

重力侵蚀分类研究^{*}

郑书彦

(长安大学 地质工程与测绘工程学院, 西安 710054)

摘 要: 我国的水土流失面积大, 范围广, 各地的立地条件差异很大, 水土流失的形式更是复杂多样, 重力侵蚀十分严重, 其在流域产沙中所占的比例很大, 进行重力侵蚀研究具有重要的理论意义与现实价值。该文在回顾前人研究的基础上, 将重力侵蚀分成崩塌、滑塌、滑坡、溜坍、泥石流侵蚀 5 种类型, 其中崩塌侵蚀又分为 9 种型, 滑塌侵蚀 3 种型, 滑坡侵蚀 9 种型, 溜坍侵蚀 5 种型, 泥石流侵蚀 3 种型, 即重力侵蚀共分为 5 种类型、29 种型; 并在此基础上给出了重力侵蚀 5 种类型的定义。

关键词: 重力侵蚀; 分类; 水土流失

中图分类号: S157.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2008)05-0046-03

Analysis on Characteristics and Stability of the Palongzangbu Landslide Erosion

ZHENG Shuyan

(College of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054)

Abstract: The Palongzangbu landslide with a big size, appeared some distortion in 1950's, and began sliding in 1991. This paper dealt with the analysis of the formation and evolution of the Palongzangbu landslide, the characteristics and cause of formation of the landslide erosion, the characteristics of rock soil body in landslide areas, and the analysis, calculation and evaluation of stability, and the evaluation on the possible catastrophe and the degree of erosion after landslide sliding.

Key words: Palongzangbu landslide erosion; characteristics and stability; soil and water loss

土壤侵蚀分类的标准和方法很多, 如按侵蚀现象的发展 (erosion phenomena of development)、侵蚀营力 (erosive agents)、沉积物质 (sediments)、搬运强度 (intensity of removal)、侵蚀残余物 (erosion remains)、侵蚀土壤 (eroded soil)、侵蚀土地 (eroded land) 等进行分类。

以前的土壤侵蚀分类没有重力侵蚀这样一个概念 (M. J. Kirkby, R. P. C. Morgan, 1980; H. И. 马卡维耶夫, P. C. 恰洛夫, 1984; R. Lal, 1988), 直到 1982 年, 扎卡耳 (D. Zachar, 1982) 提出了一个很有名的土壤侵蚀分类, 他广泛收集了世界各国分类依据和标准, 并加以研究, 提出依据侵蚀营力因子的分类标准, 但还是没有提到重力这个外营力, 只提到了泥石流这个土壤侵蚀类型。

我国的水土流失面积之大, 范围之广, 世界罕见, 全国各地的立地条件差异很大, 水土流失的形式更是复杂多样, 而且还需将水的损失也包括在内, 另外, 尤其黄土高原地区, 坡陡沟深, 重力侵蚀十分严重, 其在流域产沙中所占的比例很大, 必须加以考虑。于是以主要侵蚀营力和典型的水土流失形式相结合作为分类基础的分类表便诞生了 (关君蔚, 1996)^[1], 而刘秉正、吴发启 (1997) 给出了我国的另一种土壤侵蚀分类^[2], 这两个分类均给出了重力侵蚀。另外还可以见到一种黄土高

原地区土壤侵蚀类型表 (孟庆枚, 1996)。

工程地质界的广义滑坡分类相当于土壤侵蚀界的重力侵蚀范畴, 这些分类很多 (哈钦孙, 1969; Е. П. Емельянов, 1972; D. J. Varnes, 1998 等), 但达到共识的不多, 联合国科教文组织世界滑坡目录工作组 (The International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, 1990) 提出的滑坡类型共 5 项 (张倬元、董孝璧、刘汉超, 1993): 崩塌 (Fall)、倾倒 (Topple, 相当于我们所说的滑塌)、滑动 (Slide 即我们通常意义上的滑坡)、扩离 (Spread, 相当于错落)、流动 (Flow, 相当于泥石流), 这实际上相当于土壤侵蚀领域中的重力侵蚀分类^[3]。

我国水土流失严重, 生态环境恶劣, 地质灾害频发。重力侵蚀的发育演化促发了水土流失灾害的发生和发展。因此, 重力侵蚀分类是研究地区地貌演化、水土流失灾害防治等相关问题的基础之一^[-49]。

1 重力侵蚀分类

本研究首先给出土壤侵蚀的定义 (郑书彦、李占斌, 2003)^[10], 在此基础上进行重力侵蚀定义、分类。重力侵蚀

^{*} 收稿日期: 2007-02-16
基金项目: 国家自然科学基金项目 (40301026) 资助; 中国博士后科学研究基金 (2003034413) 资助
作者简介: 郑书彦 (1959-), 男, 甘肃宁县人, 博士后, 副教授, 硕士生导师, 主要从事水土保持和边坡稳定的教学与科研工作。E-mail: zshyan@chd.edu.cn

定义:重力侵蚀是指斜坡上的岩土体在重力作用下发生变形、破坏、移动和在不远处堆积的过程。重力侵蚀与水力侵蚀最大不同点是:水力侵蚀中,水作为营力,被作用对象是岩土体;重力侵蚀中,岩土体既是营力的来源,又是被作用对象。以主要侵蚀营力作为类(Ⅰ),作用机制大致相同的典型土壤侵蚀类型(Ⅱ)作为第二级,具体表现形式或侵蚀方法作为侵蚀型(Ⅲ),根据本研究,提出如表 1 所示的分类。

表 1 中国土壤侵蚀分类

侵蚀类(Ⅰ)	侵蚀类型(Ⅱ)	侵蚀型(Ⅲ)
水力侵蚀		
风力侵蚀		
人力侵蚀		
重力侵蚀	崩塌侵蚀	雪崩侵蚀 山崩侵蚀 崩落侵蚀 塌岸侵蚀 崩岗侵蚀 坠石侵蚀 塌陷侵蚀 剥落侵蚀
	滑塌侵蚀	撒落(泄溜)侵蚀 错落侵蚀 倾倒侵蚀 扩离侵蚀
	滑坡侵蚀	挤出性滑坡侵蚀 抛射性滑坡侵蚀 顺层滑坡侵蚀 切层滑坡侵蚀 流动性滑波侵蚀 坐落或陷落性滑坡侵蚀 潜蚀滑坡侵蚀 浮力滑坡侵蚀 地震液化滑坡侵蚀
	溜坍侵蚀	蠕滑(地甸行)侵蚀 散滑(山剥皮)侵蚀 冻融蠕滑侵蚀 冻融泥流侵蚀
	泥石流侵蚀	石洪侵蚀 泥流侵蚀 水石流侵蚀

表 1 中对于水力侵蚀、风力侵蚀、人类侵蚀因为不是本研究的重点,所以只列出了类,没有列出类型与型。

表中泥石流归属的理论依据是营力,因为泥石流发生的根本原因或者主要营力是重力,泥石流不遵循流体力学的基本规律及基本定律,这是与高泥沙洪水的根本区别,所以,高泥沙洪水应该归属于水力侵蚀,泥石流应该归属于重力侵蚀,在泥石流侵蚀初期水作为一种触发因素,在泥石流运动中,水并不是一种载体,甚至是一种被载体,和其他固体物质一块,既是侵蚀营力的来源,又是侵蚀营力的作用对象。

表中关于撒落与剥落的归属是作用机制,撒落与剥落的

作用机制是崩塌,不过其下落滚动的岩土块碎小而区别于山崩与塌岸等,不能作为类型只能作为型而归属于崩塌。塌陷侵蚀与此类似。

人力侵蚀的概念也有必要辨析。首先在人力侵蚀中人力是一种外营力,不论自然力、人力都统一按外营力考虑。其次是人类活动在土壤侵蚀中的作用有 2 方面,一方面是人力侵蚀,人力作为一种外营力作用于岩土体使其发生破坏、运移、堆积,如矿山开采中的弃土、弃渣等;另一方面人类作用是一种影响侵蚀的因素,如人类对坡脚的破坏导致的滑坡,这时,人类作用与大气降水、地下水、地震等都是影响滑坡形成的因素,而不是人力侵蚀。

2 重力侵蚀类型的定义

重力侵蚀包括多种类型,如滑坡、崩塌、滑塌、溜坍、泥石流 5 种侵蚀类型,这些侵蚀现象分别发生在斜坡的不同部位,并具有不同的规模。同时,这些侵蚀在形成原因、性质、特征、发展规律及防治措施方面有所相同也有所不同,常常容易造成混淆。由于研究对象的不同,各种重力侵蚀的定义也不尽相同。滑坡侵蚀的定义与概念已给出(郑书彦、李占斌,2003)^[10],这里给出其他重力侵蚀的定义与概念。

2.1 崩塌侵蚀的定义

崩塌侵蚀指岩土体在重力作用下大部分破碎或下部岩土层承载能力低,重心偏外而断裂破坏并以突然的方式脱离母体,作急剧地倒塌和翻转、跳动,岩土块互相冲撞、下落,最终堆积于山体坡脚和沟谷而形成岩土堆的过程。

在高陡的边坡条件下,往往由于下部近坡面处的岩土先遭破坏,失去稳定,而使上部整个岩体悬空,导致崩塌侵蚀的发生。在高大而陡峻的坡体上不论是由构造裂面(断层、节理、裂隙)发育或岩脉穿插成网的硬岩,或是黄土和岩堆与堆积体、半岩质岩层、巨厚的硬岩风化为破碎或软弱岩层等组成者,只要因下部先剥蚀塌空,或其出口为上大下小的楔状体的楔尖先压碎破坏,上部岩土在失去承托和支撑下失稳的现象。

崩塌侵蚀按单次侵蚀发生时的规模从大到小包括雪崩侵蚀、山崩侵蚀、崩落侵蚀、塌岸侵蚀、崩岗侵蚀、塌陷侵蚀、坠石侵蚀、剥落侵蚀、撒落(泄溜)侵蚀共 9 种侵蚀方式。

2.2 滑塌侵蚀的定义

滑塌侵蚀指斜坡岩土体的坡脚大于它的内摩擦角时,岩土体在重力作用下沿剪变带表现为以顺坡滑移、滚动与扩离方式的破坏、移动,重新达到稳定坡脚而堆积的过程。

滑塌又称为崩滑,它是滑坡与崩塌之间的过渡类型,是上部产生坍塌而下部发生滑动的现象。当斜坡岩土体的坡脚大于它的内摩擦角时,岩土体的表层就会产生蠕动,而蠕动的进一步发展,岩土体就会发生破坏、移动,重新达到新的平衡时,这种过程才能停止。

滑塌侵蚀根据失稳土体的运动方向包括错落侵蚀、倾倒侵蚀、扩离侵蚀 3 种侵蚀方式。倾倒是岩土体围绕其重心下方的某一点或轴发生向前、向斜坡外的转动。扩离是岩土体伴随破裂块体普遍沉陷入下伏较软岩土而发生的扩展,其破坏面不是一个强烈剪切面,扩离可能由较软岩土的液化或流动(挤出)引起。错落是由于岩土体下卧层为向临空面缓倾

斜的破碎带或软弱带,因临空面的发育或其它原因使破碎带的单位压力增大而压缩,产生以垂直移动为主的变形,上部岩土体沿后缘已有的高角度构造裂面下挫而形成错落。

2.3 溜坍侵蚀的定义

溜坍侵蚀是在冰雪消融或多雨季节,斜坡局部岩土体的含水量达到或超过流限而不能维持其原有的坡度而破坏,在重力作用下产生向下的流动,并在不远处堆积的过程。

溜坍侵蚀是在多雨的气候条件下和冰雪消融时边坡岩土体又是黏性土时更易发生,但整个坡是稳定的,局部岩土体的含水量偏高,于是这部分土体不能维持其原有的坡度而产生向下流动的现象,一般说来,这种变形的范围不大。

溜坍侵蚀包括蠕滑(地匍行)、散滑(山剥皮)、冻融蠕滑、冻融泥流 4 种侵蚀方式。

蠕滑侵蚀是地表松散堆积物或岩层长期缓慢地向坡下移动的过程。山坡坡面上堆积的土层,在重力作用下,总是会发生缓慢潜移,移动距离受多种因素控制,运动过程十分缓慢,以致短时间内无法察觉,但时间长了,斜坡上的各种物体就会发生变形,诸如电杆和篱巴的歪斜,土墙倾倒或树干弯曲成“马刀树”等。它明显地具有两大特点:①运动速率极为缓慢,每年几毫米至几厘米;②移动体与不动体间不存在明显的滑动面,两者间的形变量和移动量是渐变过渡的。蠕滑的发生除物性等内在因素外,地下水起了润滑剂的作用,因而主要发育于温湿气候区和寒湿气候区。群众将蠕滑称为“地匍行”、“土爬”、“土溜”、“土流”等。

散滑侵蚀是指斜坡表面的草皮或松散覆盖层,在长时间降雨的作用下,因水的饱和和失去粘结作用而向下滑动的现象。散滑的滑动力,主要来自地球引力,因此,散滑是重力侵蚀的一种类型。散滑多发育在山坡低处或浅沟处,滑动面常呈带状或片状,滑动速度很快,滑切深度一般不超过 2~3 m。散滑发生时,地面的树、草、石块犹如乘着颠簸的小般顺流而下。散滑发生后的地表象剥了一层皮,光秃秃的,故群众形象地称散滑为“地剥皮”、“山剥皮”。

冻融侵蚀的含义是指冰雪消融时上部土层消融,下部土层冻结而隔水,上部土层饱水时在重力作用下发生整个坡面向下滑落的现象,滑动缓慢者称冻融蠕滑,滑动剧烈者称冻融泥流。

2.4 泥石流侵蚀的定义

泥石流侵蚀指斜坡上大量积聚的泥沙、岩屑、石块等,受震动或暴雨、冰雪融水等激发,在重力作用下沿着斜坡、谷底流动,在地形开阔处堆积的过程。

泥石流侵蚀是由于降水、融雪等触发而发生在山区的一种挟带大量泥沙、石块等松散固体物质的特殊洪流,它是山区特有的一种自然灾害,其中泥沙粒径差异很大,是水土流失过程中介于洪水和滑坡之间的泥沙集中搬运的一种形态,破坏性极大。泥石流具有突发性和横冲直撞的特点,最典型的特征是爬高,一些特大型泥石流可以爬到二、三十米高,这和洪水有显著的区别。高泥沙洪水和泥石流的区别在于洪水可以用流体力学的基本方程来描述,而泥石流则不能,所

以洪水属于水力侵蚀的范围,泥石流属于重力侵蚀的范围。

泥石流侵蚀根据其固体物质的不同,分为石洪侵蚀、泥流侵蚀、水石流侵蚀等 3 种侵蚀方式。黄土高原地区的泥流有学者建议叫流泥,黄土高原的流泥有稀释性流泥(流体容重 1.3~1.5 t/m³)、黏性流泥(流体容重 ≥1.5~1.6 t/m³)和塑性流泥(流体接近土的塑限)三种,按流体的力学性质,含沙量大于 600 kg/m³ 的水流已具流泥特性,这在黄土高原是很常见的。

3 结 论

我国的水土流失面积之大,范围之广,世界罕见,全国各地的立地条件差异很大,水土流失的形式更是复杂多样,地质灾害频发。重力侵蚀的发育演化促发了水土流失灾害的发生和发展。因此,重力侵蚀分类是研究地区地貌演化、水土流失灾害防治等相关问题的基础之一。

重力侵蚀分崩塌、滑塌、滑坡、溜坍、泥石流侵蚀 5 种类型,其中崩塌侵蚀又分为 9 种型,即:雪崩侵蚀、山崩侵蚀、崩落侵蚀、塌岸侵蚀、崩岗侵蚀、坠石侵蚀、塌陷侵蚀、剥落侵蚀、撒落(泄溜)侵蚀;滑塌侵蚀 3 种型,即:错落侵蚀、倾倒侵蚀、扩离侵蚀;滑坡侵蚀 9 种型,即:挤出性滑坡侵蚀、抛射性滑坡侵蚀、顺层滑坡侵蚀、切层滑坡侵蚀、流动性滑波侵蚀、坐落或陷落性滑坡侵蚀、潜蚀滑坡侵蚀、浮力滑坡侵蚀、地震液化滑坡侵蚀;溜坍侵蚀 5 种型,即:蠕滑(地匍行)侵蚀、散滑(山剥皮)侵蚀、冻融蠕滑侵蚀、冻融泥流侵蚀;泥石流侵蚀 3 种型,石洪侵蚀、泥流侵蚀、水石流侵蚀。即重力侵蚀共分为 5 种类型、29 种型。

参考文献:

[1] 关君蔚. 水土保持原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.

[2] 刘秉正, 吴发启. 土壤侵蚀[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1997.

[3] 张倬元, 董孝璧, 刘汉超. 世界滑坡目录工作组建议的滑坡术语[J]. 地质灾害与环境保护, 1995, 6(1): 1-6.

[4] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990.

[5] Eckel E B. Landslides and Engineering Practice[R]. Highway Research Board, Special Report 29, 1958.

[6] 山田刚二, 度正亮, 小桥澄治. 地すべり・斜面崩壊の実態と対策[M]. 日本: 山海堂, 1971.

[7] Broms B B. Landslides, Foundation Engineering Handbook[M]. Van Nostrand Reinhold Company, 1975.

[8] 郑书彦. 滑坡侵蚀及其动力学机制与定量评价研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2002.

[9] 张惠霞, 郑书彦, 徐伯荣. 黄土高原水土流失灾害研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 25-27.

[10] 郑书彦, 李占斌. 滑坡侵蚀基本概念探讨[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 13-16.