

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2018.04.012

崩塌、滑坡与涌浪—认识三峡库区地质灾害

董好刚, 霍志涛, 田盼

(中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉 430205)

中图分类号: P642.2

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2018)04-360-06

“自三峡七百里中,两岸连山,略无阙处。重岩叠嶂,隐天蔽日,自非亭午夜分,不见曦月。”——三峡地质条件之崇险,早在郦道元的《水经注》中已有生动记载(图1)。三峡工程建设后,水库蓄水形成长约5300千米的库岸,现已查出的滑坡达5000多处,地质灾害风险更加凸显^[1-2]。比较典型的如2008年11月23日发生的巫峡上游的龚家方崩塌,产生高达32 m的涌浪灾害^[4];2015年6月24日发生在大宁河口对岸的红岩子崩滑,产生5~6 m的涌浪;巫峡段2008年以来一直持续发生变形破坏的马鞍子斜坡^[2]等等。认识这些灾害的特征并学会预防非常重要。



图1 三峡库区地貌

1 走近崩塌、滑坡与涌浪

1.1 崩塌

崩塌是指高陡斜坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体后,以滚动、跳动、坠落等为主的运动现象与过程^[3-4](图2)。未崩坠塌落之前的不稳定岩



图2 崩塌形成示意图

土体称为危岩体。

一般来说崩塌具有突发性,发生时间极短,运动速度极快,能够达到5~200米/秒^[3];崩塌规模的大小相当悬殊,大规模的岩体崩塌体积可达数千万立方米甚至上亿立方米,小规模岩体崩塌称坠石,一般体积仅数立方米或数十立方米,甚至是小型块石的塌落。崩塌对斜坡底部的房屋、道路、航道等危害很大,极易造成重大的人员伤亡事故。

(1) 崩塌形成条件

崩塌形成条件,可以用陡、裂、空、落四个字概括^[4](图3)。

陡:地形坡度大于45度、高度大于30米以上的坡体。

裂:坡体内部发育垂直和平行斜坡延伸方向的陡裂隙、顺坡裂隙或软弱带;坡体上部已发育拉张

基金项目:中国地质调查局三峡工程后续工作项目《三峡库区滑坡涌浪灾害与预警研究》(编号:0001212018CC60003)、《群测群防建设和预警分析指导》(编号:0001212012AC50030)资助

第一作者:董好刚(1970—),男,教授级高工,水工环调查与研究,E-mail:645226820@qq.com

裂隙,并且切割坡体的裂隙、裂缝将可能贯通,使之与山体形成分离之势。

空:坡体前部存在临空空间,崩塌体可以向着临空方向向下滚动。

落:在地震、降雨、地表冲刷、工程活动等作用下,具备上述三个条件的坡体则会突然脱离山体发生倾倒、坠落或垮塌等现象。

(2)崩塌的诱发因素



图3 崩塌形成条件示意图

三峡库区引起崩塌常见的诱发因素有降雨、库水位变动、道路开挖或地震活动等。

降雨:大雨、暴雨和长时间的连续降雨,使地表水渗入坡体,软化岩、土及其中软弱面,产生孔隙水压力等,从而诱发崩塌。

库水位变动:库水上升时,不断冲刷坡脚或浸泡坡脚、削弱坡体支撑或软化岩、土体强度,从而诱发崩塌;水位降落时岩土体中形成的静水压力、动水压力也可能导致崩塌发生。

道路开挖:修筑铁路、公路时,切割了外倾的或缓倾的软弱地层,加之爆破对边坡强烈震动,可以引起崩塌。

地震:地震引起坡体晃动,破坏坡体平衡,从而诱发崩塌。

1.2 滑坡

滑坡俗称“走山”、“地滑”等,是指斜坡上的岩土体在重力作用下,沿着一定的软弱面(带),顺山坡向下滑动的地质现象^[4](图 4)。

(1)滑坡的形成过程^[4]



图4 滑坡示意图

一个滑坡从孕育到形成的阶段,可通俗地用四个字来归纳:裂、蠕、滑、稳(图 5)。

裂:滑坡隐患,在山坡的上部出现裂缝,多是弧形或密集的小裂缝,沿一定方向延伸。

蠕:滑坡发展,滑坡体在重力作用下渐渐向坡下方移动,如同蚯蚓,有时很慢很慢,长达几年,甚至几十年。

滑:滑坡发生,当软弱的岩土层被断开后,滑坡体会沿着其下部的基岩(滑床)往下滑,就像在公园

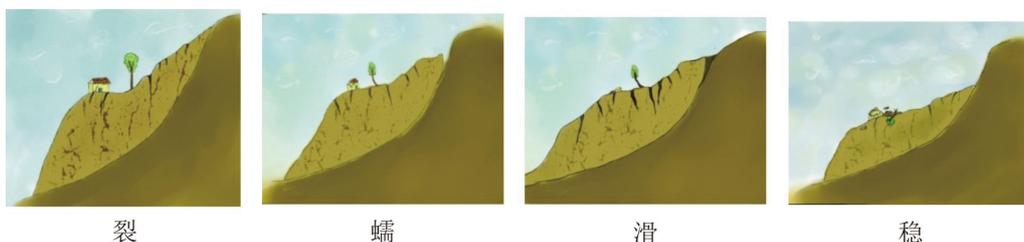


图5 崩塌形成条件示意图

里乘坐的滑梯一样。

稳:滑坡停止,滑坡从陡坡滑到平地后,坡度变缓,能量耗尽,滑动变慢直到停止。

(2)滑坡诱发因素

三峡库区诱发滑坡的主要因素是降雨和库水位变动^[5]。

降雨:诱发三峡库区滑坡的主要因素。通过对2003年以来日降雨量大于80 mm,2日连续降雨量大于100 mm,3日连续降雨量大于120 mm的暴雨

次数与当年库区滑坡等变形数进行统计(图6),结果表明,每年滑坡等灾害数量跟暴雨发生的次数呈正相关,其中年3日连续降雨量大于120 mm暴雨次数与当年涉水滑坡变形数量的耦合关系最好,说明暴雨是库区涉水滑坡最主要诱发因素。

由于滑坡与降雨关系密切,因此,在每天的天气预报中,一旦预报哪里会有大雨或暴雨,预报员就会提醒我们注意滑坡和泥石流等地质灾害的发生。

库水位变动:库水位上升时,不断地侵蚀滑坡坡

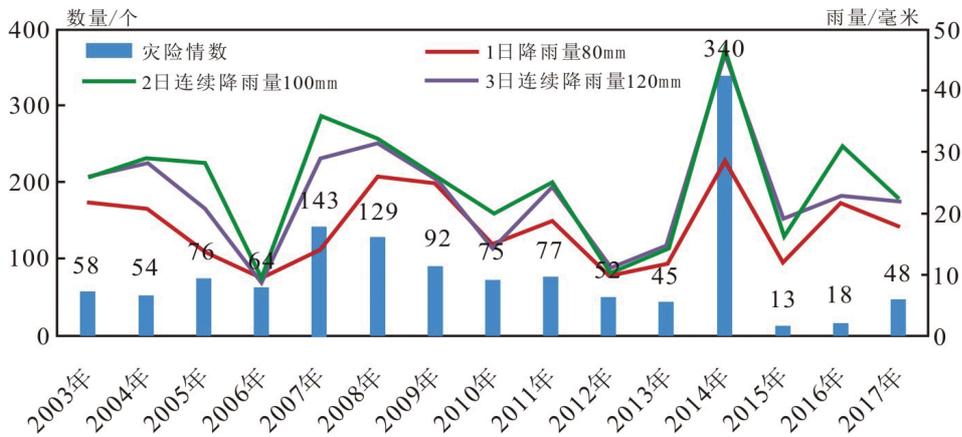


图6 2003年来三峡库区灾(险)情与强降雨的关系

脚造成滑坡体不稳形成滑坡;水位降落时岩土体中形成的静水压力、动水压力也可能导致滑坡发生。

1.3 涌浪

(1)什么是涌浪?

河流、水库的库岸滑坡体突然滑入其中,激起巨大的波浪,我们习惯上称之为涌浪(图7)。涌浪以滑坡体冲入水体的位置为中心点,向上游和下游推进,引起水体表面迅速变化,很可能在水体中掀起巨大的涌浪,冲击两岸或向下游推进,可击毁对

岸建筑设施和农田、道路,推翻或击沉水中船只,产生灾难性的后果。

以千将坪滑坡为例^[6],滑坡产生的最大浪高为38.8 m,最大爬高为36.7 m。最大涌浪值空间分布显示(图8),涌浪在河道传播中地形及水体对涌浪衰减放大有影响。在河口区域,涌浪急剧衰减。在小河向上游狭窄河道和水体较浅区域传播中有放大效应。大于1 m涌浪的河道长约10.5 km,大于2 m涌浪的河道长约9.3 km,大于3 m涌浪的河道长约

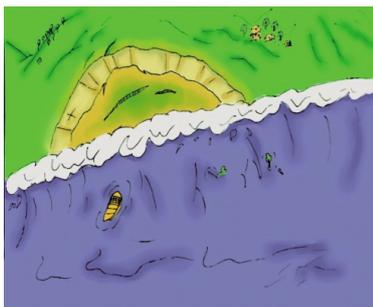


图7 涌浪示意图

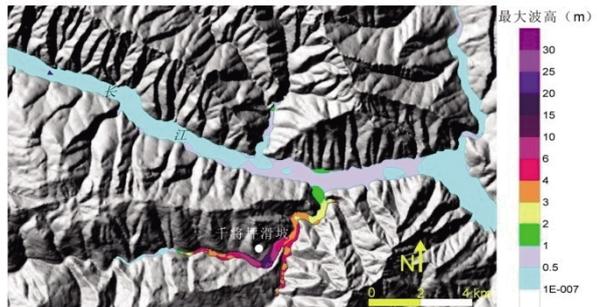


图8 千将坪滑坡最大涌浪值分布图

8 km。1 m 以上涌浪大部分分布在锣鼓洞支流和青干河内,仅有零星分布在长江干流及其他支流内。

(2)影响涌浪大小的因素有哪些?

影响涌浪大小的因素,主要有以下几条。

滑坡体形状:楔形滑体形成的涌浪最大,其次是矩形,椭圆形块体形成的涌浪最小。

滑面倾角:相同条件下,滑面的倾角越陡,产生的涌浪高度越大。

滑体体积:涌浪高度随着体积的增加而呈现增加趋势。

河(江)面宽度:涌浪达到对岸后,由于受到阻挡作用,对岸对涌浪的影响逐渐增加,河(江)面宽度越小,产生的涌浪越高。

河水(江)深度:一般来讲,河水越深,产生的涌浪越高。

2 滑坡、崩塌发生的前兆

滑坡发生前,一般都会出现各种异常现象,如滑体上出现裂缝、鼓胀或局部塌方,滑坡之上的房屋出现裂缝、池塘漏水、泉水变浑,有的动物也表现出异常行为。主要征兆概括为:地裂房裂地生包,无故池干浑水冒,偶尔地下传声响,鸡飞狗跳鱼儿跃^[4,7]。

(1)滑体和建筑物变形

异常变形是滑坡滑动的直接前兆。滑坡变形是一个长期缓慢的蠕变过程,一般会经历初始变形、等速蠕变变形和加速变形几个阶段,当变形达到加速阶段时,随着变形的速率急剧增大,滑坡体表面会出现各种宏观变形现象。

一般在滑坡发生前数天或数小时会伴随间断的小规模崩滑、滚石、坠石,如盐池河岩崩、易贡滑坡等;还有滑坡发生前在坡体后缘会出现裂缝加速张开、闭合、陷落,前缘隆起、鼓胀等现象(图9),如



图9 滑坡体的宏观变形

新滩滑坡。

座落于山谷边缘或大填土崖边的房屋,其最大的特色为房屋基础附近通常设置有高陡的挡土墙。若挡土墙向外凸起,并出现裂缝,则说明滑坡发生变形(图10)。

(2)池塘或水田突然下降或干涸、井水或泉水异常

滑坡体上的池塘或水田出现水位突然下降或干涸现象是滑坡发生的间接前兆。滑坡发生时会产生较大变形,坡体会产生大量裂缝,水可以沿裂缝流动而渗漏,从而使得池塘和农田发生水位下降或干涸,出现此异常现象就预示着可能要发生滑坡了(图11)。

异常井水或泉水属于间接前兆。在大的崩滑数天或几小时前,滑坡滑动会使滑体发生急剧挤压,地下水像拧毛巾一样沿挤压裂缝溢出,形成新泉或泉流量剧增、变浑,或水温上升变为温泉,或喷射出地表数米,形成高压射流和泥气流等变异现象(图12),这种情况反映出大崩滑已趋逼近。

1982年利川石坪寨滑坡前三天,滑体中部冒出脸盆粗两股含泥浑泉;1983年湖北秭归新滩滑坡前前缘斜坡某招待所一泉水变浑,水量增大,湿地面积突然增大,滑体上段姜家坡望人角一带(高程520米)70万立方米土石下滑前5分钟左右,斜坡突然喷射超前高压泥沙水流(或气流)三丈余高。

(3)动物异常行为

异常动物行为属于间接前兆。滑坡发生之前因缓慢滑动而产生声响,由于动物对声音感应远比人类敏感,即便难以被人类察觉的微小声音,有些动物也能感知,因此,会表现出各种异常行为(图13)。

1981年四川广元大石区滑坡前,大、小猴儿下山抢吃山粮,糟踏庄稼,鼠、蛇爬树;1980年四川青神县白菜崩滑体崩滑前,正在耕田的牛,骤然惊慌



图10 房屋变形

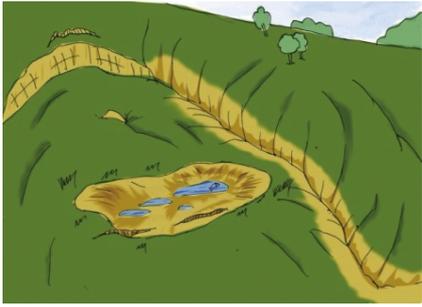


图11 水塘干涸

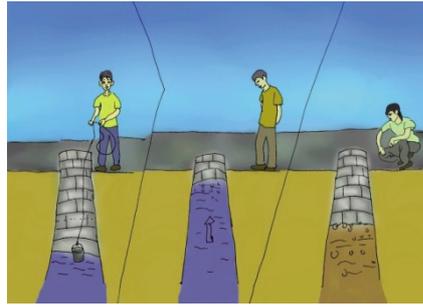


图12 井水异常

乱跑,不听主人呼叫,之后约一刻钟暴发了一场大滑大崩灾害;2003年千将坪滑坡发生前数天内,青干河滑坡部位突然鱼群聚集,致使周围渔民纷纷聚集于此打鱼。

(4)异常地声

异常地声也属于直接前兆。当滑坡缓慢蠕滑变形积累到一定程度,滑动面会逐渐贯通并整体发生滑动,滑体在整体滑动过程中沿滑动面会错断岩体,从地下发出岩体错断声;当滑体沿滑动面高速滑动时,滑体与滑床之间产生强烈的滑动摩擦作用,常常从地下发出闷雷声、隆隆声等。

1982年四川云阳天宝山滑坡临滑前夕,听到明晰的闷雷声响;1981年攀钢石灰石矿滑坡滑前亦听到岩体位移的错断声;1980年四川越西铁西滑坡,滑前起动均听到闷雷式隆隆声;1980年盐池河磷矿崩塌前也听到隆隆炮声响。

3 遇到危险怎么办

3.1 崩塌发生时如何逃生

崩塌发生时,即使在危险区外也一定要绕行;如果处于崩塌体下方,应选择向两侧方向逃离危险区,而不要选择顺着滚石的运动方向(图14)。逃跑时,利用身上或附近的物品保护头部,如果有震感,

也应立即向两侧稳定地区逃离。

3.2 滑坡发生时如何逃生

滑坡发生时,如果身处滑坡范围外,不要慌张,尽可能将灾害发生的详细情况迅速报告相关政府部门和单位,做好自身的安全防护工作,不能只身前去抢险救灾。如果正处在滑坡的山体上,应向滑坡边界两侧之外撤离,绝不能沿滑坡滑动的方向逃生(图15)。

如果滑坡滑动速度很快,最好抱紧一颗大树不松手(图16)。绝对不能迎着滑坡滑动的方向跑,切忌慌张发呆站在原地,滑坡停止后切忌贸然返回抢救财物,因为滑坡的发生具有连续性,盲目回家,可能遇到第二次滑坡,危害生命安全。

3.3 如何防范涌浪危险

涌浪发生后会在短时间内产生巨大的破坏,群众来不及躲避,所以修建建筑物时应考虑到可能产生涌浪的危险,类似三峡大坝等重大工程,在设计时都考虑能经受多大的涌浪袭击。对于普通民用房屋,修建时也应考虑涌浪威胁,选址时尽量远离水库岸边。

对于库区突发性的滑坡险情,在滑坡应急处置当中,专业技术人员应当分析计算涌浪产生的大小、影响的范围等。海事局、农业局渔政站应据此发出警报信息,负责水上安全管控,设立船舶禁航区:

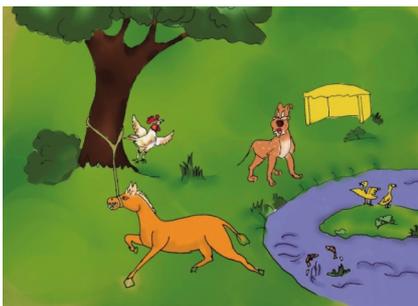


图13 动物异常



图14 崩塌逃生

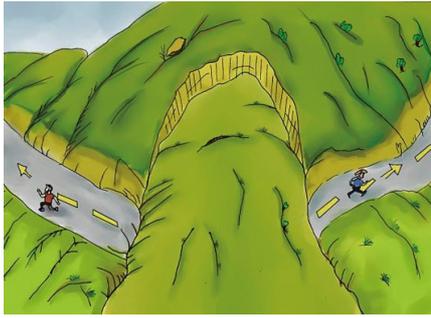


图15 滑坡逃生



图16 滑坡快速自救

水上高于 1.5 米涌浪范围禁止渔船作业,所有渔船驶离危险区,人员上岸,船舶锚固;民兵管控临水居民,组织巡逻,撤离临水居民,受涌浪威胁的居民,临时投亲靠友或政府统一安排临时住所,不得在涌浪波及范围内生活。

参考文献:

- [1] Huang B L, Yin Y P, Liu G N, Wang S C, Chen X T, Huo Z T. Analysis of waves generated by Gongjiafang landslide in Wu Gorge, three Gorges reservoir, on November 23, 2008[J]. Landslides, 2012, 9(3):395-405.
- [2] 刘广宁,陈立德,黄波林,彭轩明.影响巫峡横石溪马鞍子危岩体稳定性的因素分析[J].华南地质与矿产,2010,(2):67-70.
- [3] 三峡库区地质灾害防治工作指挥部. 三峡库区地质灾害防治监测预警工程专业监测预警系统专项设计[Z].2002.
- [4] 张悼元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京,地质出版社,1981.
- [5] 陈丽霞.三峡水库库岸单体滑坡灾害风险预测研究[D].中国地质大学(武汉),2008.
- [6] 赵永波,王健,黄波林,谭建民,王世昌.基于改进的FAST模型的千将坪滑坡研究 [J]. 华南地质与矿产,2017,33(4): 411-418.
- [7] 重庆市国土资源和房屋管理局.地质灾害防治“四重”网格化管理群测群防员工作指南[R].2017.