

黄土高原黄土土流与坡度关系的研究

谭宽祥

(中国科学院遥感应用研究所)

提 要

黄土土流是因水分变化引起外力变化的结果。它的发生存在一个临界坡度值，只有大于这临界坡度值的坡面上才会发生土流。黄土土流发生的频率和强度还受坡面坡度组合和植被状况的影响，凹型坡比直型坡、直型坡比凸型坡更容易发生土流。在同样的条件下，当坡度相同时，没有植被覆盖的坡面比有植被覆盖的坡面土流现象更容易出现，更强烈。

关键词：黄土土流、坡度

黄土土流是黄土斜坡表层土体因降雨和坡面水流的下渗而产生的低速块体运动。黄土土流发生时没有破裂面，它是发生在土体内的一种块体运动，且运动速度上层快，下层慢。根据野外观察（表1）土流发生的坡度为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 不等，深度为20~100cm不等，以沟坡中、下部居多。在公路边坡、梯田坡也可以见到，沟坡等各种坡上有无植被都可以发生，一般土流现象是降雨下渗后才发生。

一、黄土土流的机理

图1是土流的基本形式剖面图，在未发生土流时，潜在土流体受重力作用，支承力作用及摩擦力和土体间的粘结力作用（图2），在降雨或坡面来水下渗以后，经过一系列物理、化学变化，土体内粘结力随水分的不断下渗及土体内水分的不断增加而不断下降，当重力分力（ $W\sin\alpha$ ）大于摩擦力和粘结力之和时，土流现象才发生。因水分由表层向深层下渗，粘结力随深度增加而增加，因此黄土土流运动速度有垂直变化，上层比下层快。

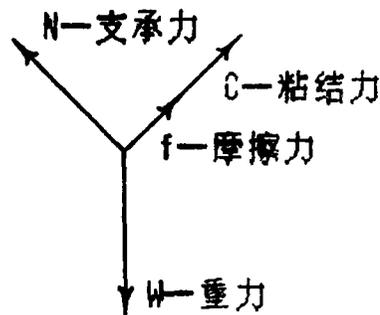
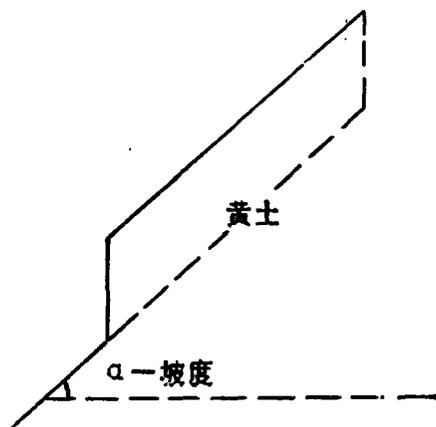


表1 土流与坡度的关系野外观测表

坡面坡度	发生部位	发生深度	植被状况	附注
58°	沟坡上部	<50cm	无	自然坡
57°	沟坡下部	50cm以上	无	自然坡
55°	沟坡中部	<50cm	无	自然坡
52°	沟坡中部	45cm	无	自然坡
50°	梯田边坡	20cm	无	人工坡
42°	梯田边坡	20cm	无	人工坡
40°	梁坡下部	<20cm	少量草丛	自然坡
40°	梁坡下部	30cm	草皮	自然坡
30°	沟坡下部	<20cm	无	自然坡
30°	梯田边坡	<20cm	无	人工坡
30°	公路边坡	20cm	无	人工坡
25°	沟坡、崩坡	没有发生	无	自然坡
22°	沟坡、人工坡	没有发生	无	人工坡
<20°	崩坡	没有发生	无	自然坡

二、黄土土流与坡度的关系

黄土土流是发生在黄土斜面上、且基本上平行于斜面的，有一定厚度的黄土层状土体运动，它的发生是由于水分变化而引起力的变化的结果，从野外资料（表1）可以看出，在坡度较小的情况下不存在土流现象，土流现象存在一个极限坡度，只有大于这一坡度的坡面才可能发生土流，这一极限坡度称之为土流的临界角。根据图2的受力分析情况，当土流达到极限平衡时，必须满足下面的力学条件关系式：

$$W \sin a \geq W \cos a \cdot \tan \phi + C \quad (\phi \text{ 为黄土内摩擦角})$$

因黄土粘结力随水分下渗，水分增多而减小，粘结力可减小到极限值零，当粘结力达到极限值零时，这时关系式所要求的坡度值最小，此时的坡度值就是黄土土流的临界角的坡度。这样力学条件关系式可以简化为下式：

$$W \sin a \geq W \cos a \cdot \tan \phi$$

$$\text{即 } \tan a \geq \tan \phi$$

$$\text{因 } 0^\circ \leq a \leq 90^\circ, 0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$$

$$\text{所以 } a \geq \phi$$

上式表明，黄土内摩擦角是黄土土流的临界角，只有大于这一坡度的坡面才可以发生土流。根据冯连昌、郑晏武的研究表明，黄土高原地区黄土内摩擦角随地区不同有不同的值，因此黄土土流的临界坡度值随地区而变化。

黄土土流与坡度的关系还表现在坡面坡度的组合上，野外观察表明，土流与水分下渗关系密切，而坡面水分的来源不仅与本身所接受的降雨有关外，而且也与上方来水有关。当上部坡面坡度大，下部坡度小，下部除接受本身降雨外，还可以接上部来水。这样在其他条件基本相同情况下，凹型坡比直型坡和凸型坡更容易发生土流现象。

土流与坡度的关系还表现为在各自然坡面上因植被的差异，导致土流强度的变化。根据野外调查，在大于内摩擦角的坡面上的一定坡度范围内（25°~40°），植被较多，生长也好，主要

是草丛和灌丛，土流发生强度一般轻于 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 坡，且草丛坡上发生的土流现象不论从发生的频率还是发生的强度都要比灌丛坡发生的土流大。在 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的坡上因植被稀少且主要是草皮，发生土流的频率和强度明显要大于 $<40^{\circ}$ 坡上的土流现象。 60° 以上的坡上因水分不易下渗，因此土流现象也很少。

三、结 语

黄土土流是水分变化引起力的变化结果，土流现象存在临界坡度值，只有大于临界坡度值的坡面上才会发生。土流发生的频率和强度还受坡面坡度组合和植被状况的影响，凹型坡比直型坡和凸型坡更容易发生土流，没有植被比有植被覆盖的易发生土流。

注：本文是在陈永宗先生指导下完成的，景可副研究员提出了许多宝贵意见，一并表示感谢！

The relationship between the loess flow and slope angle in the loess plateau

Tan Kuanxiang

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

The loess flow is the result that the variation of the moisture of the loess makes the exogenic force of the loess to vary. It has a limited slope angle. When the slope angle of the loess is more than the limited one, the loess flow is occurred. The configuration of surface and cover of vegetation have influence on the frequency and intensity of the loess flow. The loess flow of the concave slope is occurred easier than that of the straight one which is easier than that conver one; when there is not vegetation the intensity of the loess flow is more than that when there is vegetation under other conditions are same.

Key words: loess flow, slope gradient