

DOI:10.13409/j.cnki.jdpme.2020.02.019

金沙江白格滑坡及堰塞湖洪水灾害分析*

余志球¹, 邓建辉¹, 高云建¹, 杨仲康¹, 葛 华²

(1. 四川大学水利水电学院, 四川 成都 610065; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

摘要: 2018年10月10日和11月3日, 西藏自治区江达县波罗乡白格村金沙江右岸同一位置先后两次发生滑坡堵江灾害, 滑坡体方量分别约为 $1\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $283 \times 10^4 \text{ m}^3$, 其中第一次滑坡为高位、高剪出口、高速滑坡, 第二次滑坡则为第一次滑坡牵引区进一步发展的结果。在堵塞金沙江近2 d及9 d后, 滑坡堰塞湖蓄水量达到峰值分别为 $2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $5.24 \times 10^8 \text{ m}^3$, 并分别在自然泄流和人工开挖泄流槽两种方式下开始从堰塞体右岸坝口处过流, 其中第二次滑坡堰塞湖溃决洪水造成西藏、四川和云南3省(自治区)多处房屋、道路、桥梁和耕地受损, 无人员伤亡。基于两次滑坡及溃决洪水受灾现场勘测调查, 并结合相关资料, 对比分析了两次滑坡堰塞湖的处置及溃决洪水灾害情况, 启示如下: 越早进行人工干预, 灾害越轻; 为更好地应对今后可能出现的滑坡堰塞湖溃决洪水, 水电站应提高设计标准并充分发挥其收蓄洪水的功能。

关键词: 金沙江; 白格滑坡; 堰塞湖; 洪水灾害

中图分类号: TU443 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2132(2020)02-0286-07

Analysis on Baige Landslide and Barrier Lake Flood Disasters in Jinsha River

YU Zhiqiu¹, DENG Jianhui¹, GAO Yunjian¹, YANG Zhongkang¹, GE Hua²

(1. College of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Chengdu Geological Survey Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, China)

Abstract: On October 10 and November 3, 2018, landslides occurred twice in the same position on the right bank of the Jinsha River in Baige Village, Boluo Township, Jiangda County, Tibet Autonomous Region. The volumes of the two landslides are about $1\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$ and $283 \times 10^4 \text{ m}^3$, respectively. The first landslide possesses high initial position, high shear outlet, and high speed. The second one is the further development of the traction zone of the first landslide. After blocking Jinsha River for nearly 2 days and 9 days, the water storage capacity of landslide barrier lake reached its peak values of $2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ and $5.24 \times 10^8 \text{ m}^3$, respectively, and began to flow through the right bank of the barrier dam through natural discharge and artificial excavated channel. The outburst flood of the second dammed lake caused much damage to houses, roads, bridges and cultivated land in Sichuan, Yunnan provinces and Tibet autonomous region, with no casualties. Based on field investigation on the two landslides and the flood-affected areas, the disposal of the two landslide dammed lakes and the

* 收稿日期: 2019-01-18; 修回日期: 2019-02-23

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1505004)资助

作者简介: 余志球(1995-), 男, 硕士研究生。主要从事边坡工程与地质灾害方面的工作。Email: 2846826352@qq.com

通讯作者: 邓建辉(1965-), 男, 教授, 博士。主要从事地质灾害与岩石力学等方面的研究。Email: jhdeng@scu.edu.cn

outburst flood disasters were compared and analyzed based on relevant collected data. The revelations are as follows: the earlier the manual intervention, the lighter the disaster; In order to better deal with the possible outburst flood caused by landslide dammed lake in the future, the hydropower station should improve the design standard and enhance its capacity for flood collecting and storing.

Keywords: Jinsha River; Baige landslide; barrier lake; flood disasters

引言

2018年10月10日22时06分,西藏自治区江达县波罗乡白格村与四川省甘孜州白玉县绒盖乡则巴村交界处金沙江右岸山体发生高位滑坡(以下简称“10·10”白格滑坡),滑坡体堆积形成高51 m的堰塞坝,堵塞金沙江干流河道1.2 km,河水形成的堰塞湖回水超20 km,在造成金沙江断流44 h后,堰塞坝开始自然溢流,并逐渐冲刷形成较大的泄流槽^[1-2]。11月3日17时40分,“10·10”白格滑坡后缘发生二次滑坡(以下简称“11·03”白格滑坡),滑坡体冲入原堰塞坝泄流槽中,导致金沙江再次断流并形成高84 m的堰塞坝,后经人工干预开挖泄流槽,堰塞湖于12日10时50分开始过流。

滑坡形成的堰塞湖灾害往往较滑坡本身的灾害更严重,我国西南地区历史上发生过多起因滑坡堰塞湖溃决而给下游沿岸居民生命财产带来巨大灾害的滑坡堵江事件,如1786年大渡河发生的由地震诱发的磨西面滑坡堰塞湖,其溃决洪水造成下游居民死亡超达十万^[3]。1933年岷江叠溪地震滑坡堰塞湖造成约2 500人丧生^[4-6]。2000年,西藏林芝地区波密县易贡藏布河发生巨型高速滑坡,形成体积约 $2.8 \times 10^8 \sim 3.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的滑坡堰塞湖,局部溃决洪水造成下游318国道及雅鲁藏布江沿岸道路、桥梁、通信设施等被毁^[7-9]。5·12汶川地震形成的大量堰塞湖是震后最为严重的次生灾害^[10-13]。据统计,两次白格滑坡堰塞湖溃决洪水共造成西藏、四川、云南等3个省(自治区)10.2万人受灾,8.6万人紧急转移安置;3 400余间房屋倒塌,1.8万间不同程度损坏;农作物受灾面积3.5千公顷,其中绝收1.4千公顷;沿江部分地区道路、桥梁、电力等基础设施损失较为严重^[14]。

这两次滑坡发生后,作者团队都在第一时间赶赴现场,对金沙江白格滑坡堰塞坝和滑坡后缘进行了详细的调查,并充分搜集了相关的资料(包括无

人机DSM影像、遥感影像解译、水文数据等)。同时,进一步对金沙江白格滑坡下游竹巴笼乡至梨园库区段沿江区域受灾情况进行了实地调查。通过对白格滑坡和堰塞湖洪水灾害介绍,为后续研究提供基础资料,有利于推进该区域防灾减灾研究。

1 研究区概况

金沙江白格滑坡位于江达县波罗乡白格村日安组,在波罗乡东南方位,距离波罗乡19 km,滑坡中心点地理坐标为:东经 $98^\circ 42' 24.16''$,北纬 $31^\circ 04' 58.69''$ 。

滑坡发生区位于金沙江上游,属川西藏南寒冻剥蚀—侵蚀切割高原区,该区总体表现为高山峡谷地貌,滑坡所在区域金沙江为“V”型谷,由于该区域受多个方向的构造运动影响,断层极为发育,地层结构面复杂,岩体较为破碎,穿过滑坡区金沙江断裂带主要呈北西走向。区内地表被第四系残坡积物覆盖,出露地层岩性为元古界熊松群片麻岩组,主要包括黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和斜长角闪岩。

滑坡区的最大震级为 $M_s=5.0 \sim 9.0$,地震烈度为Ⅶ^[15],滑坡发生前区域无明显的地震活动。江达县属高原寒温带半湿润气候区,总体气候特征是干、雨季分明,年平均气温为 7.5°C ,多年平均降雨量为650 mm,降雨主要集中在6~9月份,滑坡发生前期无剧烈的降雨过程。

2 滑坡特征

2.1 “10·10”白格滑坡

2.1.1 滑坡基本特征

滑坡坡脚海拔高程约为2 880 m,后缘高程约为3 720 m,相对高差约为840 m,滑坡斜长为1 677 m,滑坡发育区的平均坡度为 33° ,剪出口约位于高程2 950 m,高于河床高程(2 880 m),滑坡总体上可分

为牵引区、主滑区和阻滑区3个区,牵引区位置接近右岸山脊,海拔介于3 500~3 720 m,主滑区位于牵引区和阻滑区之间,海拔介于3 000~3 500 m,阻滑区靠近右岸坡脚,海拔介于2 950~3 000 m(图1),为高位、高剪出口、高速非完全楔形体基岩滑坡^[16]。

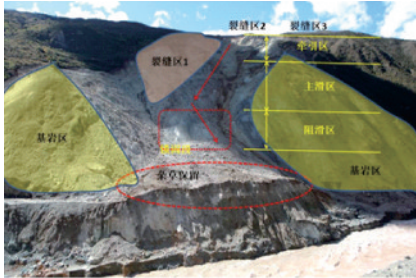


图1 滑坡体分区
Fig.1 Landslide division

根据现场实地调查结果,金沙江左岸山体岸坡保存有完好的层理构造,分层结构主要为碎屑结构及泥质结构。左岸不存在滑坡,光滑面由冲刷造成,平面面积约为 $24 \times 10^4 \text{ m}^2$,按成因可分为碎屑冲刷区和水砂射流冲刷区,其中,碎屑冲刷区位于上游侧,冲刷面积约为 $12 \times 10^4 \text{ m}^2$,最大冲刷高程为3 045 m,表面残留物质主要为强风化残积土。水砂射流冲刷区位于下游侧,冲刷面积约为 $12 \times 10^4 \text{ m}^2$,最大冲刷高程为3 005 m,表面残留物质主要为泥皮(图2)。



图2 左岸光滑面
Fig.2 Smooth surface area on the left bank

2.1.2 滑坡堰塞坝堆积特征

堰塞坝横河向宽度约为470 m,堵江长度1 200 m,滑坡体方量约 $1 000 \times 10^4 \text{ m}^3$,最大堆积高程达2 966 m,右岸堰口高程为2 931 m,高度为51 m,后经自然泄流冲刷形成泄流槽,其尺寸为:长约1 000 m,底宽为80 m,上宽为152 m,右岸高为52 m,左岸高为76 m(图3)。

滑坡堆积体可分为两部分,上游侧为主堆积

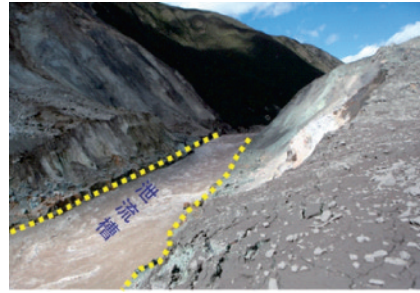


图3 泄流槽
Fig.3 Discharge trough

区,面积约为 $16.7 \times 10^4 \text{ m}^2$,分布有大块石及成分复杂的碎屑,其中大块石绝大部分为片岩和片麻岩;下游侧为次级滑塌体,面积约为 $18.3 \times 10^4 \text{ m}^2$,物质上整体较为破碎、密实,前缘发育有横向张拉裂缝(图4)。

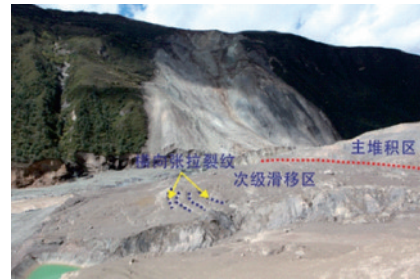


图4 堰塞坝分区
Fig.4 Barrier dam partition

2.2 “11·03”白格滑坡

11月3日,白格滑坡后缘和滑坡左上侧两块块体失稳(即图5中的裂缝区3和裂缝区4,面积分别为 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^2$ 和 $3.3 \times 10^4 \text{ m}^2$),下滑同时并铲刮下部原有滑坡沟槽中的滑坡堆积物,共约 $283 \times 10^4 \text{ m}^3$ 滑坡体冲入原堰塞坝右岸拢口中,填满了“10·10”白格滑坡坝体溃决冲刷形成的导流槽,且比之前还高出近33 m,造成金沙江二次堵江并形成堰塞湖(图

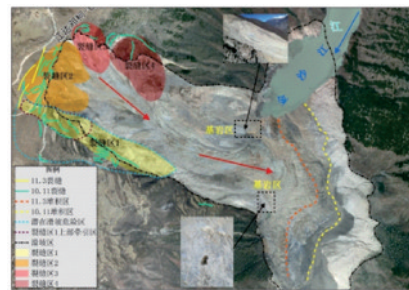


图5 “11·03”滑坡后影像
Fig.5 Image of "11·03" landslide

6)。后经人工干预在堰塞坝垭口位置处开挖泄流槽,险情得以解除,其中人工泄流槽顶宽为42 m,底宽为3 m,最大开挖深度为11 m,总长度为220 m,累计修筑施工便道2.5 km,开挖和翻渣累计土石方工程量为 $13.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

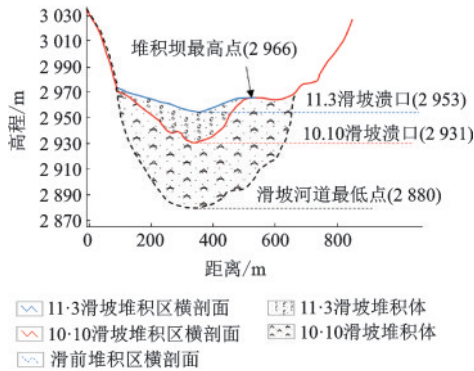


图6 两次滑坡堰塞坝横剖面

Fig.6 Cross section diagram of two landslides dam

3 堰塞湖洪水灾害

3.1 堰塞湖回水影响

“10·10”白格滑坡堰塞湖回水长度达20 km,受堰塞湖回水影响,堰塞坝上游8 km处江达县波罗乡宁巴村被淹,19 km处的波罗乡,因堰塞湖水位上涨,藏曲河倒灌,导致房屋、耕地、桥梁及波罗乡通往白格村的公路受损,最高淹至乡政府大楼一层;“11·03”白格滑坡堰塞湖回水更远,约60 km,除波罗乡受灾,其中最高淹至波罗乡政府大楼第九层,相应水位高程为2957.65 m(图7),最远波及到白玉县金沙乡,金沙乡岗白公路段约500 m被湖水淹没。



图7 波罗乡政府大楼

Fig.7 Boluo Township Government Building

3.2 洪水演进过程

3.2.1 “10·10”白格滑坡堰塞湖

10月12日下午17时30分,金沙江白格堰塞湖

开始自然溢流,过流量逐渐加大,形成了较大过流通道。堰塞湖上游水位站于13日0时45分达到洪峰水位2931 m,相应的蓄水量为 $2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。13日早上7时左右,堰塞湖达最大泄洪流量约 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$;8时左右,位于堰塞坝下游65 km处的叶巴滩水电站出现峰值流量为 $7800 \text{ m}^3/\text{s}$,峰值水位为2743 m;9时左右,右岸拢口完全被冲开,形成了平均宽约116 m的稳定过流通道,此时堰塞湖入库流量保持在 $1350 \text{ m}^3/\text{s}$,出库流量为 $5000 \text{ m}^3/\text{s}$,坝前水位下降了约20 m;16时,洪峰到达下游190 km处的巴塘水文站,峰值水位为2487.17 m,相应流量为 $7600 \text{ m}^3/\text{s}$,超保证水位1.17 m;22时前后,金沙江白格堰塞湖实现“出入库”平衡,即上游来水量与下泄流量相等。14日上午8时10分,堰塞湖自泄水形成的洪峰抵达云南迪庆州奔子栏镇,奔子栏水文站达峰值水位2007.74 m,相应流量为 $5880 \text{ m}^3/\text{s}$ 。15日凌晨2时,堰塞湖过流洪峰过境丽江石鼓水文站,洪峰水位接近其保证水位1824.5 m,相应流量约为 $5700 \text{ m}^3/\text{s}$;12时,洪水进入金沙江中游梨园水库,经金沙江中游梨园、阿海、金安桥等梯级水库拦蓄后(预滞腾库 $3.16 \times 10^8 \text{ m}^3$),下游干流正常过流,洪水威胁至此结束。

3.2.2 “11·03”白格滑坡堰塞湖

11月8日,首台抢险挖掘机到达堰塞坝上,经紧急调度的18台抢险挖掘机连续两天的挖掘工作,泄流槽开挖工作于11月10日8时顺利完成。12日10时50分,金沙江白格堰塞湖通过人工开挖的泄流槽开始过流,此时堰塞湖水位已累计上涨61.08 m,堰塞湖蓄水量约为 $5.24 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。12日18时,导流槽实测流量为 $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。13日7时50分,过水断面实测流量为 $63.1 \text{ m}^3/\text{s}$;14时,估算过流流量为 $800 \text{ m}^3/\text{s}$,堰塞湖面开始下降;18时,溃口泄流流量达峰值为 $3.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$,金沙江上下游基本贯通,断流问题解决;19时50分,叶巴滩水电站流量出现峰值为 $2.83 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ 。14日凌晨1时55分,洪峰过境巴塘,巴塘水文站实测最大流量为 $2.09 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$;10时左右,金沙江堰塞湖溃决洪水进入云南迪庆州境内;奔子栏水文站于13时达最大流量为 $1.57 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$;2 h后左右,溃决洪水进入丽江市境内;20时10分,塔城乡水位站水位涨至为1895.12 m。15日8时40分,白格堰塞湖洪峰抵达石鼓水文站,洪峰水位1826.47 m,超警戒水位3.97 m,相应流量为 $7170 \text{ m}^3/\text{s}$;14时,堰塞湖洪峰进入梨园水库,最大入库流

量为 $7\,410\text{ m}^3/\text{s}$, 接近水库 10 a 一遇洪水洪峰流量 $7\,540\text{ m}^3/\text{s}$, 最大出库流量为 $4\,490\text{ m}^3/\text{s}$ (图 8)。由于梨园、阿海和金安桥提前累积腾出 $13 \times 10^8\text{ m}^3$ 库容,

分别降低水位至 $1\,592.0$ 、 $1\,493.3$ 、 $1\,406.0\text{ m}$ 左右, 故堰塞坝溃决洪水能以不超过常年洪水流量下泄, 成功地将溃坝洪水消纳在金沙江中游。

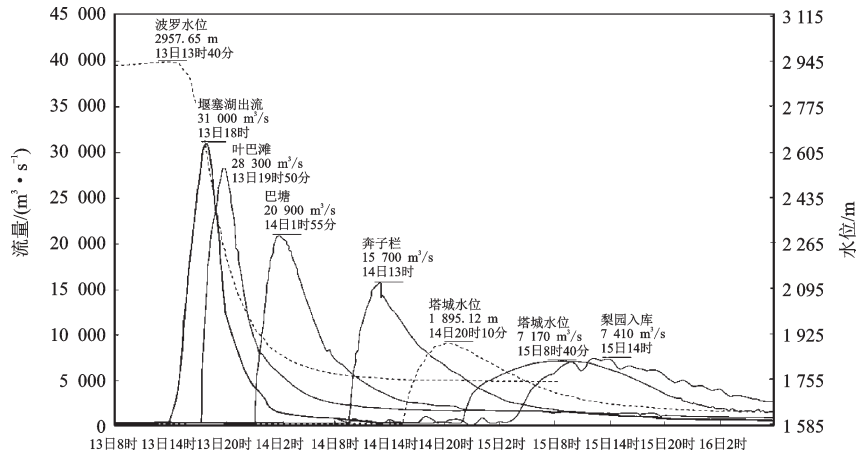


图 8 “11·03”白格滑坡堰塞湖溃决洪水流量水位 (出自长江水文局)

Fig.8 “11·03” Baige landslide dammed lake outburst flood discharge water level map (from the Yangtze River Hydrographic Bureau)

3.3 溃决洪水灾害情况

3.3.1 “10·10”白格滑坡堰塞湖

由于堰塞湖蓄水量相对较小, 自然泄流的溃决过程相对缓慢 (从开始过流到达到洪峰流量历时约 14 h), 溃决洪水除造成巴塘县竹巴笼乡境内 G318 线多处断道, 得荣县部分低洼地带被淹外, 无其它灾害损失。为确保人民群众的生命安全, 四川甘孜州共转移受威胁地区群众 10 526 名, 西藏昌都市共转移安置 13 637 人, 云南共转移人数 11 550 人, 其中迪庆州转移 8 455 人, 丽江市转移 3 095 人, 均无较大险情、无人员伤亡^[17]。

3.3.2 “11·03”白格滑坡堰塞湖

金沙江上游河谷狭窄, 洪水破坏多以冲刷为主。致使 G318 线巴塘县城江口至竹巴笼段、竹巴笼乡至苏哇龙乡的竹茨公路、G214 线奔子栏下游段和 S226 丽维路黎明段等多处道路损坏, 四川省甘孜州巴塘县境内的九公里桥、老桥、竹巴笼大桥 (图 9) 和云南省迪庆州德钦县境内的羊拉大桥、奔子栏叶日信顶大桥、江东桥、江东浓大桥、堆拉桥、尼仁大桥、拖顶索道桥、拖顶老桥、上江木高大桥等多座桥梁及巴塘水文站和奔子栏水文站 (图 10) 被冲毁, 竹巴笼乡、苏哇龙乡、奔子栏镇、拖顶乡、五境乡 (图 11) 和上江乡等地房屋受灾严重。

进入云南丽江后, 金沙江江面变得宽阔, 洪水



图 9 竹巴笼大桥被冲毁前与抢修后

Fig.9 Zhubalong Bridge before it was destroyed and after it was repaired



图 10 奔子栏水文站

Fig.10 Benzilan hydrologic station



图 11 拖顶老桥与五境乡受损房屋

Fig.11 Tuoding Old Bridge and damaged houses in Wu jing village

破坏则以淹没为主, 其中云南丽江巨甸镇和石鼓镇大片耕地被淹, 村民农作物收成受损, 洪水退去后,

农田仍残留有大量淤泥(图12)。具体考察点受灾情况如图13所示。



图12 巨甸镇与石鼓镇受灾耕地

Fig.12 Damaged cultivated Land in Judian Town and Shigu Town



图13 “11·03”白格滑坡堰塞湖溃决洪水受灾点

Fig.13 Flood disaster areas during outburst of "11·03" Baige landslide dammed lake

据统计,云南迪庆、丽江、大理和昆明4市(自治州)11个县(市、区)5.4万人受灾,4.1万人紧急转移安置,3 000余间房屋倒塌,2.7万间不同程度损坏,农作物受灾面积3.3千公顷,其中绝收1.1千公顷,直接经济损失74.3亿元^[18]。

4 结 论

金沙江白格滑坡是处于金沙江缝合带的河谷在不利结构面组合作用以及长期重力作用下的自然演变而形成的,两次滑坡的滑坡体方量分别为 $1\ 000 \times 10^4$ 和 $283 \times 10^4 \text{ m}^3$,第一次滑坡为高位、高剪出口、高速大型滑坡,第二次滑坡为第一次滑坡牵引区进一步发展的结果。两次滑坡都造成了金沙江的堵塞并形成堰塞湖,堰塞湖蓄水量在达到 2.9×10^8 和 $5.24 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时分别在自然泄流和人工开挖泄流槽两种方式下开始降低。“10·10”白格滑坡堰塞

湖洪水由于蓄水量小,灾害影响程度轻,除回水造成波罗乡政府和宁巴村村委所在地被淹及下游部分路段道路被淹外,无较大险情发生,而“11·03”白格滑坡堰塞湖溃决洪水则造成西藏、四川和云南等3个省(自治区)多处房屋、道路、桥梁和耕地受损,其中,竹巴笼乡、奔子栏镇、拖顶乡和五境乡等乡镇房屋受灾严重,G318巴塘县江口至竹巴笼乡段道路损坏严重,巴塘县和德钦县境内有近15座桥梁被冲毁,巨甸镇和石鼓镇大量耕地被淹。由于采取了及时有效的应急措施,两次滑坡均无人员伤亡。“11·03”白格滑坡堰塞湖的应急处置措施更是极大地减轻了上下游的受灾程度,同时也为今后类似的地质灾害的应急处置起到参考和借鉴的作用。基于两次实际参与“10·10”、“11·03”白格滑坡应急抢险和白格滑坡灾害发生后下游沿江地区受灾情况调查的工作,有以下三点思考:

(1)尽早合理地进行人工干预。“11·03”白格滑坡堰塞湖灾害造成的影响远大于“10·10”白格滑坡堰塞湖存在两个主要原因:其一是进行人工干预的时间滞后,导致堰塞湖蓄水量过大,接近“10·10”白格滑坡堰塞湖的两倍;其二是未能控制好人工开挖泄流槽的溃决速度,致使堰塞坝溃决速度过快,形成的泄流洪水洪峰流量偏大。

(2)提高水电站设计标准:此次堰塞湖灾害,暴露出金沙江中上游梯级电站存在防洪标准低等问题,如“11·03”白格滑坡堰塞湖洪水进入梨园库区时,入库流量就已接近其10 a一遇洪水标准,且梨园水库库容只有 $7.27 \times 10^8 \text{ m}^3$,小于“11·03”白格堰塞湖满库库容 $7.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,上游在建的苏洼龙水电站总库容也只有 $6.74 \times 10^8 \text{ m}^3$,上游围堰在“11·03”溃决洪水中因导流洞和泄洪洞过流能力不够而被拆除。

(3)充分发挥水电站收蓄洪水的能力。除人工干预堰塞体外,利用在运水库拦蓄洪水是应对堰塞湖溃决洪水有效的措施。在今后工作中我们可以考虑研究如何提高电站的应急放空能力、如何对水电站水库进行优化调度以及如何合理地制定下游防洪标准和增加大坝特殊超高以达到提高水利水电工程应对自然灾害的能力。

参考文献:

[1] 百度百科:金沙江堰塞湖[EB/OL].[2019-01-18] <https://baike.baidu.com/item/%E9%87%91%E6%B2%>

- 99%E6%B1%9F%5%A0%B0%E5%A1%9E%E%B9%96/22921677?fr=aladdin.
- [2] 新浪新闻中心:西藏昌都山体滑坡致金沙江形成堰塞湖 转移上万名群众[EB/OL].[2018-10-12][2019-01-18] <http://news.sina.com.cn/c/2018-10-12/doc-ihmhafir0348578.shtml>.
- [3] Dai F, Lee C, Deng J, et al. The 1786 earthquake-triggered landslide dam and subsequent dam-break flood on the Dadu River, southwestern China[J]. *Geomorphology*, 2005, 73(3):277-278.
- [4] 王兰生, 杨立铮. 四川岷江叠溪较场地震滑坡及环境保护[J]. *地质灾害与环境保护*, 2000, 11(3):195-199. Wang L Sh, Yang L Zh. Evolution mechanism of Jiaochang earthquake landslide on Ming river and its controlling[J]. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2000, 11(3):195-199.(in Chinese)
- [5] 四川省地震局. 1933年叠溪地震[M]. 成都:四川科技出版社, 1983. Sichuan Seismological Bureau. Diexi earthquake in 1933 [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1983.(in Chinese)
- [6] 高继宗. 历史回顾:1933年四川叠溪地震[J]. *中国减灾*, 2008(6):58-59. Gao J Z. Historical retrospect: Sichuan Diexi earthquake in 1933[J]. *Disaster Reduction in China*, 2008(6), 58-59.(in Chinese)
- [7] 殷跃平. 西藏波密易贡高速巨型滑坡概况[J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2000, 11(2):100. Yin Y P. Survey of rapid huge landslide in the Bomi, Tibet[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2000, 11(2):100.(in Chinese)
- [8] 殷跃平. 西藏波密易贡高速巨型滑坡特征及减灾研究[J]. *水文地质工程地质*, 2000, 27(4):8-11. Yin Y P. Study on characteristics and disaster reduction of rapid and giant landslide in Bomi Yigong in Tibet[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2000, 27(4):8-11.(in Chinese)
- [9] 刘 宁, 蒋乃明, 杨启贵, 等. 易贡巨型滑坡堵江灾害抢险处理方案研究[J]. *人民长江*, 2000, 31(9):10-12. Liu N, Jiang N M, Yang Q G, et al. On emergency treatment scheme for Yigong massive landslide and river blockage disaster in Tibet[J]. *Yangtze River*, 2000, 31(9):10-12.(in Chinese)
- [10] 崔 鹏, 韦方强, 何思明, 等. 5·12汶川地震诱发的山地灾害及减灾措施[J]. *山地学报*, 2008, 26(3):280-282. Cui P, Wei F Q, He S M, et al. Mountain disasters induced by the earthquake of May 12 in Wenchuan and the disasters mitigation [J]. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26(3):280-282. (in Chinese)
- [11] Cui P, Chen X Q, Zhu Y Y, et al. The Wenchuan Earthquake (May 12, 2008), Sichuan Province, China, and resulting geohazards [J]. *Natural Hazards*, 2011, 56(1):19-36.
- [12] 崔 鹏, 韩用顺, 陈晓清. 汶川地震堰塞湖分布规律与风险评估[J]. *工程科学与技术*, 2009, 41(3):35-42. Cui P, Han Y Sh, Chen X Q. Distribution and risk analysis of dammed lakes reduced by Wenchuan earthquake [J]. *Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition)*, 2009, 41(3):35-42.(in Chinese)
- [13] 王兆印, 崔 鹏, 刘怀湘. 汶川地震引发的山地灾害以及堰塞湖的管理方略[J]. *水利学报*, 2010, 41(7):757-763. Wang Zh Y, Cui P, Liu H X. Management of quake lakes and triggered mass movements in Wenchuan earthquake [J]. *SHUILI XUEBAO*, 2010, 41(7):757-763. (in Chinese)
- [14] 四川省减灾救灾网:应急管理部国家减灾办发布2018年11月份全国自然灾害基本情况[EB/OL]. (2018-12-12)[2019-01-18] http://www.scjz.gov.cn/gzdt_3479/201812/t20181212_49193.htm
- [15] 中国地震动参数区划图:GB 18306—2015[S]. 北京:中国标准出版社, 2016. Seismic ground motion parameters zonation map of China: GB 18306—2015 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.(in Chinese)
- [16] 邓建辉, 高云建, 余志球, 等. 堰塞金沙江上游的白格滑坡形成机制与过程分析[J]. *工程科学与技术*, 2019, 51(1):9-16. Deng J H, Gao Y J, Yu Zh Q, et al. Analysis on the formation mechanism and process of baige landslides damming the upper reach of Jinsha River, China [J]. *Advanced Engineering Sciences*, 2019, 51(1):9-16. (in Chinese)
- [17] 央广网:应急管理部紧急组织调拨中央救灾物资四川、西藏两省区已转移安置2万余人[EB/OL]. [2019-01-18] <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1614267056997755517&wfr=spider&for=pc>.
- [18] 云南省自然资源厅:省委组织部拨出200万元党费帮助丽江迪庆开展抗灾救灾[EB/OL]. [2018-11][2019-01-18] <http://www.yndlr.gov.cn/html/2018-11/86287.html>.

(本文责编:周小潭)