

# 黄土高原集流槽的发育与控制

刘元保

(中国科学院西北水土保持研究所, 陕西杨陵)  
水利部

## 摘要

本文从细沟交汇与分叉和人为耕作作用两方面论叙了集流槽的发生发展机制,在搞清其发生发展规律的基础上,讨论了它在现代侵蚀沟和微地貌分类中的归属问题,指出它应作为细沟、浅沟、切沟系列以外一种特殊的侵蚀微地形。将发生在集流槽底部,宽度30~50cm,其深度与耕作层等深的小侵蚀沟称为浅沟。嗣后讨论了用细沟、浅沟分布的不均匀性拟定的集流槽发育系数 $d$ ,来鉴别集流槽发育程度的方法,分析了集流槽与细沟侵蚀、浅沟侵蚀的关系。最后提出控制集流槽发展,防止浅沟、切沟侵蚀的两项措施。

关键词: 黄土高原 集流槽 浅沟侵蚀

本文所指集流槽是黄土高原丘陵沟壑区坡面上有规律排列的槽形地,间距多为15m左右,无明显边缘,在较宽广的坡面上排列许多条,使整个坡面呈瓦背状起伏。

对这种地形的命名和分类目前还不太一致。罗来兴(1956年)<sup>[1]</sup>、辛树帜、蒋德麒等(1982年)<sup>[2]</sup>称之为浅沟,划入侵蚀沟系列,与细沟、切沟并列。苏联凯司(1950年)<sup>[3]</sup>将类似的这种地形称为浅凹地,美国贝内特(H. H. Bennett, 1955年)<sup>[4]</sup>称之为浅沟。这种地形是在细沟侵蚀与人为耕作的共同作用下形成的(陈永宗, 1963年),它的形态是人为耕作直接塑造的结果,在纯自然状况下不可能形成,它既不能直接由细沟发展而成,也不可能整体发展为切沟(刘元保, 1984年)。所以,我们不把它列入侵蚀沟系列,而将其作为一种特殊的侵蚀微地形看待。

由于集流槽的存在,其底部往往发生一种特殊的侵蚀沟形态,它比细沟大,但比切沟小,深度一般为犁底层的深度,宽一般为30~50cm,有时达1~2m,称为浅沟。它和细沟、切沟一样,人为耕作只影响抗冲性,从而影响它的发生频率、发展速度和侵蚀量等,不象集流槽那样,其外表形态完全是由人为耕作直接塑造而成。分类必须反映其本质和内在规律,所以,我们认为应把这种小沟划为浅沟,它们在发生发展过程中造成的侵蚀现象称为浅沟侵蚀,并与细沟侵蚀、切沟侵蚀列为一个系列,因为它同样具有自然的侵蚀过程和发生机制。我们曾在黄土高原土壤侵蚀分类中,将发生在集流槽底部(一般2m内)的小侵蚀沟称为浅沟,而把它们在发展过程中造成的侵蚀称为浅沟侵蚀。

集流槽在黄土高原分布普遍,它是坡面沟蚀和人为耕作的产物,对坡面沟蚀的进一步发生发展有很大的影响。所以,研究它的发育过程,搞清它的发育阶段,对研究坡面沟蚀的发生发展规律,选择水土保持措施具有很重要的意义。

## 1 集流槽的发育

集流槽是在细沟侵蚀和人为耕作的共同作用下形成的。在较平展的坡面上,最初只

能形成细沟。由于地面的微小起伏(如耕作等形成的小坑洼),只能使片流初步集中,形成一些细小股流,这些细小股流只集中了较小范围内的径流(一般1 m以内),其冲刷能力较小,只能形成细沟。

细沟的发生是小股流作用的结果,它反过来限制了径流的流路,使之在一个狭窄的沟槽内流动。在较长的坡面上细沟可以在上下不同的部位同时发生。被细沟集中了的径流沿坡自上而下流动,可能和坡下已经发生的细沟径流贯通,形成一个较长的细沟;也可能和左右方的细沟交汇在一起,获得更大的径流冲刷力形成更大的细沟;或两条细沟同时汇入坡下的一条细沟。总之,随着时间的推移和细沟长度的增加,细沟交汇的机会也在不断增加,但它分叉的概率极小。分叉的主要原因是当径流不能被沟槽所输送时,分出的部分径流又冲出沟槽,形成输送径流的叉道。这种现象在抗冲性极差、坡长很短的黄土坡地上可能性是很小的,即使暂时出现,也会因分出的两支径流的差别或地面的微小差异,而使其中的一支迅速发展夺走全部径流,所以在田野和小区试验中极难见到分叉现象。相反交汇的机率是很大的,因为细沟的流路还很不稳定,易左右摆动。如果有两条细沟相遇,就会因二者的微小差异而使全部径流汇入一处。这些细小径流的单个冲刷能力不大,但径流稍有增加,冲刷力便会成倍增加。如果某一条沟槽稍深一点,则会有更多的径流通过,侵蚀力会突然增大,使沟槽发展,夺走全部径流。可见,细沟的交汇和分叉的概率是不等的,交汇是必然的。交汇以后的细沟,集中了更多的径流,使坡面侵蚀的横向差异更大。犁耕后细沟沟痕消失,肉眼看不出什么差别,但实际上已有潜在的差异,在下次降水侵蚀中又将反映出来,并使差异更大,集中径流的面积也更大。一次一次循环,径流一次比一次更集中,侵蚀差异一次比一次大,最终形成集流槽。集流槽在距分水岭一定距离处形成,并不断上溯延长,它们之间也有比较稳定的间距,这说明在侵蚀发展的过程中,细沟交汇需要一定的距离,造成横向差异需要一定的径流量,即需要一定的给水面积,这也反映了集流槽对坡面径流的集中能力。

## 2 集流槽发育阶段的判别

如上所述,集流槽是由小到大、由浅到深逐渐发展而成的,最初不被人们所发觉,最后使整个坡面形成瓦背状起伏地形,改变了整个径流状况。终点非常明显,但早期很难发现。

1983年,作者在延安地区安塞县茶坊实验站进行细沟侵蚀调查时发现,坡面横向起伏不易觉察,但坡面上细沟侵蚀的横向差异却非常明显(图1),而且这种差异受坡面横向起伏的控制,即受正在发育的集流槽的控制。经过对细沟侵蚀量沿等高线变化的详细量测和计算,我们发现细沟侵蚀量的这种不均匀分布可以很好地反映集流槽的发育状况。所以,本文提出用细沟分布沿等高线的不均匀度来表示集流槽的发育状况。这样既可目测,也可以量算。目测的方法是,如果细沟侵蚀沿等高线分布非常均匀,则说明没有集流槽发育;如果细沟侵蚀沿等高线分布明显不均匀,每隔10 m多出现一条侵蚀相对强烈的地方,则说明有集流槽发育;如果坡面上细沟侵蚀微弱,而主要发生浅沟侵蚀,则说明集流槽发育已成熟,这时的集流槽已非常明显,在1:10 000的航片上和野外很容易识别。

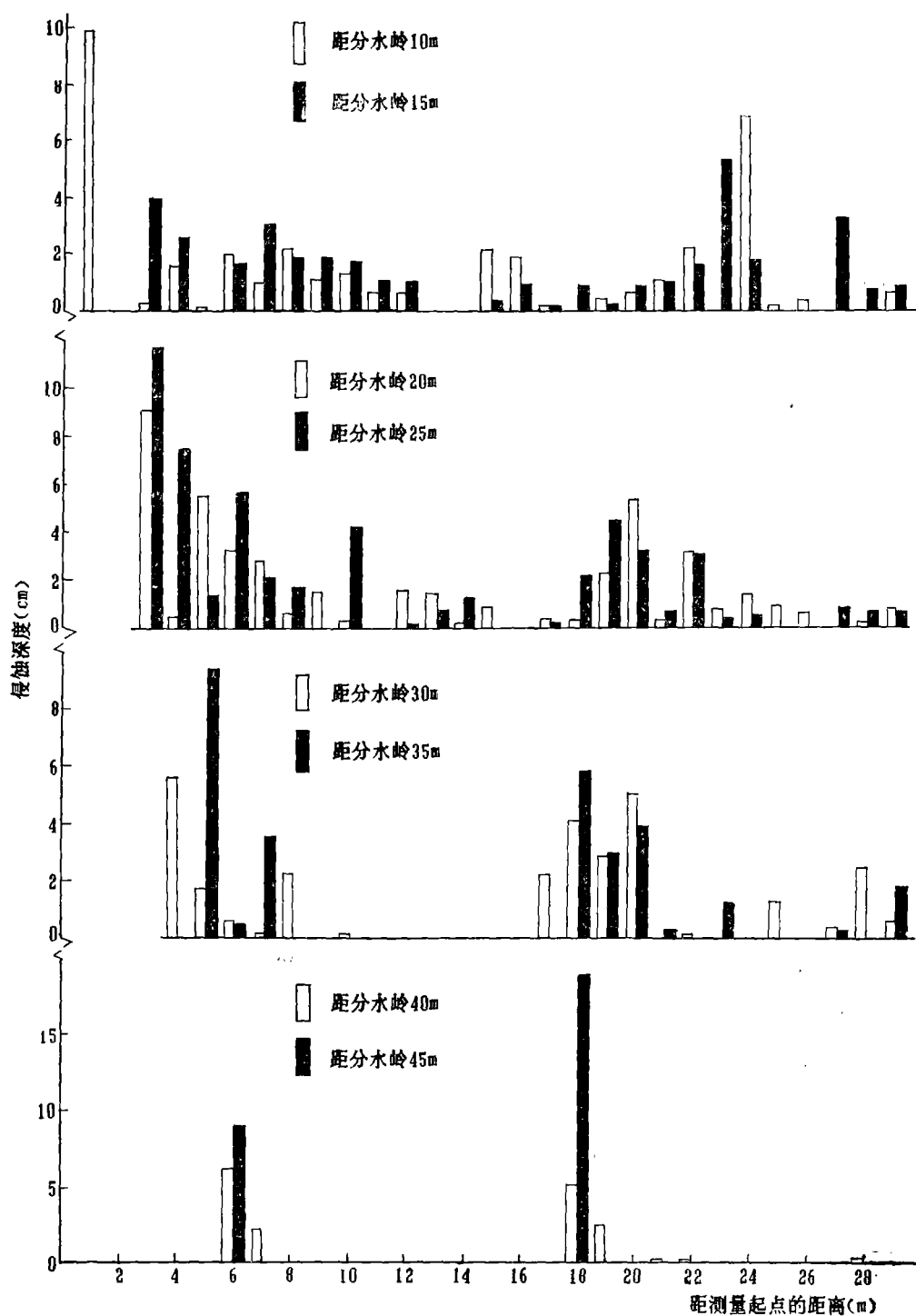


图1 细沟、浅沟侵蚀横向分布

在集流槽发育早期用目测法判别比较困难, 为了精确地判别它的发育状况, 预报其发展方向, 需要详细地量测与计算, 即定量方法来评价。本文拟用如下方法来测定: 首先选择一定宽度的坡面来量测细沟侵蚀量, 然后用公式计算发育系数。

坡面宽度测量断面 ( $B$ ) 的选择, 一般用目测法即可, 估测时参考下部坡面集流槽之间的间距、走向和坡形而定, 或以15m左右为标准, 原则是用细沟、浅沟侵蚀量沿等高线有规律地强弱变化的距离, 具体来说是两个明显的极大值出现的间距。一般说来, 只要不丢掉极大值, 相差2~3m对发育系数的计算值影响不会太大。如果目测有困难或为了更精确, 就应选较宽的坡面作为量测范围, 然后在坐标纸上点绘出每隔1m或0.5m的侵蚀量分布直方图, 再找出两个明显的侵蚀量极大值, 两个极大值所在位置之间的距离, 即为坡面所选范围(宽度 $B$ )。如果无法找到明显的极大值则说明无集流槽发育。

细沟、浅沟侵蚀量的量测与计算, 以选出的坡宽为标准, 所测集流槽为中线, 沿等高线拉一皮尺, 逐个量测通过皮尺的细沟、浅沟断面面积, 并记录细沟、浅沟到量测起点的距离, 然后找出所测断面上2m内的最大侵蚀量, 并求出它在总断面内占的比例。

在选择好测量断面宽度, 测量了细沟、浅沟侵蚀以后, 用下面的公式计算集流槽的发育系数。

$$d = \frac{np - 1}{n - 1}$$

式中:  $d$ 为集流槽的发育系数;  $p$ 为最大一个2m内的侵蚀量占所测断面总侵蚀量的比例;  $n$ 为所测断面的单元数。2m为一个计算单元, 即所测断面宽 $B$ 除以2,  $B/2$ 。现以我们的一次量测结果(见表)为例, 从图1直方图可以看出, 距分水岭30m的断面, 两个极大值分别在4m和20m处。这说明, 该断面有两个集流槽发育, 间距 $B$ 为16m, 那么 $n = 16/2 = 8$ 。4~5m处为一个集流槽。2m单元内细沟槽面积为720cm<sup>2</sup>, 而0~16m的总断面积为1035cm<sup>2</sup>, 最大单元侵蚀占总侵蚀的比例为720/1035 = 0.696, 所以

$d = \frac{np - 1}{n - 1} = 0.65$ , 即集流槽的发育系数为0.65。侵蚀量的计算可用不同单位, 目的是

为反映侵蚀的横向差异。如果最大单元侵蚀深和断面总侵蚀深一样, 说明细沟、浅沟侵蚀不存在横向差异, 集流槽发育系数为0。如果细沟浅沟侵蚀全部集中在一个单元中, 说明横向差异达到最大, 发育系数 $d = 1$ 。

表 距分水岭30m处细沟侵蚀横向分布表

距测量起点的距离(m)	4.3	4.7	5.0	5.4	5.8	6.9	7.5	8.1	8.5	10.4	17.5	17.9
细沟深(cm)	12	5	7	4	6	8	8	13	6	4	5	8
细沟宽(cm)	42	11	15	7	6	7	5	8	20	3	15	18
细沟侵蚀深(cm)	5.04	0.55	1.05	0.28	0.36	0.56	0.15	1.04	1.20	0.12	0.75	1.44
距测量起点的距离(m)	18.2	18.9	19.0	20.1	20.5	20.9	22.1	25.3	27.5	28.8	29.9	
细沟深(cm)	16	5	10	6	6	13	2	9	5	12	8	
细沟宽(cm)	20	17	28	24	11	22	4	14	7	20	7	
细沟侵蚀深(cm)	3.20	0.85	2.80	1.44	0.66	2.86	0.08	1.26	0.35	2.40	0.56	

集流槽的发育系数 $d$ 反映了细沟、浅沟侵蚀量分布的不均匀性。以2 m为一个计算单元是考虑到末期集流槽内的侵蚀主要集中在2 m之内。另外集流槽的间距绝大部分集中在10~20m内,这样 $n$ 值就在5~10之间,只要 $n$ 值在5~10之间,发育系数 $d$ 值一定,2 m内的侵蚀量占总侵蚀量的比例,即集流槽底的侵蚀量占所测断面的侵蚀量的比例随 $n$ 值的变化就很小。这样只要知道 $d$ 值,就能准确掌握侵蚀量的不均匀性,也就是说 $d$ 值对细沟、浅沟侵蚀的分布有单一的预报关系(如图2),由此可知,这个方法是以一次暴雨的细沟、浅沟侵蚀量测和观察来判别集流槽的发育状况,判别其发育状况或求出发育系数,又能预报以后的细沟、浅沟侵蚀分布。

### 3 集流槽的发育与坡面沟蚀的关系

集流槽的发育与细沟、浅沟乃至切沟侵蚀的发生发展有着密切的关系。在集流槽发育初期,其所在位置发生强烈的细沟侵蚀,发育成熟的集流槽底部往往发生浅沟侵蚀,有时降雨强度较小时,坡面上很少发生细沟侵蚀,但集流槽底仍发生较严重的浅沟侵蚀。在大暴雨情况下,集流槽底部则容易发生切沟侵蚀,集流槽顶端则发生非常剧烈的细沟侵蚀,侵蚀量往往是整个坡面平均侵蚀量的几倍,是坡面侵蚀最严重的地方。

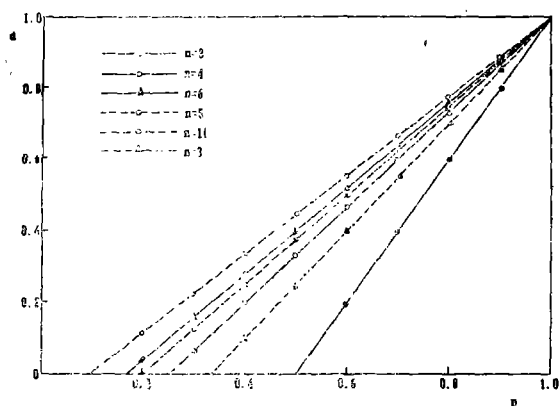


图2 集流槽发育系数 $d$ 与系数 $n$ ,  $P$ 的关系

### 4 两项治理措施

针对上述侵蚀规律,现提出两项治理措施:第一,在集流槽顶端用六型水平沟、地埂或草带来控制它的发展;第二,在集流槽底顺坡种植2 m左右宽的草带,控制浅沟侵蚀和侵蚀槽的发展,并防止切沟发生。这两项措施布置成丁字型结构,而不是传统的等高布置。措施非常简单易行,基本不存在退耕问题,也不存在技术和经济问题,便于推广,它有明显的保护土地和减少泥沙的作用。坡面集流槽顶端如不加以控制,则会向上发展,形成瓦背状地形,再采用耕作措施就难以奏效,并为耕作带来不便。同样集流槽底部如不加以控制坡面则易发生切沟侵蚀,而切沟的发生意味着土地资源质的变化,不能进行常规耕作。这两项措施有可能减少坡耕地沟间侵蚀量的一半以上,准确数字有待进一步研究。因为沟间地片蚀、细沟侵蚀带占40%,浅沟、切沟侵蚀带占60%,按浅沟和切沟的密度计算,其中浅沟区占50%左右,切沟区占10%左右。浅沟侵蚀区侵蚀量一般大于片蚀、细沟侵蚀区,这就是说沟间地有一半左右侵蚀量来自集流槽。集流槽的侵蚀量主要集中在底部的浅沟侵蚀,人工草带又能有效地控制浅沟侵蚀,所以我们认为这两项措施是黄土高原坡耕地上保持水土的捷径。

## 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