

# 武都滑坡剪切滑动带特征

李 树 德

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

**摘 要** 滑坡的剪切滑动面较难查找, 而要了解滑动面形态以及滑动影响带特征更为困难。就武都地区滑坡的剪切滑动带特征作一粗浅探讨。

**关键词** 武都 滑坡 剪切滑动带

## Characteristics of the Shear Slide Zone in Wudu

*Li Shude*

*(Department of Urban and Environmental Sciences, Beijing University Beijing 100871)*

**Abstract** The shear slide plane of a landslide is difficult to find, it is even more difficult to have a clear idea of the slide plane and the characteristics of slide affected zone. The feature of the shear slide zone of the Wudu area are discussed.

**Key words** Wudu landslide shear slide zone

武都位于甘肃东南部的陇南地区, 白龙江中游地段。东西长 97 km, 南北宽 100 km。全县 43 个乡镇均受到滑坡及泥石流的威胁, 由于新构造活动、岩性及地下水影响, 使边坡失稳, 形成新老滑坡叠置, 成群分布, 全县有滑坡 600 余处, 仅舟曲经武都到文县临江的 100 多 km 内, 沿江有滑坡泥石流 1 000 个(条), 平均每公里有 10 个(条)。滑坡淤积河道, 堵塞江河, 中断交通, 破坏农田和森林, 造成水土流失严重, 每年带走泥沙 1.2 亿 t 以上<sup>[1]</sup>, 目前近 5 180 万 t 泥沙被冲到下游碧口电站水库, 库容减少 1 亿多 m<sup>3</sup>, 给经济发展和人民生命财产造成严重损失。

### 1 滑坡分布规律

(1) 由于新构造活动, 沿活动断裂带上滑坡成群分布, 白龙江是沿着近 EW 向大断裂破碎带发育, 在 NNE 向构造应力作用下, 发生 NNW 向或近 EW 向挤压, 褶皱、断裂及节理裂隙十分发育。岩体被各种不同力学性质和规模的结构面破坏分割成无数碎小的单元体, 岩体稳定性受到破坏, 在长期风化作用和地下水作用下失去连接力, 滑坡极为发育。

(2) 在岩石性质软硬相间分布地段, 滑坡较密集, 由于岩石软硬相间分布, 其物理力学性质及水理性质相差比较大, 沿着软弱的岩层, 特别是沿着受构造作用发生过层间错过, 后期又长期经

风化和地下水作用形成的泥化夹层软弱带形成规模较大的顺层滑坡。

(3) 阳面坡滑坡较阴面坡发育, 由于阳面坡(南坡)光照强, 且时间也长, 气候相对干燥, 风化强烈, 植被少, 滑坡相对比较发育, 而北面坡则相反, 南坡滑坡发育是北坡的 3.5 倍<sup>[2]</sup>, 见表 1。

表 1 武都白龙江滑坡坡面统计

坡向	沟谷数	滑坡数	面积/km <sup>2</sup>		平均坡度/°		平均高度/m
			流域	滑坡	山坡	滑坡	
阳坡(左岸)	42	137	790.46	379.42	28	30.5	1500
阴坡(右岸)	39	39	49.17	4.17	34	37	1500

(4) 滑坡于地形坡度 35~40° 最为发育, 该地区滑坡体的岩性物质组成于滑动面上, 当地形坡度处于 35~40° 地段, 滑坡体在重力作用下, 沿滑动面下滑力容易超过其抗滑极限强度而下滑, 见表 2。

表 2 武都白龙江滑坡坡度统计

坡度	15~20°	20~25°	25~30°	30~35°	35~40°	40~45°	45~50°	>50°
滑坡数占	3	31	38	26	62	11	5	1
百分数/%	1.7	17.5	21.5	14.7	35	6.2	2.8	0.5

2 滑坡类型

武都地区滑坡类型多种多样。依体积大小有小型(小于 3 万 m<sup>3</sup>)、中型(3~50 万 m<sup>3</sup>)、大型(50~300 万 m<sup>3</sup>)和超大型滑坡(大于 300 万 m<sup>3</sup>) 4 种; 从厚度有浅层、中层、深层和超深层滑坡 4 种; 从滑坡体的剪切滑动面与岩层层理或板理、片理关系分有顺层和切层滑坡两种; 另从滑坡的物质组成与结构关系上, 滑坡又分为以下几类。

- (1) 黄土滑坡。武都白龙江沿岸, 此类滑坡普遍且成群分布, 如甘家沟、马槽沟等。
- (2) 黏土滑坡。主要分布在下山区, 一般均为小型。
- (3) 碎石土滑坡。山区碎石坡积层产生滑动, 锦屏乡内的拱坝河下游较为典型。
- (4) 风化壳滑坡。滑坡下部为风化岩石, 其上为黄土层或坡积物, 在基岩面上产生剪切滑动, 如将军石滑坡。
- (5) 均质软岩滑坡。沿着千枚岩、黑色泥质页岩常常形成剪切滑动面, 造成滑坡, 如甘家沟草舍坪滑坡等。
- (6) 基岩构造滑坡。一般表现为沿构造破碎带岩崩和地震诱发的滑坡。在白龙江南岸支流, 如山东沟、姚寨沟上游均是这种老滑坡。
- (7) 陷落滑坡。由于采矿、采煤, 使地下成为空洞, 流水进入后, 岩层滑动陷落, 如笆笠滑坡; 有的因为煤层燃烧, 产生洞顶滑坡, 如龙沟华桥子滑坡。

3 滑坡剪切滑动带特征

剪切滑动带主要由滑面、泥化夹层(包括泥化带、劈理带和节理带)组成。

3.1 滑面

从宏观整体看, 呈舒缓波状, 连续性强, 表面光滑平直, 常见擦痕、磨擦镜面和杂色物质, 滑面

倾角由缓渐陡,一般 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 。滑坡出口无临空面时,前缘滑坡反翘,反倾角约 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。多数情况下,一次性滑动只有一个主滑面,但是局部地段也存在2~4个薄层平面滑面。

武都地区因滑坡类型多,滑面形态变化较大,主要表现在擦痕的数量、深浅、粗细和滑面含碎石等粗颗粒程度不同。按擦痕的深浅程度可分为:深擦痕滑面、中深擦痕滑面和浅擦痕滑面。

深擦痕滑面:擦痕深而密集,有明显棱角,每厘米宽约5~10条,擦痕深达2~4 mm,表面含少量磨光或碾碎的碎石。

中深擦痕滑面:擦痕多而宽,无明显棱角,每厘米宽约1~5条,深达1~2 mm,表面无碎石。

浅擦痕滑面:滑面平直,局部有少量浅而宽的擦痕,每厘米宽平均0.2~1.0条,深达0.1~1.0 mm。

### 3.2 泥化夹层

泥化夹层一般发育在泥岩、泥质页岩夹层上,含大量黏土矿物的岩石,是产生泥化夹层的物质基础。武都地区岩性中具有大量页岩、板岩和片岩,含有大量黏土矿物,在外力作用下其结构、构造易于破坏变形,地下水渗入后与亲水性良好的黏土矿物相互作用逐渐发生软化和泥化。

3.2.1 泥化夹层形成的构造因素 岩层在构造应力作用下发生褶皱断裂,同时引起层间错动。不同物质成分,刚柔相间的岩层发生层间错动时,在力学性质截然不同的两种岩性沉积界面处产生应力集中,并以剪切破坏方式释放应力,结果在边界面处含泥质岩石形成连续的错动光面,形成三个构造破坏带:泥化带、劈理带和节理带,它的形成、发展主要表现:

(1) 由于层间错动发生剪切作用,在剪切带上,黏土颗粒发生相对磨擦、滚动、错位,使原来胶结连结和结晶连结变为微弱连结的水胶连结,超固结构变为松散泥质散状结构,原岩抗剪强度和水稳性大大降低,为泥化创造了条件。剪切破坏程度不同,泥化夹层表现出一定分带性。

上部节理带:节理较密集,主要有两组,节理面平直光滑,有擦痕及磨擦镜面,同时能见到羽状排列的小剪切面。

中部为劈理带,原岩结构遭到根本性破坏,劈理面略发生呈鳞片状扭曲,鳞片之间为水膜连结,水分极易沿这些劈理渗入而使之泥化。

最下面为泥化带,原岩完全彻底被破坏,碾碎的含泥页岩屑成分受水作用软化和泥化,呈塑态,绢云母形成的水云母。

(2) 在剪切错动下,原岩破碎成细小颗粒,有的错磨成粉末状,增加了黏粒含量,比表面积增大,表面吸附能力和吸水能力增强,同时溶解盐类,引起离子交换,增强了泥化夹层的物理化学活性。

3.2.2 地下水对泥化夹层形式的作用 大气降水和地表沿节理裂隙渗入到层间错动破碎带或其它破碎软弱带,地下水的作用主要表现有:

(1) 水的分散作用。地下水使破碎带细小颗粒进一步分解,促使黏粒增加,在黏粒表面形成结合水膜,特别是扩散水膜(弱结合水)不断加厚,黏粒之间的距离增大,使粒间连结力削弱,引起抗剪强度降低。

(2) 水的溶解与胶溶作用。地下水长期作用的结果,使夹层中起颗粒胶结作用的 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 磷酸盐溶解和游离 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 凝胶发生胶溶变化,这样破坏颗粒间的胶结连结,增强土粒分散,加强了土的物理化学活性。

(3) 水的离解作用。层间错动面或破碎带上的细粒物质:主要为黏土矿物和倍伴氧化物,与水相互作用后,表面部分的颗粒与水化合后生成离子发生基,如

(下转第85页)

### 3.3 重视宣传, 严格执法

水土保持及水土流失方面的宣传必须同时在城市和农村展开, 应结合各种因水土流失带来的危害现象, 向广大人民群众宣传《水土保持法》, 以强化人们的水土保持忧患意识, 引起广大群众对水土保持工作的理解, 并增强在实际工作中搞好水土保持的自觉性, 同时必须加大《水土保持法》的执法力度, 以迅速扭转和遏制水土流失加剧的态势, 确保经济开发于环境保护协调发展。特别是在城市水土流失的防治中, 应该统一规划, 加强宣传, 以严格执法为基础, 联合各个部门, 加大防治监督的力度, 防止新的水土流失产生。

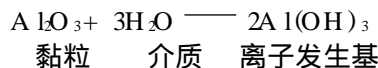
总之, 水土流失有自然因素的作用, 也有人为因素的作用, 特别是随着社会经济的发展, 人为因素更为突出, 因此, 在防治水土流失的同时就必须从人和自然这两个主题同时出发, 使人与自然环境处于协调的平衡关系之中。

### 参考文献

- 1 熊国琪 平原地区的城市化水土保持问题探讨 水土保持研究, 1997, 4(1)
- 2 付会芳 黄土高原水土流失及其防治措施 水土保持研究, 1997, 4(1)
- 3 陈业裕, 黄昌发 应用地貌学 华东师范大学出版社, 1994
- 4 杨景春 地貌学教程 北京: 高等教育出版社, 1986
- 5 陈明华等 坡度和坡长对土壤侵蚀的影响 水土保持学报, 1995, 9(1)
- 6 广东省水利水电科学研究所等 北江上游水土流失与治理 水土保持研究, 1997, 4(3)
- 7 刘秉正等 作物植被的保土作用及作用系数 水土保持研究, 1997, 4(3)
- 8 穆如发 连云港市水土流失加剧的成因及其防治对策初探 水土保持研究, 1997, 4(1)

(上接第40页)

### 化合



这种离子发生基在水中离解情况, 随pH 值而变。因为 $Al(OH)_3$ , 是一种“两性化合物”, 它既可离解为铝酸根 $AlO_2^-$ 和 $H^+$ (即 $H_3O^+$ )。也可以离解为 $Al^{+++}$ 和 $OH^-$ 即



\外层—内层 离子发生基 \外层—内层  
双电层                                  双电层

离子发生基离解后被颗粒吸附形成双电层和结合水膜, 离子发生基离解程度愈大, 扩散层就愈厚, 进一步削弱土粒之间连结力, 此外绢云母水化变成水云母, 亲水性增强。

(4) 地下水改变泥化夹层的稠度。泥化夹层中随着水量增加, 基稠度状态将发生改变, 经土工试验大多泥化夹层呈可塑状态, 基稠度指标 $0 < B < 1$ , 一般处于 $0.3 \sim 0.7$ , 局部地段达到软塑,  $C$ 、 $\psi$ 值很小, 抗剪强度大大降低。

### 参考文献

- 1 李树德 论泥石流的另一种类型——滑坡型泥石流, 水土保持学报, 1988, 2(4)
- 2 李树德 白龙江中游滑坡初探 水文地质工程地质, 1995, 22(6)