

武都白龙江流域滑坡活动性探讨

李 树 德

(北京大学城市与环境学系·北京市·100871)

摘 要 该地区滑坡的活动性,在时间上有明显的4个活动期,每个活动周期分别为白龙江下切所需时间。其中志留系千枚岩、板岩及片岩是滑坡发育最活跃的地质单元,活跃度达0.8326。根据滑坡发生的频率周期,依据高程及地层岩性对该地区斜坡稳定性进行了分区。

关键词: 滑坡活动周期 滑坡活跃度

Discussion on Landslide Activities in Bailong River Basin of Wudu

Li Shude

(Department of Urban and Environment Science of Beijing University, Beijing 100871)

Abstract Landslide activities in this area can be obviously divided into four active periods, each of them corresponds to Bailong River's downcutting time. The most active geological elements of the landslide are silurian phyllite, slate and schist and their activity index are up to 0.8326. According to the frequency of landslide, its altitude above sea-level and the nature property of rock stratum, the stabilities of slope areas are classified.

Keywords: Active period of landslide; Active index of landslide

斜坡上的岩土受到重力、动水压力、地震和人工开挖以及气候变化的影响,经常发生变形。凡坡上岩土在以重力为主的作用下产生的向坡下移动现象,统称为斜坡岩土滑移。这种现象,在地质条件不良的山区十分发育;在新构造运动剧烈地区的河流冲刷岸,更为显著。

从破坏深度和破坏性质出发,可以把斜坡变形划分为许多类型;破坏在坡面,仅达自然风化所及深度的有:坡面流坍(又称坡面流泥、流石)、落石、剥落、碎落和坡面冲沟以及土爬;破坏限于因临空卸荷发生成的斜坡表层松弛带内者有:坍塌、边坡滑坍;破坏深达斜坡体内者有:崩塌、错落、滑坡和岩石深层蠕动。

由于现代活动滑坡的发育特点,其滑移现象有突然发生变形急剧的(也有缓慢地发生),造成突发性的灾难,经常威胁和破坏航道、道路、厂矿、堤坝、水库、城市等安全。所以对滑坡的分布规律、形式机理、发育模式、发生、发展到衰亡,以及预测预报等理论的研究是十分重要的,应结合不同滑坡类型,用地质的、力学的、物理、化学的、模型试验、电子计算机等多种手段进行研

究,使滑坡的预测和整治建立在可靠的基础上。

滑坡作用和其它所有地质作用的动力学一样,都是用其随时间而发育的明显规律性来显示的。它受周围地质环境与滑坡发育之间的关系、岩体平衡的新状态与稳定程度逐渐量变之间的关系,以及滑坡作用与伴生的和控制其发育的其它地质作用之间的关系来决定。

在一定的地区,如果自然地理条件和地质环境条件有利,如岩性、构造、地貌、水文气象等,促使岩石风化程度加剧,岩石的物理及水理性质发生变化,岩石的力学强度降低,便开始逐渐破坏岩体的平衡,最终将导致斜坡或边坡岩体稳定性降低,不可避免地发生滑坡。之后,便形成岩体平衡的新状态。

苏联著名工程地质学家B. I. 洛姆塔译教授等人指出滑坡发育的动力学可分三个阶段:1. 滑坡准备阶段,通常是岩土体稳定性逐渐减小;2. 滑坡实际形成阶段,通常是岩体较快速度或聚然地失去稳定;3. 滑坡存在——稳定阶段,岩体稳定的恢复。

对任一滑坡,都有其发生、发展、衰亡的过程,或是发生、成长、衰老又复活新生。这样可以恢复它的历史,和由阶段、时期和期所构成的演变过程。探讨其在时间、空间上受内外营力作用控制的活动规律。这既是理论问题,也是与生产建设密切相关的问题。而这种活动性包含有:(1)滑坡的发生在时间上是不均一的,而是受多种因素控制下具有一定的时期、阶段性;(2)在滑坡发育各阶段之间的间歇过程中,滑体的位移往往并未停止,仅是其位移的速度和数值偏小(借助仪器观测才显示)。在间歇期间常发育其它类型的剥蚀作用,改变滑坡地段的地貌形态。如稳定系数大于1,在滑坡移动中出现间歇,出现新的岩体平衡状态。如稳定系数小于1,亦即达不到极限平衡,则缓慢的位移将继续发展,并伴随有显著的重复移动。苏F. M. 沙胡年茨(1994~1961年)将滑坡中的这种特性称之为旋回地重复发育;(3)滑坡的活动性,在不同的地质环境条件中是不相同的,可以用滑坡活跃度指标来表征其活动性;(4)滑坡衰老阶段的两种发展趋势(死亡或复活新生)是滑坡作用后期在一定条件下其活动性的动态变化结果。

1 滑坡活动的周期性

现代滑坡常常是有规律地与现代侵蚀基准面和剥蚀面有关,并且每一个滑坡都是根据斜坡或边坡岩体的平衡状态,都不同程度地具有一定的活动性。表现出相对的活动期和稳定期,在时间上,滑坡的发生是不均一的,具有明显的阶段性和周期性。

白龙江武都地区由于新构造运动,发育有5级侵蚀基准面。(见表1)

侵蚀基准面	I级(现代侵蚀基准面)	II级	III级	IV级	V级
省东南部陇南山区,地处白龙江中游地段。全县43个	1020~1040	1080~1100	1120~1140	1160~1180	1340

武都位于甘肃省东南部陇南山区,地处白龙江中游地段。全县43个乡镇都有滑坡,分布广、类型多,沿江两岸滑坡更为发育,据不完全统计共有滑坡536个,成为陇南地区滑坡中心。从有利地段调查283个滑坡,滑坡剪出口高程与发生频数直方图如(图1)所示。从图中可知,滑坡发生频数峰值时期的剪出口高程基本上和该地区侵蚀基准面高程相一致。且绝大多数新滑坡的剪出口高程是位于相应侵蚀基准面高程段的。这样更充分说明滑坡发生的活动期,即为滑坡频数峰值段的剪出口高程相对应侵蚀堆积期。

为了进一步说明该地区滑坡活动的周期性,我们对大量滑坡调查统计整理拟合见图(2)。从图2中频率曲线具对称性,四个峰值分别对应于现代侵蚀基准面I、和早期的II、III、IV级侵

蚀基准面。同时还可看出峰值之间的高程差分别为60m、40m,说明该地区滑坡活动有4个活跃阶段,其活动周期分别为白龙江下切所需的时间。

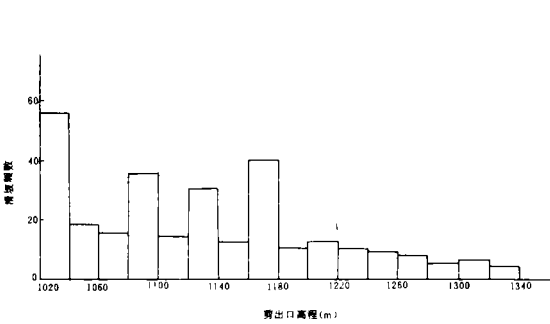


图1 滑坡频数与剪出口高程直方图

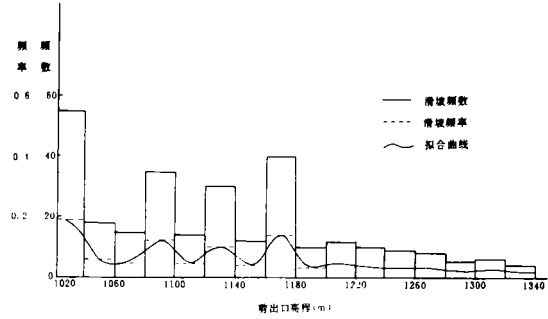


图2 滑坡频数、频率——剪出口高程关系图

2 滑坡活动的活跃性

对于不同自然地理环境及地质条件的地区(段),滑坡的活动性是极不相同的,其活跃程度更是千差万别,就是同一地区(段),影响滑坡发育活动的因素也是极其复杂的;也就是说影响滑坡的发生有许多变量(因素),实质上滑坡的活跃性是多种因素的复合函数,但在影响滑坡发生的多种地质因素中,找出那些是重要起主导作用的因素,那些是次要因素,这些因素之间又有什么关系,只要抓住重要的起主导作用的因素,能比较客观地反映出滑坡的活跃性。

武都地区沿白龙江一带地层分布主要是志留系白龙江群(S₂₊₃+b₁),岩性主要为炭质千枚岩、灰绿色,灰色千枚岩。板岩及片岩。同时有泥盆系西汉水群古道组(D_{3g2}砂岩、灰岩、千枚岩。石炭系(C₂₊₃)中厚层灰岩及硅质条带灰岩。由于岩性的不同,在多种地质因素作用下其地貌的改变显示极其明显地差异性。经野外实地考察发现,在影响滑坡发育的各种因素中,岩性是控制滑坡发育的重要主导因素。抓住这一主导因素,计算该地区由于不同岩性的地质单元对产生滑坡的可能性、活动性及活跃性等来评价不同的地域内滑坡的活跃程度,进而确定评价区域稳定性。滑坡活跃度的计算是引用苏联学者库柴(К. ЧАТИБ. К)的著作《滑坡重现度和活跃度的计算》给定的公式:

$$\beta_i^t = \frac{\bar{S}_i^t S (S - S_i^t - \sum + \bar{S}_i^t) - (\sum - \bar{S}_i^t) (S_i^t - \bar{S}_i^t)}{\bar{S}_i^t (S - S_i^t - \sum + \bar{S}_i^t) + (\sum - \bar{S}_i^t) (S_i^t - \bar{S}_i^t)}$$

由于该地区岩性是重要的主导因素,所以只考虑岩性,忽略其它次要因素,故把公式改为:

$$\beta_i = \frac{\bar{S}_i (S - S_i - \sum + \bar{S}_i) - (S_i - \bar{S}_i) (\sum - \bar{S}_i)}{\bar{S}_i (S - S_i - \sum + \bar{S}_i) + (S_i - \bar{S}_i) (\sum - \bar{S}_i)}$$

式中:β_i——第i种岩性的滑坡活跃度; \bar{S}_i^t ——第i种岩性因滑坡破坏的面积;

S_i——第i种岩性出露面积; S——研究区总面积;

\sum ——因滑坡破坏的总面积。

根据滑坡的出现分布,因岩性不同滑坡的活跃度计算见表2。

表2 武都地区不同地层岩性的滑坡活跃度

项 目	志留系 S ₂₊₃ b1千枚	泥盆系 D _{3g2} 砂岩、	石碳系 C ₂₊₃	侵入岩	第四系	总面积 (m ²)
	岩、板岩、片岩	灰岩、千枚岩	灰岩	δ ₇₃	堆积	
出露面积×10 ⁴ m ²	14785	2476	8764	230	420	26675
破坏面积×10 ⁴ m ²	1596	60	70	0	0	1726
滑坡活跃度	0.8326	-0.497	-0.925	0	0	/

从表2明显看出:志留系含炭千枚岩、板岩及片岩活跃度最大,其值达0.8326。是该地区滑坡发生最危险的地层。从野外地极明显看到该地层最易风化,滑坡最发育,成为武都地区严重自然灾害。

3 滑坡后期的动态变化

前面提到滑坡动力学的三个阶段,而在滑坡的实际形成阶段,同样有不同的时间延续性,滑体或局部位移动速度的不均匀性。苏 N. B. 波波夫建议将滑坡分为运行着的,暂时稳定和稳定的。这意味着,岩土体的移动可能是快速或缓慢的一次性滑动,也可能是由于形成更新的裂隙、断开裂隙和块体而使滑体不断地均匀地扩大或增加台阶式的滑动。

滑坡每一次新的较大的整体性位移,均表示滑坡作用已进入了一个新阶段,处于新的地形位置,稳定性逐步增加,滑坡地段地貌的改造和变化靠其它剥蚀营力实现。所以在滑坡后期衰老阶段进一步继续发展有:(1)稳定(存在)阶段,即变成死滑坡,(2)不稳定因素有所增长,滑坡复活新生成为新的活滑坡。

研究区滑坡在时间上有4个活跃阶段,参考苏 N. B. 波波夫《滑坡现象按时代划分图式》,我们将白龙江武都地区滑坡分类如下表3。

表3 武都地区滑坡分类

滑坡时代	滑坡类型	岩体稳定状态	个数	剪出口高程 H(m)	古滑坡 复活数
与现代侵蚀基准面和剥蚀面相适应的现代滑坡	运动着的	确定平衡的过程在继续进行	70		
	暂时稳定的	引起破坏平衡的力已被暂时被稳定因素所平衡。	11	<1080	
	稳定或终止的	破坏平衡的力已被排除或消除	7		
与现代侵蚀基准面和剥蚀面不相适应的古滑坡	裸露的	滑坡体暴露于地表	131	1080≤H<1180	35个古古滑坡数18%
	部分被掩盖的	滑坡体部分被黄土覆盖	64	H≥1180	
	埋藏的	滑坡体被晚期堆积所覆盖			

4 斜坡稳定性划分

滑坡作用的过程,反映出地表面在内外动力作用下地貌形态发展变化的过程,也深刻反映了斜坡或边坡稳定程度的变化。从表3可以看出:现代滑坡占总滑坡的31%,其中活动滑坡占现代滑坡的79.5%,而古滑坡复活只占古滑坡的18%,而且都是处于裸露状态,大多发生于志留系地层。大部分古滑坡衰老阶段动态发展趋于稳定。这样我们可以把该地区斜坡稳定性按高程初步划分为3级见下表4。

另外,如前所述该地
区控制滑坡发生的主导因
素是岩性,因此,按地层岩
性的不同也可将斜坡稳定
性划分如表5。

表4 武都地区斜坡按高程稳定性分区

高程 H(m)	H<1080	1080≤H<1180	H≥1180
稳定性分区	不稳定区(I)	次稳定区(II)	稳定区(III)

表5 武者地区斜坡稳定性按岩性分区

地层岩性	志留系(S _{2+3b1})千枚岩、 板岩、片岩	泥盆系(D _{3g2})砂岩、 灰岩、千枚岩	石炭系(D ₂₊₃)中厚层状灰 岩、硅质条带灰岩
稳定性分区	不稳定区(I)	次稳定区(II)	稳定区(III)

5 结 语

白龙江武都地区滑坡活动性表现为:

1. 该地区滑坡发育史在时间上有4个活跃期,且活动周期为白龙江下切所需时间;
2. 该地区滑坡最发育,最活跃的地质单元为志留系地层;
3. 该地区古滑坡大部分处于稳定状态,少量复活变成新滑坡;
4. 该地区分别按高程或地层岩性不同可将斜坡稳定性划分为:不稳定区、次稳定区和稳定区。

参 考 文 献

- 1 (苏)库柴. 滑坡重视度和活跃度的计算. “地理译文集”第3集,中科院成都地理所
- 2 (苏)库柴. 苏联岩坡稳定怀工程评价的经验. 长江水电科学院研究所,1984
- 3 徐邦栋. “斜坡岩土变形”滑坡分析与防治. 四川省地理学会滑坡专业委员会. 中科院成都地理研究所,1983
- 4 李树德. 论泥石流的另一种类型滑坡型泥石流——甘肃刘家堡泥石流为例. 《水土保持学报》,1988,2(4)
- 5 李树德. 罗依溪滑坡的特征与成因(滑坡文集). 北京:中国铁道出版社,1988
- 6 李树德. 新构造活动与公路工程地质. 全国公路工程地质. 1989,7(1)
- 7 李树德. 白龙江中游滑坡初探. 水文地质工程地质,1995,22(6)

(上接第27页)

散养与集中管理之间的矛盾,很适合当地现有的生产力发展水平。

2.4.4 利用当地优势,开发商品资源 经济开发工作是流域治理的重要组成部分,不仅属于水土保持工作的范围,在很大程度上还需要稳定的政策,正确的引导以及充分发挥小流域内干部群众的主观能动性。几乎每个流域都有一定的可供开发的资源,充分分析,抓住机遇,积极引进项目开发流域资源,可以为水土保持工程建设、植被建设的顺利进行确立良好的经济基础。

参 考 文 献

- 1 中国科学院、水利部西北水土保持研究所等. 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究. 西安:天则出版社,1990
- 2 中国水土保持学会编. 水土保持科学理论与实践. 北京:中国林业出版社,1992