

文章编号:1004-4116(2023)01-0044-06

甘肃省庄浪县下寨村滑坡—堰塞湖链式 灾害特征与滑坡稳定性分析

张文学

(中国建筑材料工业地质勘查中心甘肃总队,甘肃 天水 741000)

摘 要:2020年汛期以来庄浪县降雨量超过历年平均值的11.5%,8月31日9时庄浪县郑河乡下寨村老滑坡整体复活滑动,滑坡长355.0 m,宽220.0 m,面积83 668.0 m²,厚度12.0~20.0 m,体积约130.0×10⁴ m³,堆积体堵塞窑家河及支沟形成2处小型堰塞湖。本次调查运用工程地质调绘、无人机航测、工程地质勘察等技术手段进行了系统的分析,在获取了相关数据基础上,利用无人机航测高清影像比对和SlopeLE软件计算对滑坡稳定性进行了综合判定。通过2020年8月和2021年8月航测高清影像对比,滑坡前缘变形迹象极为明显,稳定性差。SlopeLE软件计算可知,滑坡自重工况下处于基本稳定状态,降雨工况处于欠稳定状态,地震工况处于不稳定状态。计算结果与航测比对数据基本吻合,在不利工况下极易发生滑动,存在再次堵塞河道形成堰塞湖的可能。

关键词:滑坡;堰塞湖;地质灾害;稳定性分析;防治措施;甘肃

中图分类号:P642.22

文献标志码:A

1 引言

我国是地质灾害较为发育的国家之一,滑坡、崩塌、泥石流灾害频发,尤其是滑坡—泥石流、滑坡—堰塞湖等链式灾害近几年来受降雨影响呈上升趋势,鉴于此,许多学者、部门等开展了大量的研究工作。从滑坡分布特征、成因、控制因素、滑坡分级分块、稳定性等诸多方面进行了研究,地形地貌、地层岩性、水文地质条件、地质构造是滑坡组成的物质基础,降雨、地震、不合理的人类工程活动是滑坡引发条件^[1-8]。滑坡—堰塞湖是一种典型链式灾害,与降雨息息相关,成灾特点模式、空间分布、危害特征等不同于一般滑坡,大多发育在沟谷、河谷地区,工程治理、防灾减灾难度大,为了攻克这一难题,部分学者采用高分辨率解译、遥感影像数据建立三维数值模型等技术方法,对地貌形态、环境效应、堰塞坝溃坝模拟等进行系统研究,取得成果极为可观,具有积极的促进意义^[9-11]。

庄浪县位于甘肃省东部,六盘山西麓,区内山岭起伏,丘陵连绵,水系发育,地形切割强烈,岩土体复

杂多样,地质构造较为复杂,新构造运动强烈,气候较湿润^[12],近几年降雨量相对偏多,崩塌、滑坡等地质灾害较为频繁,损失严重。庄浪县郑河乡下寨村滑坡属于典型的老滑坡,2020年8月31日9时受降雨影响整体复活滑动,滑坡仅对坡体农作物、养兔厂棚、村村通公路等造成一定的损毁,由于滑动缓慢且监测预警及时,没有造成人员伤亡;但是滑体堵塞窑家河及支沟形成2处堰塞湖,湖水上涨翻越河堤进入村庄,对村庄造成了不同程度的影响,灾情发生后及时进行了科学处理,灾害没有进一步恶化。

该滑坡规模大、成因复杂、稳定性差、成灾模式复杂、潜在经济损失严重,非常具有代表性。通过工程地质调查、无人机航测、收集中国建筑材料工业地质勘查中心甘肃总队完成的《平凉市庄浪县郑河乡下寨村四社滑坡治理工程勘察报告》及相关试验数据对滑坡—基本特征、成灾特征等进行了系统的论述。结合无人机相隔一个水文年(2020.8—2021.8)在同一个方位角高清航测,对航测数据进行比对,对滑坡变形进行分析判定;利用SlopeLE软件建立数据模型,采用折线法、圆弧自动搜索法等进行稳定性计算,对稳定性进行了量化评价。在滑坡基本特征、

收稿日期:2023-01-15

作者简介:张文学(1987~),甘肃庄浪人,大学本科,工程师,主要从事岩土工程勘察、地质灾害勘查设计和地质灾害危险性评估工作。

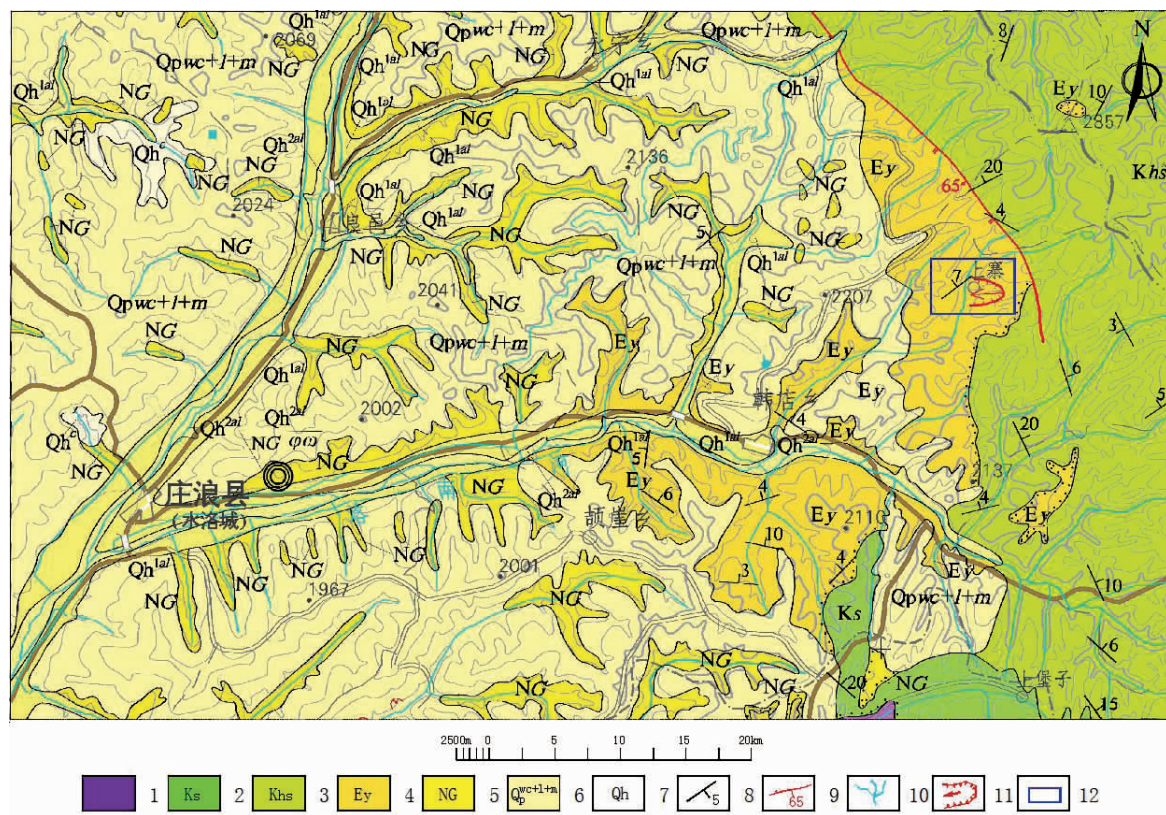


图1 研究区地质构造图

Fig. 1 Geological sketch map of the study area

1—蛇纹岩;2—白垩系六盘山群三桥组;3—白垩系六盘山群和尚铺组;4—古近系野狐城组;

5—新近系甘肃群;6—第四系更新统;7—第四系全新统;8—岩层产状;9—推断逆断层;10—水系;11—滑坡;12—研究区域

成灾特征、稳定性评价的基础上,提出具有针对性的防治措施建议,将为后期工程治理和科学研究提供参考。

2 研究区概况

2.1 地质环境

庄浪县地处祁吕贺山字型构造体系的脊柱—贺兰褶皱南端西侧与陇西旋卷构造体系六盘山旋回褶皱的复合部位。滑坡附近的断层为隆德县—韩店走滑逆冲断层,走向 $340^{\circ} \sim 350^{\circ}$,倾向 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$,倾角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$,全长约 45.0 km,断层上盘为古近系砂岩,下盘为白垩系砂岩、砂砾岩,未见活动迹象(图1)。据文献记载,周边县市曾遭受过多次破坏性地震,均波及到境内。根据《中国地震动参数区划图》,庄浪县地区地震动峰值加速度为 0.2 g,特征周期为 0.40 s,基本抗震设防烈度为 VIII 度。区域内白垩系下统六盘山群和尚铺组砂岩(Khs)分布于滑坡区东北侧,古近系野狐城组泥质砂岩(Ey)为滑坡区

下覆基岩,第四系上更新统马兰黄土(Q_3^{col})分布于本区山顶及斜坡地带,披覆于古近系和白垩系地层之上,厚度 5.0 ~ 15.0 m,全新统冲洪积物(Q_4^{al+pl})分布于滑坡前缘窑家河河谷区,全新统滑坡堆积物(Q_4^{del})分布于整个滑坡区,成分较为复杂,主要由黄土和砂岩碎屑组成。滑坡区内的地貌形态属于剥蚀堆积黄土丘陵地貌,受新构造运动及侵蚀切割强烈等作用高低连绵起伏,沟谷发育,山坡坡度一般 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$,高差 200 ~ 350 m,坡面在 60 年代受梯田建设改造成阶梯状,土地类型主要以耕地为主,人为改造坡面总体呈阶梯状分布,每级地块地形平缓,有利于大气降雨汇集面状入渗和沿落水洞灌入坡体深部,对坡体稳定性造成不利影响;前部主要发育窑庄河 I、II 阶地,宽度 200 ~ 250 m,地形较为平缓,为村庄所在地。区域内的地下水类型主要为黄土孔隙裂隙水和碎屑岩类裂隙水,主要分布在地势低洼区,含水层不均匀且不连续,水量贫乏,无统一潜水面,以泉的形式进行排泄,接受大气降水入渗补给,季节性变化很大,动态不稳定,遇干旱时泉水枯竭。



图2 滑坡原始地形地貌影像

Fig. 2 Landform image before landslide reactivation

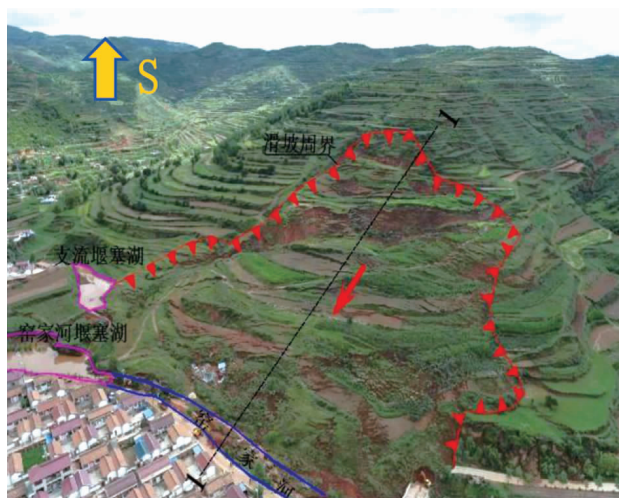


图3 滑坡复活后地形地貌影像

Fig. 3 Landform image after landslide reactivation

2.2 气象水文

庄浪县多年平均降水量 517.7 mm, 最大年降水量 799.3 mm(2013 年), 最小年降水量 271.2 mm(1997 年), 主要集中在 6~10 月。2020 年全年累积降水量为 577.1 mm, 高于历年均值的 11.5%。8 月份总降雨量 196.2 mm, 高出 9 月份 51%, 最大日降水量 39.6 mm, 出现在 8 月 12 日, 最长连续降水为 8 月 14~18 日, 降水量为 82.5 mm, 小时最大降水量 12.8 mm, 出现在 8 月 23 日, 降雨相对较为集中。调查区的河流主要为窑庄河, 属于水洛南河的一级支流, 流经该滑坡前缘, 冲刷、侵蚀是诱发滑坡复活的因素之一。

3 滑坡—堰塞湖基本特征

3.1 滑坡基本特征

通过现场调查、分析前期历史影像, 平凉市庄浪县郑河乡下寨村滑坡属于典型的老滑坡, 后壁砂岩裸露, 坡度在 60°以上, 右侧侧壁发育一条冲沟, 组成的圈椅状地形(图 2)极明显。坡面在上世纪 60 年代经过梯田建设改造, 坡面总体呈阶梯状分布, 台面呈不规则条形展布, 宽度 5.0~15.0 m, 长度 8.0~25.0 m, 平台之间高差 3.0~10.0 m, 地形较为平缓, 为大气降水提供了有利的汇水地形, 为地下水补给提供充沛的水源。其次滑坡前缘位于窑家河河床, 长期受河流冲刷致使滑坡临空条件良好。庄浪县多年平均降水量 517.7 mm, 2020 年全年累积降水量为 577.1 mm, 高出历年平均值 11.5%, 在以上因素的共同作用下导致滑坡复活滑动。

滑坡平面形态呈“簸箕”形(图 3), 后缘高程 2 035.0~2 090.0 m, 前缘高程 1 983.0~1 995.0 m, 相对高差 50.0~60.0 m。滑坡长 355.0 m, 宽 220.0 m, 厚度 12.0~20.0 m, 体积约 130.0×10⁴m³, 主滑方向 300°。滑体总体呈现上陡下缓, 坡度 10°~20°。根据滑体地形特征分为三级台地(图 4)。第一级台地位于滑体前部, 平面形态近似条形, 宽度 36.0~42.0 m, 平均坡度约为 15°, 后缘形成的错台高差 0.5~1.5 m; 第二级台地位于滑体中部, 平面呈北面窄南面宽, 宽度 85.0~210.0 m, 平均坡度约为 10°, 地形较为平缓, 后缘形成的错台高差 6.0~10.0 m; 第三级台地位于滑坡后缘, 台地平面形态呈簸箕形, 坡度相对较陡, 平均坡度约为 20°, 后缘形成的错台高差 2.0~3.0 m, 前缘受滑动挤压地面鼓翘。

滑坡复活后出现了多次滑动, 致使滑体凹凸不平, 局部发育积水洼地, 第二台地和第三台地尤为明显。其中在第二级台地发育 2[#] 积水洼地, 面积 85 m², 深度 0.5~1.2 m, 体积 85 m³; 第三级台地南北两侧发育两处滑坡湖, 1[#] 积水洼地面积 155 m², 深度 0.5~1.5 m, 体积 155 m³, 3[#] 积水洼地面积 257 m², 深度 1.0~1.5 m, 体积 321.5 m³。滑坡后壁擦痕明显, 侧壁羽状剪裂缝极为发育。由于滑动变形横向裂缝呈条带状发育, 主要集中在中后部, 单条裂缝长度约为 190 m, 宽度 0.5~1.5 m。

通过工程地质钻探, 滑体主要由强—全风化砂岩和黄土组成, 厚度 12.0~20.0 m, 表层黄土厚度介于 1.0~3.0 m, 其下主要为强—全风化砂岩, 受滑动、推挤岩土体结构严重破坏, 土质疏松, 裂缝发

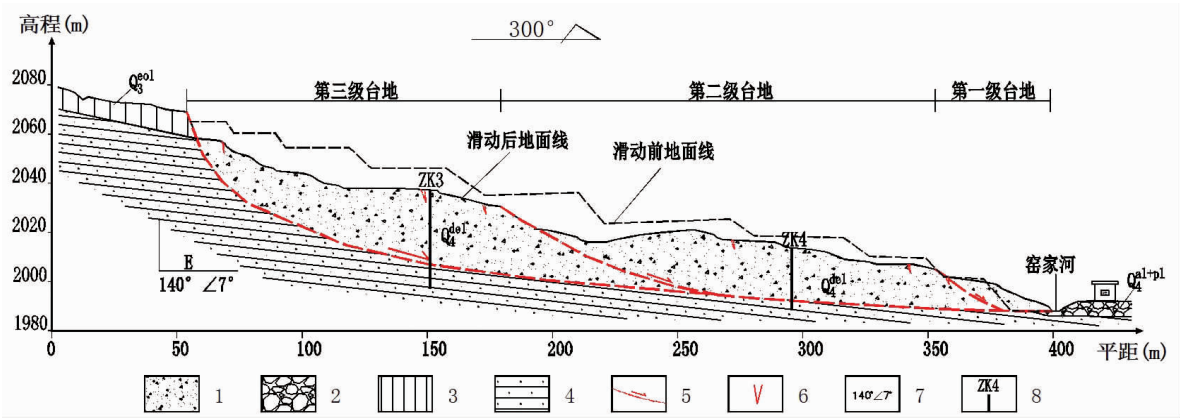


图 4 滑坡(1-1)剖面图
Fig. 4 Profile of landslide (1-1)

1—滑坡体;2—砂砾石;3—马兰黄土;4—砂岩;5—滑动面;6—裂缝;7—岩层产状;8—钻孔

育具备地表水入渗通道和储存空间。滑床呈折线形,牵引段较陡,主滑段和阻滑段较为平缓,擦痕明显(图 5,图 6),岩性以中风化砂岩为主,泥质胶结,产状 $140^{\circ} \angle 7^{\circ}$,结构较为密实,具有相对隔水作用。其滑坡剪出口位于窑家河河床,倾角 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 之间。

3.2 堰塞湖基本特征

滑坡前缘主要为窑家河,右侧为窑家河一级支流,滑体直接堆积窑家河河道,造成河道阻塞形成小型堰塞湖,平面形态呈不规则形,中间深,周边浅,水域面积 $1\,800.0\text{ m}^2$,水深 $4.0 \sim 9.0\text{ m}$,体积约为 $1.17 \times 10^4\text{ m}^3$ 。当时窑家河流量约为 $4.0\text{ m}^3/\text{s}$,经过一小时截流,湖水持续上涨翻越河堤进入村

庄,造成村庄道路淹没。支沟堰塞湖受滑坡滑动侧向挤压形成,平面形态呈条形,水域面积 $1\,035.0\text{ m}^2$,水深 $1.5 \sim 3.0\text{ m}$,体积约为 $0.3 \times 10^4\text{ m}^3$,没有造成次生灾害。

4 滑坡—堰塞湖成灾特征

通过观测及调查可知该滑坡滑动过程由 4 个阶段完成(图 7,图 8),2020 年 8 月 31 日早上 9 时①滑块坡顶出现拉裂缝,9 时至 12 时裂缝缓慢开始变宽,滑块逐渐蠕动,后缘部位逐渐出现错台,高度 $1.5 \sim 2.0\text{ m}$,前缘地面出现鼓翘;在挤压作用下②滑块开始滑动,后缘出现高差 $6.0 \sim 10.0\text{ m}$ 滑坡后



图 5 ZK3 钻孔揭露滑动面
Fig. 5 Exposed sliding surface by ZK3 borehole



图 6 ZK4 钻孔揭露滑动面
Fig. 6 Exposed sliding surface by ZK4 borehole

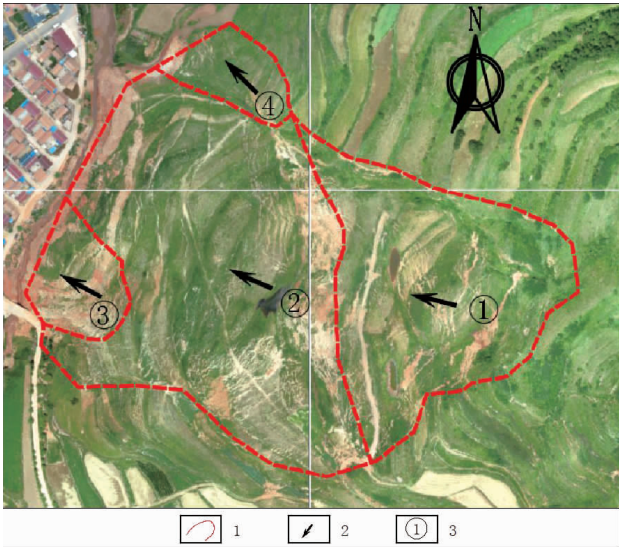


图 7 滑坡滑动分区图

Fig. 7 Landslide slide units

1—滑块界线;2—滑动方向;3—滑块编号

壁,相对①滑块较为剧烈,12 时至 15 时①、②滑块整体出现滑动,后壁由原来的 1.5 ~ 2.0 m 增加至 2.0 ~ 3.0 m,15 时左右窑家河河道逐渐变窄,直至 16 时窑家河完全堵塞形成堰塞湖,17 时湖水高出河堤乡村庄蔓延;随后③、④滑块也出现滑动,窑家河右侧支沟堵塞形成小型堰塞,压埋和中断左侧村村通道路,直到 21 时滑动才逐渐停息。

在水体入渗致使滑体达到饱和状态,引起了下滑力增加,其次水体沿土体裂隙、落水洞大量灌入浸泡软化滑带岩土体,降低了抗剪强度,抗滑力降低。最终导致①滑块应力失去平衡向下逐步扩展变形和滑动,②滑块在此起到了一定的阻滑作用,随着①滑块下滑力持续增加,在推挤作用下①滑块前缘地面出现鼓翘,同时②滑块整体也由静止状态开始缓慢向下滑动,①滑块也受到牵引作用,①、②滑块整体出现滑动,河道堵塞形成堰塞湖。②滑体经过 3 小时推挤作用下剧烈滑动,致使土体结构遭到严重的扰动破坏,又加之滑坡前缘在河流冲刷作用下临空条件良好,最终引发③、④滑块滑动。由此可知,该滑坡运动形式是先推移再牵引。参照前期资料,原有的

河道宽度约 21.0 m,滑动后河道宽度约 10.0 m,水平滑距约为 11.0 m,滑动速度为 3.67 m/h。15 时左右滑坡前缘逐渐开始堵塞,经过 1 小时滑坡滑动,16 时窑家河完全堵塞,湖水持续上涨,17 时湖水、淤泥翻越河堤进入村庄四处蔓延,掩埋道路、院落等,政府相关部门联合技术支撑单位第一时间开始应急抢险,主要对河道堆积体进行部分清理,直到晚上 22 时河流基本疏通,但是过流断面较为狭窄,没有达到正常的过流断面,在暴雨天气洪水极有可能翻越现有的河堤,对村庄具有一定的威胁,是后续工程治理主要对象。

5 滑坡影响因素分析

5.1 老滑坡复活

该滑坡属于典型的老滑坡,发育丘陵斜坡地带,滑体主要由古近系强—全风化砂岩和黄土组成,滑床为中风化砂岩,稳定性差,容易引发滑坡复活滑动。

5.2 降雨

2020 年庄浪县全年累积降水量为 577.1 mm,8 月份总降雨量 196.2 mm,高出 9 月份 51%,最大日降水量 39.6 mm,出现在 8 月 12 日,最长连续降水为 8 月 14 ~ 18 日,降水量为 82.5 mm,小时最大降水量 12.8 mm,出现在 8 月 23 日。降雨相对往年频发,降雨时间集中,降水量高出历年平均值

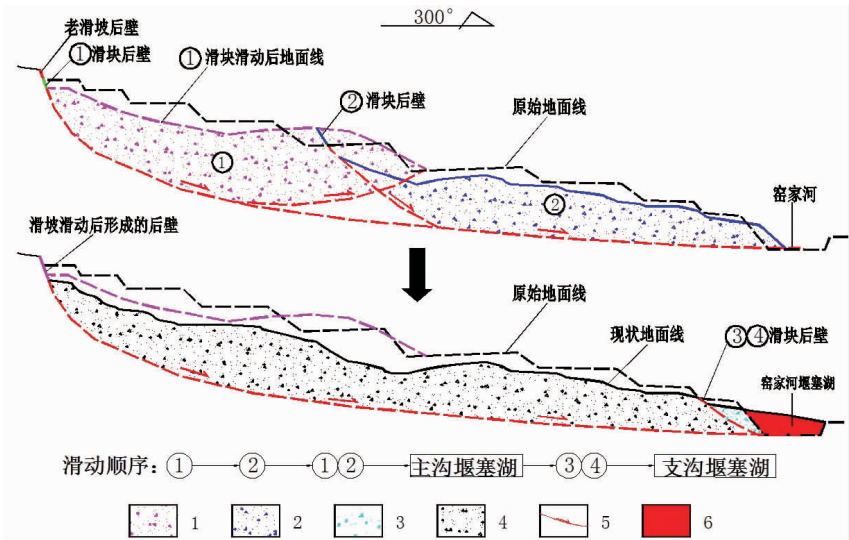


图 8 滑块滑动变形断面示意图

Fig. 8 Schematic section of slide deformation

1—①滑块;2—②滑块;3—③④滑块;4—整个滑体;5—滑动面;6—堰塞湖

11.5%,是诱发该滑坡复活滑动的主因。

5.3 地形地貌

滑坡前缘位于窑庄河河床,该河属于常年流水河谷,径流量大小受降雨季节性变化而变化,坡脚长期受河流冲刷作用,坡体前缘临空条件良好,为滑坡滑动提供了有利地形条件。其次坡面总体呈阶梯状分布,台面呈不规则条形展布,宽度 5.0~15.0 m 不等,主要以农田为主,地块地形平缓,地表水不能顺利排出,大多以面状入渗为主,导致滑体土体达到饱和和重度,引起坡体下滑力增加。另一方面水体沿土体裂隙、落水洞灌入浸泡软化滑带土体,降低滑面抗剪强度,抗滑力减小。

5.4 地层岩性

滑体主要由古近系强—全风化砂岩和黄土组成,土体结构疏松,孔隙滑坡发育,是地表水渗入的主要通道。滑动面为中风化砂岩,结构密实,岩体完整,渗透性弱,具有一定的隔水性能,水体下渗受下伏中风化砂岩阻挡,蓄积于该层表面,引起地下水位上升,浸泡软化土体,降低了抗剪强度,最终导致滑坡复活滑动。

6 稳定性分析

6.1 定性分析

时隔一个水文年,2020 年 8 月(图 9)和 2021 年 8 月(图 10)同一个方位角度采用无人机航测,对滑



图 9 2020年8月影像
Fig. 9 Image in August 2020

坡地形进行详细对比分析,滑坡整体未见明显位移迹象,滑坡后壁斜坡可见小面积的溜滑。滑坡前缘在河道冲刷及抢险疏通河道临空条件较好,导致前缘斜坡稳定性差,出现明显的滑动变形,坡顶可见一道横向拉裂缝,在垂直方向出现明显的下错移动,下错高度约为 0.5~0.8 m,裂缝走向与滑坡轴向垂直,呈半弧形,长度约为 100 m。由此可知:滑坡稳定性差。

6.2 定量分析

根据室内试验成果统计,滑体重度 $\gamma = 19.8 \text{ KN/m}^3$,内摩擦角标准值 $\varphi_q = 20.8^\circ$,粘聚力标准值 $C_q = 6.5 \text{ kPa}$;而反演内摩擦角 $\varphi = 13^\circ$,粘聚力标准值 $C = 5.0 \text{ kPa}$ 。通过比较粘聚力变化较小,内摩擦角变化较大,考虑到滑坡所在的地质环境、滑体变形特征、滑体岩土特征综合分析,最后确定反演值作为验算参数。

河道清理疏通后,对滑坡前缘部分土体进行了清理,选取清理后典型剖面利用 SlopeLE V3.05 软件建立数字模型,对滑坡采用折线法,前缘采用圆弧搜索法进行了稳定性计算分析,计算结果波动在 5%范围之内。滑坡自重、降雨工况整体处于滑坡整体处于欠稳定—稳定状态,地震工况处于不稳定状态(表 1);前缘斜坡在自重、降雨、地震工况均处于不稳定状态(表 2)。

6.3 综合稳定性分析

现状滑体裂缝极为发育,随处可见积水地形,为



图10 2021年8月影像
Fig. 10 Image in August 2021

表 1 滑坡稳定性计算表
Table 1 Calculation result of landslide stability

计算类型	$\gamma(\text{KN}/\text{m}^3)$	$\varphi(^{\circ})$	$C(\text{kPa})$	自重	自重 + 降雨	自重 + 地震
传递系数法(KT 显式)	19. 8 (饱和 20. 5)	13 (反演值)	5 (反演值)	1. 118	1. 109	0. 895
传递系数法(KT 隐式)				1. 113	1. 104	0. 898
工程师团法(a = 平均坡度)				1. 036	1. 028	0. 844
Spence 法				1. 031	1. 023	0. 845
Morgenstern-Price				1. 008	1. 000	0. 828

表 2 滑坡前缘斜坡稳定性计算表
Table 2 Stability calculation of landslide front slope

计算类型	$\gamma(\text{KN}/\text{m}^3)$	$\varphi(^{\circ})$	$C(\text{kPa})$	自重	自重 + 降雨	自重 + 地震
毕肖普法	19. 8(饱和 20. 5)	13(反演值)	5(反演值)	0. 958	0. 951	0. 818
瑞典圆弧法				0. 953	0. 947	0. 804

降雨地表水大量灌入提供了良好的通道。前期受滑坡滑动挤压目前窑家河河道过流断面较小，面临暴雨天气无法满足正常行洪能力；其次灾情发生后相关政府部门对滑坡前缘堵塞体进行了清理疏通，解决了当务之急，但是对滑坡前缘堆积体进行部分开挖，导致滑坡前缘越来越临空，为滑坡再次滑动提供良好的空间，同时也降低了滑坡抗滑力。综合分析认为前缘发生次级滑坡可能性大，存在再次堵塞河道形成堰塞湖的可能性，堰塞湖溃决后易引发滑坡—泥石流链式灾害，对陶家新庄和下游的村庄造成了严重的威胁。

7 结论与建议

- (1)甘肃省庄浪县郑河乡下寨村滑坡整体复活滑动,堵塞河道形成滑坡—堰塞湖链式灾害,降雨是引发灾害形成的主要因素。
- (2)根据滑坡发生前后航测数字地形图对比分析及现场调查,滑坡水平总滑距约为 11. 0 m,滑动速度约为 3. 67 m/h,滑坡运动形式是先推移再牵引。
- (3)采用 SlopeLE V3. 05 软件建立数字模型计算分析,滑坡整体处于欠稳定—稳定状态,滑坡前缘处于不稳定状态。
- (4)建议对滑坡体按照前缘反压、后缘卸载、坡面平整的原则进行治理,对现有的裂缝夯实回填,前缘采用抗滑桩进行支挡。

参 考 文 献

[1] 吴玮江,王念秦. 甘肃滑坡灾害[M]. 兰州:兰州大学出版社, 2006

[2] 饶培娟,辛存林,杨国林,等. 天水市北山芦家湾滑坡稳定性分析[J]. 甘肃地质,2012(3):52-55

[3] 丁宏伟,李莉,姚兴荣,等. 大气降水对黄土滑坡的影响和控制——以甘肃省陇西黄土高原为例 [J]. 甘肃地质,2013,22(1):55-60

[4] 郭富赟,孟兴民,黎志恒,等. 天水市“7·25”群发性地质灾害特征及成因[J]. 山地学报,2015,(01):100

[5] 魏占玺,马文礼,肖建兵,等. 黄河上游松坝峡特大型滑坡堰塞湖及地貌效应研究 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2017, 28(3):16-23

[6] 王国亚,任路滨,吴玮江,等. 甘肃岷县永光村滑坡特征及其成因研究[J]. 冰川冻土,2019,41(02):392-399

[7] 吴玮江,王国亚,刘兴荣,等. 甘肃舟曲县牙豁口滑坡发育特征与成因分析[J]. 冰川冻土,2021,43(2):544-554

[8] 许泰,蒋兴波,朱秀兰,等. 天水市秦州区白家堡子滑坡特征与治理措施探析[J]. 甘肃地质,2021,(3):76-81

[9] 陈晓清,崔鹏,赵万玉,等. “5·12”汶川地震堰塞湖应急处置措施的讨论——以唐家山堰塞湖为例 [J]. 山地学报, 2010, 28(03):350-357

[10] 胡卸文,黄润秋,朱海勇,等. 唐家山堰塞湖库区马铃岩滑坡地震复活效应及其稳定性研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009,28(6):1270-1278

[11] 戴兴建,殷跃平,邢爱国. 易贡滑坡—碎屑流—堰塞坝溃坝链生灾害全过程模拟与动态特征分析[J]. 中国地质灾害与防治学报,2019,30(5):1-8

[12] 杨颖. 平凉市庄浪县地质灾害分布特征及影响因素分析[J].地下水,2021,43(1):3

ANALYSIS OF LANDSLIDE-DAMMED LAKE CHAIN HAZARD AND LANDSLIDE STABILITY IN XIAZHAI VILLAGE, ZHUANGLANG COUNTY, GANSU PROVINCE

ZHANG Wen-xue

(Gansu Branch of China National Geological Exploration of Building Materials Industry, Tianshui 741000, China)

Abstract: Since the flood season in 2020, the rainfall in Zhuanglang County has exceeded 11.5% of the average value over the years. At 9:00 on August 31, the old landslide in Xiazhai Village, Zhenghe Township, Zhuanglang County has been revived and slid. The landslide is 355.0 m long, 220.0 m wide, 83 668.0 square meters in area, 12.0 ~ 20.0 m thick, and about 1 300 000 cubic meters in volume. The accumulation blocks the Yaojia River and its tributaries to form two small barrier lakes. This survey has carried out systematic research by means of engineering geological mapping, unmanned aerial survey, engineering geological exploration and other technical means, and obtained relevant data. The landslide stability has been comprehensively judged by the use of unmanned aerial survey high-definition image comparison and SlopeLE software calculation. The results show that through the comparison of aerial survey high-definition images in August 2020 and August 2021, the landslide front edge has obvious signs of deformation and poor stability; SlopeLE software calculation shows that the landslide is basically stable under the dead weight condition, the rainfall condition is unstable, and the earthquake condition is unstable. It can be seen that the calculation results are basically consistent with the comparison data of aerial survey. It is very easy to slide under adverse conditions, and there is the possibility of blocking the river again to form a barrier lake.

Key words: landslides; dammed lake; stability analysis; prevention and control measures; Gansu