维普资讯 http://www.cqvip.com

15卷5期
2006年10月

自然灾害学报
JOURNAL OF NATURAL DISASTERS

Vol. 15, No. 5
Oct., 2006

文章编号:1004-4574(2006)05-0007-05

武隆至涪陵乌江两岸地质灾害发育特征

白云峰[1],周德培[2]

(1. 河南理工大学 土木学院,河南 焦作 454000; 2. 西南交通大学 土木学院,四川 成都 610031)

摘要:武隆至涪陵是乌江航运进入长江的咽喉要道,也是地质灾害多发的地区。现场调查表明,沿岸长约90 km范围内,发育有滑坡24处、泥石流沟2处、较大规模的岩堆4处和多处崩塌。分析认为,沿岸地质灾害的发育与分布与地层岩性、地质构造及河谷岸坡类型密切相关。河流对斜坡坡脚的切蚀作用、暴雨以及人类活动是地质灾害形成的重要诱发因素。目前沿岸多数滑坡处于基本稳定状态,少数滑坡受降雨及江水涨落的影响而处于周期性的蠕动变形状态;三峡水库蓄水后,部分滑坡复活的可能性较大,原来稳定的部分岸坡和岩堆也有可能进入失稳状态。

关键词:乌江;地质灾害;发育特征;稳定性

中图分类号:P694　　**文献标识码**:A

Development characteristics of geological hazards along banks of Wujiang River from Wulong to Fuling

BAI Yun-feng[1], ZHOU De-pei[2]

(1. School of Civil Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China; 2. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: The place from Wulong County to Fuling City is a strategic passage of the Wujiang River into the Yangzi River. Based on the comprehensive investigation in-situ, it has been known that there are 24 landslides, 2 debris flows, 4 crushed-rock piles and lots of small rock-falls along banks of the Wujiang River from Huangcao Town of Wulong County to Fuling City in the scope of 90km. After summing up and researching on the development and distribution regularity of the geological hazards, it has been pointed out that they are correlated closely with the stratum rock property, the geological structure and the relationship between the flow direction of the river and the direction of strata of bank slope. The rainstorm, the eroding action of the river to the bottom of the bank slope and the human activities about cutting the slope are the major inducement factors of occurrence of the geological hazards. Through assessment of the hazards stability, it is considered that the most of them are in the basic stability condition, and part of them in the periodical creeping deformation condition influenced by the rainfall and the flowing and ebbing of the Wujiang River. After the Sanxia Gorge reservoir reserves water, parts of the landslides and crushed-rock piles will have the probability of sliding again.

Key words: Wujiang River; geological hazard; development characteristics; stability

乌江发源于贵州省境内,于涪陵市进入长江,是沿岸16个少数民族县市对外交通的重要通道,长期以来为沿岸少数民族地区的经济发展和对外文化交流起着不可替代的作用。解放后对航道几经整治,目前已达

收稿日期:2006-04-28; **修订日期**:2006-07-20

基金项目:科技部社会公益研究专项资金资助项目(2001DIB20113)

作者简介:白云峰(1961-),男,河南禹州人,副教授,博士研究生,主要从事岩土工程研究.

维普资讯 http://www.cqvip.com

货运520万t/a、客运490万人/a的五级航道标准[1]。武隆县至涪陵市是乌江航运进入长江的咽喉要道,同时也是地质灾害发育频繁的地区[2(3)]。沿岸发生的地质灾害曾给乌江航运及人民的生命财产造成了重大损失,如1994-04-30武隆县乌江左岸鸡冠岭滑坡,体积约530万m^3,约86万m^3的滑体涌入航道,形成高约9 m的堆石坝,堵江断流30 min,伤亡19人,断航8个月,摧毁了2座煤矿[4];2001-05-01武隆县城乌江右岸滑坡,约1.6万m^3的滑体摧毁了一座商业楼,造成79死7伤的重大事故[5]。因此,查明沿岸地质灾害分布状况、总结其发育规律、分析其稳定性现状及发展趋势,对采取治理措施、保证航运安全具有重要意义。

1 沿岸区域地质环境概述

沿岸为强侵蚀岩溶化中低山峡谷地形,山脉标高500~800 m,相对高差200~500 m。乌江深切狭窄,多峡谷,一般岸坡角10°~30°、峡谷段30°~50°,阶地不发育。地形起伏大,变化率达30~50 m/km。

构造体系属扬子准台地的黔北台隆,褶皱发生于燕山期,自新第三纪以来,地壳以间歇性的抬升为主。区内主要而显著的构造是大致呈NNE—NE向的褶皱构造及伴生断裂构造,在空间上呈平行交替排列状(图1)。

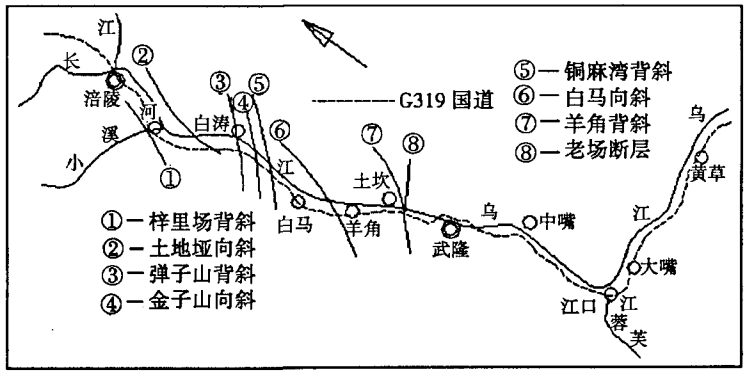


图1 地质构造与河流位置关系示意图

Fig. 1 Sketch of relationship between geological structure and location of the river

沿岸出露地层从黄草镇至涪陵市依次为奥陶、志留、二叠和三叠系沉积岩地层,岩性以碳酸岩为主、碎屑岩为辅。第四系覆盖层主要堆积于河床、漫滩及一级阶地上。

地下水以岩溶水为主,裂隙水和空隙水次之。

亚热带季风性温湿多雨气候,年平均降雨量1 200 mm,多集中在5-10月份。日最大降雨量110~200 mm。

2 沿岸地质灾害发育特征

2.1 滑坡

黄草—涪陵约90 km范围内乌江两岸发育有较大规模的滑坡24个,左岸10个,右岸14个,估算体积121.8×10^6m^3,发育线模数为0.267个/km。根据滑坡规模,可将其分为特大型($V>10\times10^6m^3$)、大型($V=1\sim10\times10^6m^3$)、中型($V=0.1\sim1\times10^6m^3$)和小型($V<0.1\times10^6m^3$)四种类型;根据滑坡滑面特征和滑体物质组成特征,又可分为基岩顺层滑坡、切层滑坡和堆积层滑坡3种形式。见表1和图2。

表1 沿岸滑坡发育规模与形式统计

Table 1 Development scales and types of lideslide along the bank

滑坡特征	滑坡规模				滑坡形式			合计
	特大型	大型	中型	小型	顺层	堆积层	切层	
个数/占总个数的百分数	2/8.3	12/50.0	7/29.2	3/12.5	11/50.0	11/40.9	2/9.1	24/100
体积(10^6m^3)/占总体积的百分数	80.0/65.7	38.0/31.2	3.8/3.1	0.22/0.2	20.0/16.4	89.8/73.7	12.0/9.9	121.8/100

维普资讯 http://www.cqvip.com

从空间上看,沿岸滑坡发育具有明显的群发性特征,集中发育了2个较大规模的滑坡群:

(1)土坎—羊角滑坡群:在长约10 km范围内,发育滑坡11个,体积近990万m^3。左岸1个(羊角3#),右岸10个。杨家坝顺层滑坡为奥陶系(O_{2+3})灰岩夹页岩,其余滑坡均发育在志留系罗惹坪组(S_1lr)巨厚层软弱页岩岩组及其风化破碎带内。两个特大型滑坡亦分布在该区域内,分别是土坎和羊角3#滑坡。

杨家坝、土坝滑坡和下姜家湾、黄泥堆滑坡分别系送石子沟和糯米溪沟切割坡体前缘而成,滑动主方向指向冲沟,其它滑坡均系乌江切割坡体前缘而成,滑动主方向均指向乌江。

(2)小溪河滑坡群:小溪河附近长约6 km范围内,在乌江左岸三叠系嘉陵江组(T_1j)灰岩夹岩溶角砾岩及泥岩中发育了8个大、中型顺层滑坡。其中规模较大的有6处,分别是黄果坪(90万m^3)、新崩嘴(430万m^3)、磨溪(200万m^3)、碴岩嘴(410万m^3)、小溪河1#(200万m^3)和小溪河2#滑坡(280万m^3)。该段岸坡为顺向坡,岩层倾角20°~30°,层面溶蚀发育并夹有次生粘土。滑坡系乌江下切并经暴雨诱发而成。

以上2个滑坡群共发育滑坡19个,占沿岸滑坡总数的80%。其余5个是大嘴切层滑坡(600万m^3),干堡(9万m^3)、斑竹林(3万m^3)、巷口(4万m^3)和白涛(9万m^3)浅层堆积层滑坡。

经深入的分析可知沿岸滑坡的发育与分布主要受以下因素的影响与制约:

(1)地层岩性组合特征与地质构造:沿岸滑坡主要发育在三叠系嘉陵江组薄及中厚层灰岩夹薄层软岩岩组及志留系罗惹坪组厚层软弱页岩岩组中,前者以发育基岩顺层滑坡为主,后者以发育堆积层滑坡为主,同时也发育有顺层和切层滑坡。滑坡发育与地层的关系见图3。

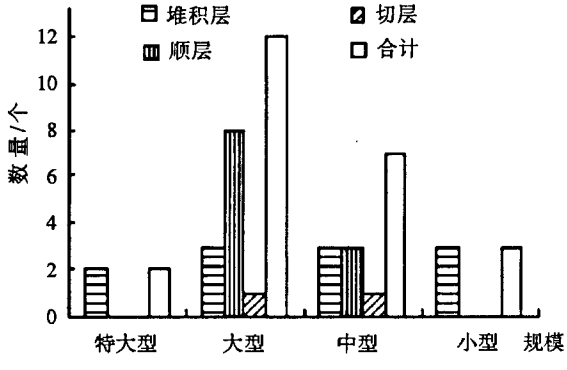


图2　滑坡发育规模、形式与数量关系

Fig. 2　Relationship between scale/type and quantity for development of landslide

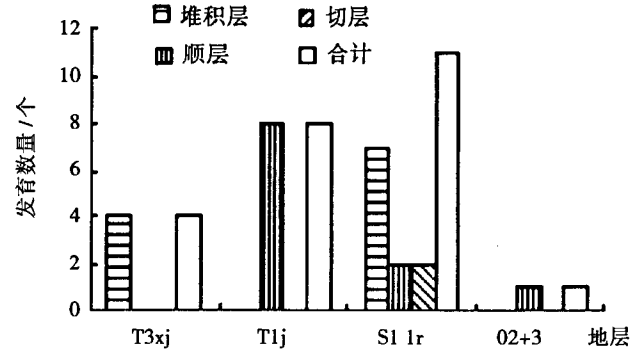


图3　滑波发育数量与地层的关系

Fig. 3　Relationship between quantity and stratum for development of landslide

小溪河滑坡群发育在梓里场背斜和土地垭向斜之间,软、硬层间可见明显的错动特征。硬岩夹软岩岩组中的岩层分界面一般粘接力较弱,在构造变动时,常产生层间错动,并成为地下水入渗的通道。地下水的入渗一是降低错动面强度;二是在长期化学作用下带走软弱层中的可溶岩并加速错动面的泥化[6,7]。这是小溪河滑坡群形成的重要原因。

沿岸志留系罗惹坪组巨厚层页岩主要分布在土坎(羊角间,受白马向斜、羊角背斜和老场断层的影响,岩体中节理裂隙极其发育,岩体极为破碎。无论是顺向坡、反向坡还是斜向坡,只要切割坡脚,坡体易追踪节理裂隙变形而发育成各类形式的滑坡。此外页岩还极易风化剥落,风化壳厚度可达几十米,大量的风化物堆积于斜坡表面和坡脚处,在河流切蚀坡脚及暴雨等因素的作用下,堆积层常沿基岩表面和层内弱面蠕滑而发育成堆积层滑坡。

(2)河流切蚀作用:河流对坡脚的切蚀作用,为斜坡滑动创造了有效临空面,同时还使斜坡不断变高变陡,改变了坡体的自然平衡状态,引起坡体内应力的重新调整,结果在坡脚处形成剪应力集中,使斜坡稳定性不断降低,并最终导致斜坡失稳滑动。这是沿岸滑坡沿河流带状分布的主要原因。

(3)人类活动:随人类活动规模与强度的不断加大,人类活动对地质环境的影响越来越明显,已经成为诱发滑坡的重要原因之一。沿岸最近发生的滑坡多与人类工程活动因素有关,如鸡冠岭滑坡的成因是公路

维普资讯 http://www.cqvip.com

爆破、地下采煤以及降雨和河流冲刷;武隆"5·1"滑坡则纯粹是因不合理的切割坡脚的工程活动而引起;96-07-10发生的小溪河2#滑坡是采石场爆破、修建公路爆破开挖坡脚并经暴雨诱发而成。

(4)河谷岸坡类型:河谷岸坡类型对岸坡的稳定性有重要的影响[8,9]。研究表明,滑坡多发育在顺向岸坡段,而逆向坡和斜向坡段岸坡较稳定。这一点对硬夹软弱地层岩组组成的岸坡稳定性的影响尤其明显。河流的切蚀作用提供斜坡滑动的临空面、暴露坡体中的软弱夹层并在软弱夹层中形成应力集中,同时还改变斜坡的水文地质条件并增大水力坡度,这是沿岸小溪河滑坡群形成的重要原因。这也是坡体结构和岩性都相同时滑坡集中发育在顺向岸坡段,而斜向坡和反向坡段滑坡不发育的主要原因。软岩的岸坡类型对滑坡发育的影响明显小于坚硬夹软弱岩组,其原因是对于软岩来讲,其控制性的结构面是深长的节理裂隙面,层面的影响就退居其次,这是软岩岸坡不稳、并可发育各类滑坡的原因。

(5)暴雨:暴雨时,斜坡中的含水量猛增,地下水位升高,增大了动静水压力、空隙(或裂隙)水压力和浮托力,改变了暴雨前斜坡的应力状态,降低了坡体中软弱层的抗滑力,增大了下滑力,进而引起斜坡变形,发生滑坡。沿岸的小溪河滑坡群、土坎~羊角滑坡群以及鸡冠岭滑坡等多数滑坡都是在暴雨后形成的。

2.2 泥石流

沿岸以碳酸岩为主,岩性较硬,不易形成泥石流,沿岸泥石流沟只有两条:

(1)黄草场泥石流沟:位于乌江左岸黄草镇附近,形成区长约2 km,多支沟呈放射状,松散物质以滑坡堆积物为主,数量约73万m^3。流通区长1 400 m,沟床纵坡10°~20°,见泥痕高4 m。

(2)清水溪泥石流沟:位于土坎(羊角之间的乌江右岸,形成区大于3 km,形成区内滑坡堆积物和岩堆较多,松散物质以碎、块石土和沙粘土为主,厚0~70 m,局部见坍塌现象。流通区长1 700 m,沟床纵坡较陡,约15°~30°。沉积区位于乌江边,长1 200 m,形成泥石流扇,堆积物多为碎、块石土。

2.3 崩塌与岩堆

沿岸崩塌体多发育在峡谷段的陡崖处,由于受地形限制,无法靠近做详细的考察统计。据粗略观察,共有崩塌体10余处,总体上以小型崩塌为主。崩塌体多发育在陡崖的软、硬质岩接触带附近,软质岩因差异风化后内陷,硬质岩形成倒悬,在卸荷裂隙和风化裂隙切割后,形成危岩崩塌体。沿岸的崩塌体主要发育在以下几种地层岩性组合中:二叠系栖霞组灰岩与志留系页岩接触带;志留系小河坝组厚层砂岩与其下部页岩接触带和奥陶系中、上统厚层灰岩与软质页岩为主的大湾组接触带。

岩体崩落后及软岩风化后堆积于坡脚或坡面上便形成岩堆,是堆积层滑坡的重要物质来源。沿岸有规模的岩堆共有4处,分别是乌江右岸的黄桷树1#岩堆(2 600 m×(110~280)m×(2~25) m)、2#岩堆(300 m×(130~170)m×(2~5)m)、老鹰窝岩堆(180 m×(100~210)m×(2~45)m)和乌江左岸的黄草岩堆(70 m×(20~30)m×10 m)。4处岩堆均堆积于岸边斜坡上,其前缘则侵占在乌江河道上。

3 沿岸地质灾害稳定性评价

通过现场考察后,对上述滑坡、泥石流、崩塌及岩堆的稳定性进行了初步的分析评价,结果表明,多数滑坡处于基本稳定状态。少数滑坡处于受暴雨及雨季江水位涨落影响的周期性的蠕滑变形阶段。稳定性较差的是羊角1#,2#及土坎堆积层滑坡。土坎滑坡滑体地下水发育,前缘已发育了5个小的坍滑体,其邻近乌江的边缘也于1998年8月6日产生了新的滑坡(长350 m,宽100 m,厚10 m),滑速达10 cm/h,公路边3栋房屋被毁坏,15户居民被迫搬走。羊角1#和2#滑坡滑体内地下水丰富,前缘可见有泉水出露,滑带土呈饱和(塑流状,滑体前缘也已出现了坍滑现象。

随三峡水库蓄水位达到175 m后,乌江水位也将普遍上涨,这样一来多数滑坡体前缘将长期浸泡在江水中,斜坡地下水位也将相应上升,因此,沿岸部分滑坡存在复活的可能性,同时4个岩堆及原来稳定的岸坡也很有可能失稳滑移或形成坍岸。

沿岸崩塌体的稳定性则处于动态变化之中,主要受软岩差异风化速度及卸荷裂隙扩展速度的影响。目前,一般大型崩塌体较稳定,小型崩塌体则稳定性较差。

每年暴雨季节,两泥石流沟都会形成规模不等的泥石流,但随着近几年国家及当地政府对绿化工作的重视,泥石流的规模有逐年减小的趋势。

维普资讯 http://www.cqvip.com

4 结论

(1)沿岸约90 km范围内,地质灾害发育形式以滑坡为主,计有滑坡24个,泥石流沟2条,岩堆4处和10余处崩塌体。滑坡发育形式则以基岩顺层滑坡和堆积层滑坡为主。

(2)滑坡发育与地层岩性、地质构造、河流流向与岸坡类型的关系密切。志留系罗惹坪组(S_1lr)页岩是沿岸的易滑地层,可发育各类规模与形式的滑坡;顺向坡段的硬岩夹软岩组成的岸坡结构,易产生顺层滑坡;河流及人类切割坡脚的活动以及当地的多暴雨久雨天气是斜坡失稳滑动的重要诱发因素。

(3)多数滑坡处于基本稳定或受降雨及江水涨落影响下的周期性蠕动变形状态,个别稳定性较差。三峡水库蓄水后,部分滑坡和岩堆存在较大规模失稳滑移的可能。

参考文献:

[1] 李平,袁苹.乌江岩崩渡江航道整治方案试验研究[J].重庆交通学院学报,2000,19(3):101-105.
[2] 中国科学院西南资源开发考察队. 西南自然灾害及其防治对策[M].北京:科学出版社,1991.18-31.
[3] 李金华.武隆滑坡泥石流防灾减灾成效与经验[J].中国水土保持,2002(6):15-16.
[4] 刘传正,黄学斌.乌江鸡冠岭山崩堵江地质灾害及其防治对策[J].水文地质工程地质,1995,22(4):6-11.
[5] 王成华,陈永波.武隆滑坡形成机理与成灾分析[J].自然灾害学报,2002,11(1):108-112.
[6] 胡厚田,唐永富.层间错动及其与顺层滑坡的关系[A].见《滑坡文集》第三集[C].北京:中国铁道出版社.1982,16-24.
[7] 孙广忠.岩体力学基础[M].北京:科学出版社,1983.14-16.
[8] 张年学,盛祝平,等.长江三峡工程库区顺层岸坡研究[M].北京:地震出版社,1993.2-14.
[9] 白云峰,周德培,等.顺层滑坡的发育环境及分布特征[J].自然灾害学报,2004,13(3):39-43.