

红石岩堰塞湖成因模式分析对应急排险的指导意义

高静, 周志东, 林芳芳

(中国人民武装警察部队水电第三总队, 四川成都 611130)

摘要:红石岩堰塞湖是云南鲁甸地震形成的最大的堰塞湖,对上下游造成的威胁也是最大的。其成因为:牛栏江右岸边坡岩体在地震作用下,经过剪断—崩塌—滑移—堵江—蓄水形成。根据其成因特点与模式,在应急救援过程中,可以适度调整泄流槽开挖的边坡坡度;对泄流槽内孤石进行以裸露爆破为主的爆破方式以加快排险进度;对边坡残留的不稳定块体进行监测与预防是排险安全的重要保证。

关键词:红石岩堰塞湖;成因模式;应急排险;泄流槽

中图分类号:[TV221.2];X4;TV51

文献标识码:B

文章编号:1001-2184(2016)04-0043-03

1 红石岩堰塞湖具有的特征

2014年8月3日16时30分左右,云南鲁甸发生了里氏6.5级地震,震中位于鲁甸县境内,震源深度约12 km。引发牛栏江红石岩村右岸山体崩塌,堵塞牛栏江,形成红石岩堰塞湖(图1)。该



图1 云南鲁甸地震形成的红石岩堰塞湖遥感图
(据国家地理信息测绘局)

堰塞湖位于北纬 $23^{\circ}2'1.1''$,东经 $103^{\circ}24'2.65''$,高程1 100~1 250 m,堰塞体方量约为1 000万 m^3 。根据相关统计与计算,截至8月5日18时,堰塞湖的入湖水量为197 m^3/s ,下泄流量为80 m^3/s ,湖内水量约为4 960万 m^3 ,并仍以0.16 m/h的速度上涨,在水位达到高程1 222 m时,堰塞湖总库容将达到2.6亿 m^3 。蓄水到达1 211 m高程时,将淹没其上游的水电站和大片民宅、土地,

收稿日期:2016-07-12

造成巨大的经济损失。根据水利部编制的相关规范,其属于高危堰塞湖,需要进行应急处理。

2 堰塞体基本特征

2.1 物质组成特征

崩塌体主要为泥盆系中统曲靖组白云质灰岩(D_{2q}),堰塞体与崩塌源区的物质成分是一致的,均为白云质灰岩形成的块石、碎石以及岩粉或风化物、堆积物等。其中60%~70%为直径1~4 m的块石,个别块石直径在10 m以上,碎石约占总体的20%,细粒的岩粉和风化土约占总体的10%。物质结构主要表现为表层的架空结构、松散结构和堰塞体内的紧密堆积结构(主要是岩粉和风化土与块石形成了紧密堆积,故堰塞湖体表现为弱渗水结构)。因此,牛栏江红石岩堰塞湖是一个以块石为主的弱透水性堰塞湖。

2.2 形态特征

堰塞体顺河长度约750 m,顶宽320 m,高度为80~110 m。根据测算,堰塞体方量约为1 100万 m^3 。其表面起伏不平,主要为乱石堆。在顺河流方向为一个不对称的拱形,上游坡度较陡,坡度为 30° ~ 40° ,下游坡度较缓,为 20° ~ 30° ,顶部呈平缓形态。在垂直河流方向,整体表现为双沟型,在其右侧靠近中部有一沟槽,顶部高程为1 222 m,在其左侧顺岸坡有一小沟槽,顶部高程为1 230 m左右。

2.3 渗透特征

由于白云质灰岩的脆性特征,在岩石崩塌滑落的运动过程中,产生了较多的碎石和岩粉,使堰

塞体物质具备了一定级配,因此,堰塞体的渗透性能相对较差,在堰塞体坝后没有发现大的管涌等渗漏,只有较小的渗漏点,总的渗漏流量约为 $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ 。据初步判断,物质渗透系数属于弱透水到微透水。

3 堰塞湖地形地质特征及成因模式

3.1 地形地貌

形成堰塞湖前,红石岩段右岸崩塌区岩体陡峻,坡度在 $70^\circ \sim 90^\circ$ 之间,表现为基岩裸露,泥盆系白云质灰岩与奥陶系砂岩与泥岩互层,有小的台阶,植被较为发育(图2)。右岸为老滑坡体,坡度为 $40^\circ \sim 50^\circ$,河谷呈不对称的“V”字形。



图2 红石岩堰塞湖滑坡前原始地形地貌图

3.2 岩体结构

崩塌区岩层主要为泥盆系的白云质灰岩,其饱和单轴抗压强度约为 $60 \sim 100 \text{ MPa}$,属脆性岩石。下伏的奥陶系中厚层状砂岩与泥岩互层,基本上没有崩塌,处于稳定状态。崩塌灰岩的产状为 $N80^\circ W/NE \angle 40^\circ$,有2组较为长大的裂隙切割,即 $N60^\circ \sim 70^\circ W/SW \angle 80^\circ$ 与 $N40^\circ \sim 50^\circ E/SE \angle 70^\circ$,这两组裂隙与岩层面、边坡临空面相互切割形成块体,在卸荷与风化作用下裂隙具有一定的张开度,进一步弱化了岩体和结构面的稳定性。

3.3 地震作用

鲁甸“8.3”地震震级为6.5级,震源约12 km,属于浅源地震。红石岩堰塞湖距离震中仅10 km左右的距离(图3),滑坡区与震中呈背坡,坡面与地震波的入射角基本上垂直,地震波传播过程中,压缩波在背坡的自由面形成倍增的反射拉伸波(图4),导致岩体碎裂化并产生能量释放,特

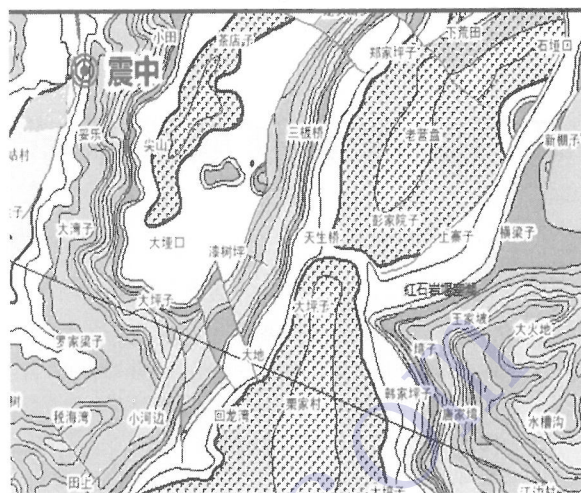


图3 震中与红石岩位置关系示意图

别是表面波,其携带的能量约占总能量的67%(体积波P波和S波携带能力分别为7%和26%),故遇到临空面时地震波能量释放大,导致边坡岩体结构破坏,边坡失稳崩塌,亦为地震中的“背坡效应”,所以其右岸岩体的稳定性受到的地震破坏程度比左岸强烈,边坡失稳。

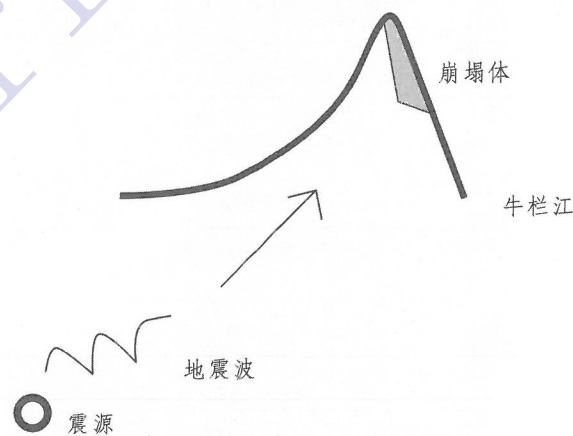


图4 地震波传播对边坡的作用示意图

3.4 成因模式分析

其成因是边坡岩体结构整体形成了不稳定体,但是局部仍处于锁骨状态,在自然状态下,边坡保持临界平衡状态;当地震发生时,地震波的作用促使岩体碎裂化并震松,锁骨段在重力和地震应力作用下剪断,在地震应力波的作用下发生高位推移抛射,导致边坡崩塌失稳,崩塌体沿下方坡面推移堵塞牛栏江,蓄水形成堰塞湖(图1)。整个滑塌过程处于高速状态,经测算,主体崩塌滑落时间约为 $9 \sim 10 \text{ s}$ 。

综上所述,其形成模式可以概括为:剪断—推移—抛射—崩塌—滑移—堵江。剪断与推移主要是地震作用的结果,崩塌和滑移主要是重力作用的结果。

4 了解堰塞湖成因对应急排险具有的指导意义

了解堰塞湖成因对应急排险具有以下指导意义:

一是排险方案为“堰塞体顶部开挖底宽5 m、深8 m、坡比1:1.5的泄流槽”。对于开挖泄流槽,由于崩塌体的块体级配较好,渗透性小,有利于开挖边坡的稳定,故其坡度可以适度放缓;经初步计算,不大于1:1的坡度开挖边坡均可以稳定。

二是滑塌体岩性为白云质灰岩。在高速运动过程,经过9~10 s的相互碰撞,岩石损伤较大,加之岩石为脆性,岩块体的强度下降较多,岩体会产生一系列的微裂缝,从而为裸露爆破创造了条件;对于较大的孤石,多采用裸露爆破进行孤石爆破,可以节约钻孔时间,为排险赢得宝贵的时间。

三是由于其是因地震引起的剪断—推移—崩塌—滑移型的堵江,边坡残留的不稳定块体很多,因此,泄流槽不能设置在右侧塌滑体之下,而应与塌滑体保持适度的距离。同时,在开挖初期,利用开挖的渣料在泄流槽右侧开挖边坡顶部修建挡渣墙,作为防护的手段。

四是较大的余震和大雨对边坡的危岩体稳定性影响很大,所以,一方面要加强对岩体的监测;另一方面也必须加强对天气预报和余震的预报,排险人员在大雨时有必要做适当的停工,避免造成人员伤亡;对于大的余震,要按照应急预案进行撤离或避险。

5 探讨

成因模式对应急排险具有一定的指导意义,但排险还需与交通条件、设备类型等结合起来,方能探讨出有效的排险方式。

牛栏江两岸为高山峡谷,梯级电站开发完成后,红石岩堰塞湖位于电站大坝的下游、发电厂房的上游,之间设置有输水洞和泄洪洞等建筑物,这些建筑物的泄洪能力应该满足一定的标准,也

应该制定相应的应急处理措施。但是,地震发生后,当地没有应急力量,处理不及时,导致堰塞湖蓄水,从而对上下游人民的生命和财产形成危害和危险,因此,加强水电站应急力量建设和应急处置演习应是电站建成后的必修课,以有效应对地震等自然灾害,将灾害的危害程度减小到最低。

我国属于地灾多发、频发区,因此,提高抗震标准是减少灾害损失的重要手段,无论公路、水电站、房屋等建筑物或构筑物都有必要适度提高抗灾标准。

6 结语

堰塞湖的成因对应急救援排险具有重要的指导意义。根据成因,可以对排险技术方案、施工措施、安全措施进行指导和优化,为科学排险、安全排险提供依据。红石岩堰塞湖是一个地震诱发山体崩塌形成的堰塞湖,其成因模式可以概括为:剪断—推移—抛射—崩塌—滑移—堵江模式。由于在其形成过程中岩块的相互碰撞,产生了很多岩粉,其堆积体级配相对较好,表现为弱渗漏,有利于泄流槽开挖边坡的稳定;岩块相互碰撞、彼此损伤,微裂隙进一步发育,有利于孤石裸露爆破。这种成因模式造成崩塌区残留了较多危岩体,因此,在排险过程中必须做好安全监测,特别是大余震和大雨时做好紧急避险就显得尤为重要。

参考文献:

- [1] 许强,裴向军,黄润秋,等,著.汶川地震大型滑坡研究[M].北京:科学出版社,2009.
- [2] 汪旭光,等,编著.工程爆破手册[M].北京:冶金工业出版社,2011.
- [3] 黄润秋,许强,陶连金,林峰,著.地质灾害过程模拟和过程控制研究[M].北京:科学出版社,2002.

作者简介:

- 高静(1984-),女,河南新乡人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术和应急救援等工作;
- 周志东(1969-),男,湖南新化人,高级工程师,博士,从事水利水电工程施工技术和应急救援等工作;
- 林芳芳(1985-),女,安徽天长人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)