

1994-04-30 四川省武隆县鸡冠岭 滑坡→崩塌→碎屑流→堵江灾害链*

陈自生 张晓刚

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 1994-04-30 的 11:45, 四川省武隆县兴顺乡核桃坪村境内乌江左岸鸡冠岭—龙冠嘴(107°29'27"E, 29°28'06"N)发生了特大型滑坡→崩塌→碎屑流→堵江灾害链, 其碎屑堆积物方量 530 万 m³. 崩塌滑坡发生区海拔 500—850m. 崩塌滑坡物质解体、破碎后, 又呈碎屑流作顺坡运动, 其中 30 万 m³ 泻入乌江(江面海拔 150m), 堵断江流时间达 30min. 这次灾害链致死 4 人, 失踪 12 人, 伤 5 人, 造成直接经济损失近千万元. 发生区后缘坡体上还有地表裂缝在不断发展, 潜在性灾害威胁继续存在.

关键词 四川省 武隆县 崩塌 滑坡 碎屑流 堵江

1994-04-30 的 11:45, 四川省武隆县兴顺乡核桃坪村境内, 乌江左岸鸡冠岭—龙冠嘴(107°29'27"E, 29°28'06"N)发生了特大型滑坡→崩塌→碎屑流→堵江灾害链(图 1).

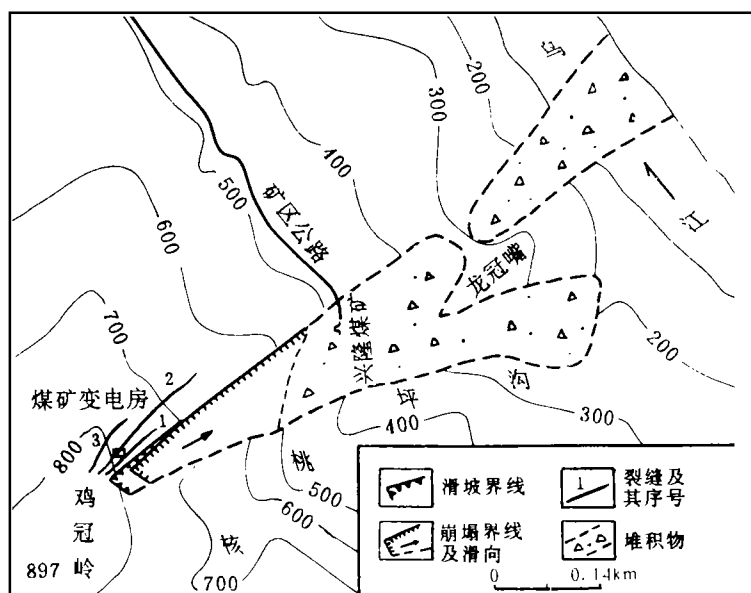


图 1 滑坡→崩塌→碎屑流→堵江灾害链

Fig. 1 Hazard-chain landslide→collapse→debris flow→river stoppage

* 考察时间: 1994-05-03-07.

本文收稿日期: 1994-05-24.

灾区距下游江口(涪陵)35.7km, 距上游白马镇 7.0km. 滑坡崩塌堆积物的方量 530

万 m^3 ,其中 30 万 m^3 倾入乌江(没入水下的有 10 万 m^3),成坝堵江,断流 30min(照片 1)¹⁾,水位落差 10m,致使乌江断航。

滑坡崩塌物入江后,击沉江边等待装煤的船只 2 艘、击毁 1 艘,涌浪又掀翻在附近的小渔船 2 艘。此次灾害链致死 4 人,失踪 12 人,伤 5 人;摧毁年产 6 万 t 的煤矿 1 座,损坏年产 5 万 t 的煤矿 1 座,江边正在施工中的双白(白涛—白马)公路也受到极大危害;造成的直接经济损失近 1 000 万元。川东南和黔北 20 余个市县因乌江断航还将继续蒙受巨大的间接经济损失。

更为触目惊心的是,滑坡发生区后缘坡体上仍发育了三组地表裂缝。其中二组地表裂缝所围的稳定性较差的岩体体积共约 450 万 m^3 ,已构成了潜在威胁,一旦继续发生灾害,灾情更为惨重。

1 成灾环境条件

鸡冠岭海拔 897m,属当地的第Ⅳ级剥蚀面,位于轴向 NWW 的桐麻湾背斜 NE 翼上的次级小背斜(暂名鸡冠岭背斜)轴部,由二叠系厚层-中厚层灰岩构成。小背斜轴向也为 NWW,SW 翼平缓、NE 翼陡立而呈膝状。本次崩塌物主要来自小背斜 NE 翼灰岩构成的反倾结构的悬崖陡壁上(照片 3)。岩层层理(倾向 300°,倾角 40°—80°)在卸荷作用下,扩展成卸荷裂隙(照片 4),向坡体深部延伸。崩塌发生区西侧坡体内的卸荷裂隙则是沿原背斜横向节理发育的,其倾向 40°,倾角 70°—80°,平行陡崖。它们既是第Ⅳ级剥蚀面边缘地带悬崖平行后退的基础,又是切入于悬崖下方的坡体之中,成为坡体长期缓慢变形、并最终滑动的侧界。

沿背斜轴发育的核桃坪沟,直接流入乌江。沟床纵剖面因发育有与剥蚀面高度相对应的跌水而呈阶梯状。沟口一带较开阔,海拔 700—800m 地势较平缓,为当地第Ⅴ级剥蚀面的一部分,以核桃坪村和煤矿变电房一带为代表,地表松散物质以崩坡积物为主。海拔 350—500m 处有第Ⅵ级剥蚀面(平均坡度 25°—30°),是采煤、转运煤炭的场所。第Ⅴ,Ⅵ两级剥蚀面间,除坡体受上述二组分别循构造节理和层理发育的卸荷裂隙割切外,坡体内部还广泛赋存二组顺坡向的缓倾角卸荷裂隙:1. 倾向 60°—70°,倾角 20°—25°;2. 倾角 115°—120°,倾角 20°—25°(照片 5)。它们组合成的滑动面控制着坡体向乌江滑动,使乌江岸坡成为该灾害链的有效临空面。

在这次灾害链形成中除自然因素之外,人为因素也是不可忽视的。采煤和近期沿江公路的爆破作业,都是灾害链的人为诱发因素。

2 成灾过程

这次灾害链的前兆明显。据灾害现场矿工介绍,早在 1994-01,海拔 499m 处建成不

1)本文照片见刊末图版 I。

久的兴隆煤矿坡面上即发现地表裂缝,主巷道干砌块石拱圈顶部掉碴。当年 04-23 风井

附近的宿舍开裂,高位水池漏水. 04-24 煤矿停工. 04-29 夜间后山裂缝迅速扩展 7cm. 04-30 上午抢运器材的矿工就撤离现场.

04-30 的 11:45,煤矿井口一带冒出白烟,第 V, VI 两级剥蚀面间的坡体被剪破,开始滑动. 滑动方向 NE60°. 估算按的是:剪出口位于海拔 500m 的井口一带,后缘海拔 800m,长 200m,平均宽 200m,平均厚 100m,求得的滑坡方量 400 万 m³.

随着滑坡的起动,第 IV, V 两级剥蚀面间的崖壁即因坡脚失去支撑而倾倒崩塌,其发生在海拔 750—850m,由北壁和西壁构成,两者相交近直角. 其间以受层理控制的北壁崩塌为主,而受 SE-NW 向卸荷裂隙控制的西壁崩塌规模较小.

由于滑动面循顺坡向的缓倾角卸荷裂隙发育,起伏不平,剪出口又高出坡脚,故滑坡体迅速解体、破碎,连同随即而来的崩积物一起成为碎屑流,除部分泻入核桃坪沟外,大部倾入乌江,继而堵江. 灾害区域长 760m,平均宽度 200m,相对高度达 700m.

3 成灾特点

本次灾害链由滑坡激化崩塌,崩塌体加积于滑坡体上,两者结合体解体、破碎而成碎屑流,以至堵江. 此有如下特点.

3.1 相辅相成,互为因果的滑坡过程和崩塌过程

乌江横向切穿由二叠系厚层-中层灰岩构成的鸡冠岭背斜. 构造节理和层理在卸荷作用下发育成平行于悬崖的卸荷裂隙. 卸荷裂隙使坡体松动,地表开裂,最终发展成崩离面,并成为当地坡面直立平行后退的主要原因,以及主要的块体运动形式.

核桃坪沟沿背斜轴部发育. 沟口一带两面临空的坡体更易受外营力破坏. 层状地貌相对开阔,较平缓的剥蚀面成为崩积物的贮存场所.

随着悬崖的不断平行后退,剥蚀面上的崩积物加积便连续不断,从而成为剥蚀面坡体滑动的主要外因. 剥蚀面坡体一旦滑动,后方悬崖的坡脚随之失去支撑,而使卸荷裂隙不断扩展,崩塌就进一步加剧. 剥蚀面坡体上的崩积物加积到一定程度,势必发生大规模滑动,后方的悬崖也必将发生大规模崩塌. 由此滑坡与崩塌是相辅相成、互为因果的.

3.2 滑坡崩塌物质流态化

滑坡物质和崩塌物质在坡度 25°—40°的斜坡上呈碎屑流动状态,除部分泻入核桃坪沟外,大部顺坡向乌江流动. 由于乌江第 III 级阶地基座的隔拦,故仅有 30 万 m³ 碎屑流越过阶地基座而泻入乌江,形成长 110m、宽 100m、高 100m 的堵江堤坝.

4 潜在性灾害预测

这次灾害链发生后,遗留下如下潜在性灾害尚需注意.

4.1 崩塌→碎屑流→堵江灾害

在这次灾害链发生区北侧一带的斜坡上,仍有三组沿层理发育的地表裂缝. 其中第 1 组裂缝宽度:1994-05-01 为 0.5m, 05-05 达 0.7—1.1m,所围的失稳坡体体积 330 万 m³. 近期崩塌可能性极大. 第 2 组地表裂缝宽度:05-02 为 0.1—0.2m, 05-05 至 0.2—0.4m

(照片 6), 显露出的失稳坡体体积 120 万 m^3 。第 3 组地表裂缝位于鸡冠岭以北, 多条裂缝呈雁行排列, 平均 1 条/5m, 每条裂缝宽度 0.05m, 最大 0.10m, 下错距离 0.05m, 最大错位 0.20m, 本组裂缝所围的失稳坡体体积 260 万 m^3 。

上述失稳坡体的破坏以崩塌为主, 进而转化为碎屑流。鉴于目前斜坡上覆盖有已达到休止角的碎屑物, 所以今后的崩积物难以停积在坡面上, 可能要再次堵江。

4.2 滑坡→碎屑流→堵江灾害

在鸡冠岭北部和煤矿变电房以下的坡体上, 发育有顺乌江流向和倾向江面的二组地表裂缝。它们错位明显, 在矿区公路一带造成局部路基下沉达 0.5m, 擦痕清晰可见(照片 2)。这一带坡面较平缓, 坡度 $25^\circ\text{—}40^\circ$ 。坡体仍受倾向 $60^\circ\text{—}70^\circ$, 倾角 $20^\circ\text{—}25^\circ$ 和倾向 $115^\circ\text{—}120^\circ$, 倾角 $20^\circ\text{—}25^\circ$ 的二组裂隙控制, 这会使失稳坡体向乌江滑动。滑坡物质将在起伏不平的滑床上和坡面上进一步解体, 不仅毁坏耕地、民房, 也将加大江中下边滩的规模, 从而影响乌江航道畅通。

4.3 泥石流灾害

当前, 核桃坪沟口一带堆积有大量的碎屑物质, 在暴雨期间有可能变成泥石流而泄入乌江。如果上述潜在性滑坡崩塌物得到进一步补给, 加之核桃坪沟中上游煤窑弃碴, 更易激发泥石流灾害, 以致加大灾害规模。

5 防灾减灾措施

乌江断流已对川东南、黔北 20 余个县市的社会安定和经济发展带来了巨大影响。早日复航是减轻灾害的关键。然而这显然受到坡体的潜在性灾害链的制约。不过应尽快地采取以下应急措施。

1. 人为控制潜在性崩塌过程, 实施定向清除极不稳定的危石, 尤其需要排除第 1 组裂缝所围的危石。
2. 成立长期观测小组, 对地表裂缝实施长期观测和预警。
3. 结合沿江公路建设, 设置拦挡构筑物, 并合理规划煤窑弃碴堆放, 以防止核桃坪沟内碎屑物向泥石流转化而泄入乌江。
4. 合理控制爆破作业, 减轻其对失稳坡体的影响。

A HAZARD-CHAIN OF LANDSLIDE→COLLAPSE→ DEBRIS FLOW→RIVER STOPPAGE IN WULONG COUNTY, SICHUAN PROVINCE ON APRIL 30, 1994

Chen Zisheng Zhang Xiaogang

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*

& Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041)

Abstract

At 11:45 On April 30, 1994, a hazard-chain of landslide→collapse→debris flow→river stoppage occurred at Jiguanling—Longguanzhui (107°29'27"E, 29°28'06"N), located on the left bank of Wujiang River in Wulong County, Sichuan Province. The volume of debris flow was about 5.3M(m)³.

The altitude of the occurring area is at 500—800m. After resolving, the debris moved along the slope. 0.3M(m)³ of them put into Wujiang River and 0.1M(m)³ of them piled below the river level. The time of river stoppage lasted 30min.

This hazard-chain caused 4 persons dead, 12 ones lost and 13 wounded. The economic losses are nearly 10M yuan (RMB).

There are cracks which have been developing on the back of the occurring area. The potential hazard still exists.

Some countermeasures against hazard as follows; 1. clearing off unstable rock mass; 2. a long measuring and predicting for the cracks on the ground; 3. setting up catch structure along the road beside the river and rationally planning waste residue of coal so that prevent sliding mass turning into debris-flow; 4. the effect of exploded to unstable rock should be lessen.

Key words Sichuan Province, Wulong County, collapse, landslide, debris flow, river stoppage