量与坡长关系

缘线附近的平缓坡处, 如图3。

分析上面的调查结果, 我们认为: 在大暴雨条件下, 细沟侵蚀随坡长的增加近线性增大。其原因是由于当坡面上细沟产生以后, 从分水岭沿坡向下, 细沟槽中股流的径流量越来越大, 流速亦逐渐增加。虽然股流的输沙量沿坡向下是不断增加的, 但在雨强相对稳定的时段内, 由于一定位置断面处股流的含沙量是逐渐减少, 股流的携沙能将会越来越大。因此, 股流冲刷力沿坡向下不断增强, 细沟侵蚀随坡长的增加也就增加。

在某些暴雨条件下, 细沟侵蚀随坡长的增加有减小的情况, 但在我们所调查的两次暴雨下没有出现这种情况, 其主要原因与暴雨的强度大有关。

## 2.2 细沟侵蚀与坡度的关系。

地面坡度对细沟侵蚀的影响很大, 它主要是通过径流量、径流速度和固体物质的下滑力的作用来影响细沟侵蚀。

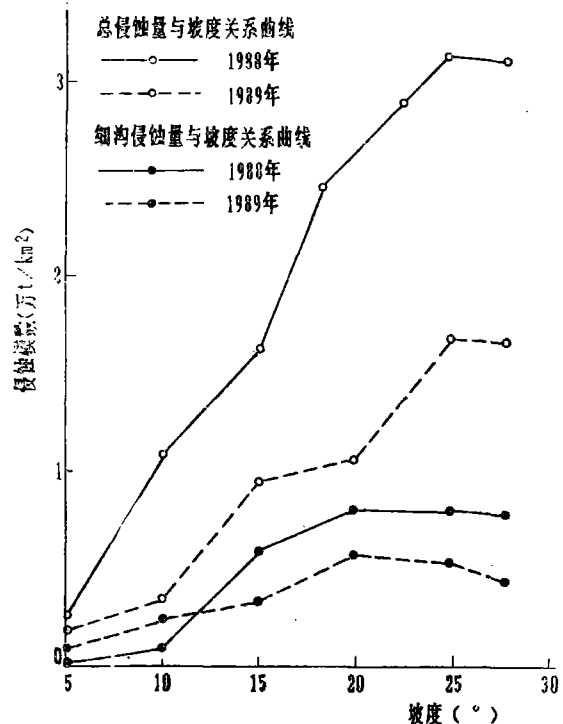


图4 细沟侵蚀量、总侵蚀量与坡度的关系

我们在土壤侵蚀试验场 6 级不同坡度径流小区上，分别量测了1988年和1989年两次暴雨的细沟侵蚀量。6 级坡度分别为 5°、10°、15°、20°、25°、28°，小区宽度和水平投影长度均为5m和20m。从测量结果来看，两次暴雨细沟侵蚀量随坡度的变化规律基本一致，如图 4。从 5° 到20°，细沟侵蚀量随坡度的增加而增加，且递增率变化显著；20°~28°，细沟侵蚀量随坡度的变化不太明显；并且从图上的曲线发展来看，随坡度的继续增加有减小的趋势。大于25° 后，坡面土壤的总侵蚀量也有减小的趋势。

分析上面的调查结果，我们认为在大暴雨条件下，坡面的径流量大，坡面细沟产生较快，所以细沟槽中股流量也较大。在小坡度范围内，相同受雨面积的坡面随坡度增大而增加的幅度不大，所以增加的人渗量对径流量的改变不很明显，而在大流量下，径流的流速随坡度的增加却显著地增加。另外土体下滑力随坡度的增加也在增大，所以细沟侵蚀量随坡度的增大有比较明显的增加。但总的来说，小坡度下，股流的冲刷力和土体的下滑力却不是很大，细沟的发展较缓慢。从调查的情况来看，只有少数细沟在坡面下部切穿了耕作层；而在大坡度条件下，股流的冲刷力和土体的下滑力都较大，加之耕作层与犁底层之间所形成的人渗差值界面上的积水，大大减弱了土体下滑的摩擦力，使得细沟在坡面中下部就很快将耕作层切穿。由于犁底层土体紧实，股流冲刷受阻，细沟主要以侧蚀为主。而细沟的宽度在达到一定程度后，就逐渐趋于稳定，此时股流冲刷作用减弱，输沙能力增强，所以在较大坡度范围内，坡度的增加对细沟侵蚀的影响并不大。此外在较大坡度时，坡度的增大引起入渗面积增加的幅度相对较大，入渗量对径流的影响也比较明显，因此，坡度在超过25° 时细沟侵蚀有下降的趋势。

**2.3 不同农耕地细沟侵蚀的差异。**1988年8月 4~5 日的暴雨后，我们对试验场外不同农耕地典型样地的细沟侵蚀进行了测量，结果如下表。细沟侵蚀量最大的是翻耕后的麦地，其次是荞麦地，再次是水平沟谷地，一般耕作的黄豆地最小。

表 不同农耕地细沟侵蚀量

农地类型	坡长 (m)	坡度 (°)	侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	农地类型	坡长 (m)	坡度 (°)	侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	农地类型	坡长 (m)	坡度 (°)	侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	农地类型	坡长 (m)	坡度 (°)	侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )
翻耕 后 麦 地	10	19	941	荞 麦 地	10	18	496	水 平 沟 谷 子 地	10	23.5	0	一 般 耕 作 黄 豆 地	10	22	151
	15	20	3 142		15	21	2 352		15	26	1 735		15	26	1 234
	20	22	5 367		20	23	4 356		20	28	4 319		20	28	2 624
	30	27	11 014		30	27	8 099		30	31	7 581		30	31	5 441
					40	28	11 968		40	32	9 209		40	33	7 725
					50	30	15 218		50	33	10 866		50	34	8 952
					60	30	17 543		60	33	12 106				
									70	32	13 018				

不同农耕地上由于耕作措施和耕作时间以及作物种类不同，其细沟侵蚀量差别较大。例如：麦地和荞麦地翻耕时间恰好在暴雨季节，松散裸露的耕作层土壤抗蚀性很

所以在相同暴雨条件下,麦地和荞麦地的侵蚀量比其它农耕地严重,水平沟在小强度的降雨下,入渗阻流作用较好。但在陡坡或大暴雨情况下,如果水平沟不够平整,反而为径流的集中冲刷创造了有利条件,所以水平沟谷子地局部地段的侵蚀量比一般耕作的豆地要大。

**2.4 细沟侵蚀量在坡面总侵蚀量中所占的比重。**经过计算,1988年8月5日的暴雨细沟侵蚀量占坡耕地总侵蚀量的50%~62%,1989年7月16日的暴雨细沟侵蚀量占64%~75% (图5, b)。由此可见,细沟侵蚀量在坡面侵蚀量中占有相当大的比重。

在试验条件下,坡耕地的总侵蚀量包括三个部分:细沟侵蚀量、片蚀量和溅蚀量。由于细沟侵蚀量随坡长和坡度变化,在总侵蚀量中所占的比例也应随坡长和坡度而改变。两次暴雨细沟调查结果表明:细沟侵蚀量在总侵蚀量中所占的比例随坡长和坡度的改变与细沟侵蚀量随坡长和坡度的变化规律基本一致。如图5所示,细沟侵蚀量在坡面土壤侵蚀中起决定性的作用。

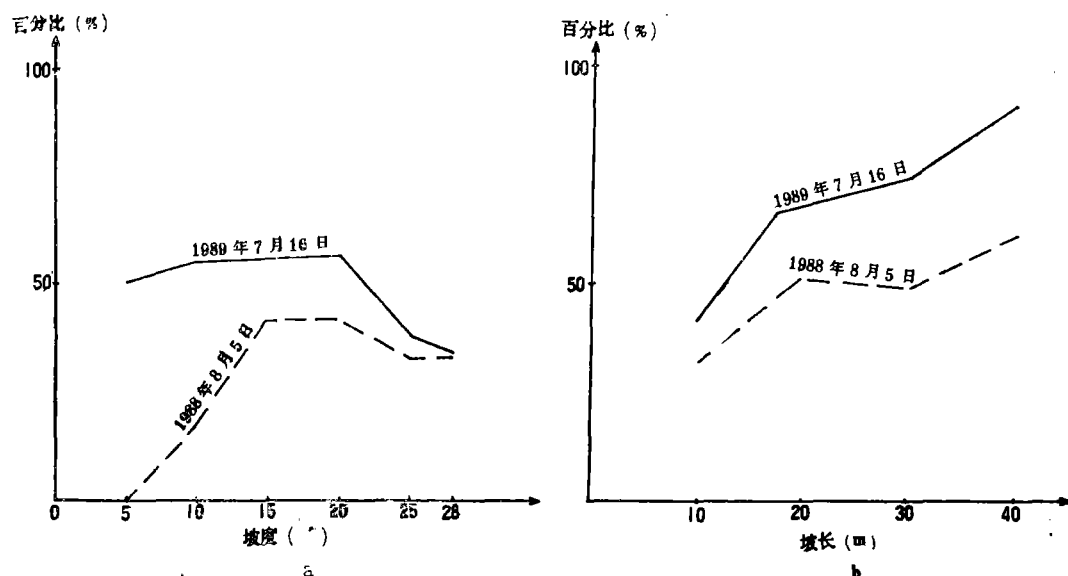


图5 裸地细沟侵蚀量占总侵蚀量的百分比与坡度、坡长的关系

### 3 结 论

通过野外径流小区和自然条件下农耕地两次大暴雨细沟侵蚀的分析研究,我们发现坡面细沟侵蚀具有如下变化趋势:

细沟侵蚀随坡长的增加近线性增加;细沟侵蚀在小于20°坡度范围内随坡度的增加而增大,在20°~28°的范围内随坡度的增大变化不明显,且有下降的趋势;细沟侵蚀量在不同作物农地有差异。侵蚀量最大的是翻耕后的麦地,其次为荞麦地,再次为水平沟谷子地,最小的是一般耕作的黄豆地;细沟侵蚀量占耕地总侵蚀量的50%~75%,且细沟侵蚀在坡面土壤侵蚀规律中起决定性的作用。

本文在写作过程中得到江志善副研究员提供的部分资料,特此感谢。

(英文摘要转至第39页)

## 参 考 文 献

- [1] 罗来兴: 划分晋西、陕北、陇东黄土区域沟间地与沟谷的地貌类型,《地理学报》,22卷3期,210~222页,1956年
- [2] 辛树帜、蒋德麟等:《中国水土保持概论》(第1版),农业出版社,第53页,1982年
- [3] И.И.格拉西莫夫等:《现代侵蚀地形与水土保持》(第1版),科学出版社,第47页,1956年
- [4] H.H.Bennett, Element of soil conservation, Second Edition, MCGRAW-HILL PUBLISHING COMPANY LTD London, P69, 1955

## Development of Runoff Groove on Loess Plateau and Its Control

*Liu Yuanbao*

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation  
Under Academia Sinica and Ministry of Water Conservancy)

### Abstract

This paper discusses the formation of runoff groove based on the merger and divergence of rill and man activity. We think the runoff groove should not belong to the erosion gully system as rill, shallow gully and gully but a special eroded macro land form. The small eroded channel occurred on the bottom of runoff groove could divided into eroded gully systems, e.g. shallow gully. Then we discuss development stages evaluation of runoff groove by the distributions of rill erosion. At last two soil conservation methods have been put forward.

**Key words:** Loess plateau, Runoff groove, Shallow gully erosion

(Abstract presented article from page 45 to 49)

## Study on the Rill Erosion Under Heavy Rainstorm

*Wang Yukuan*

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation  
Under Academia Sinica and Ministry of Water Conservancy)

### Abstract

Through the analysis of 60 sets of rill erosion data under two heavy rainstorms happened on Aug. 4 and 5, 1988 and July 16, 1989 respectively, we got the relationship between rill erosion and slope gradient, relationship between rill erosion and slope length, rill erosion changes on different kind of farming lands, and the proportion of rill erosion amount in the total erosion amount on the farming slope land.

**Key words:** Rainstorm, Rill erosion, Slope gradient and slope length