

甘肃肃南喇嘛湾滑坡特征及其治理

丁宏伟^{1,2}, 李莉^{1,2}, 姚兴荣^{1,2}, 赵建宇^{1,2}, 毛岳^{1,2}, 赵玉萍^{1,2}

(1. 甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院, 甘肃 张掖 734000;

2. 甘肃地质工程勘察院, 甘肃 张掖 730000)

摘要:以野外实际调查及勘探资料为依据, 在全面阐述滑坡分布、结构、类型、规模及变形历史的基础上, 深入分析了地形地貌、地质构造及地震、地层岩性、降水、水文地质条件、人类经济活动对滑坡的影响和控制。根据坡体典型地质剖面, 采用传递系数法对滑坡稳定性进行计算分析表明, 现状条件下滑坡处于欠稳定-不稳定状态, 降雨、地震条件下均处于不稳定状态。提出了滑坡的工程治理思路 and 方案, 以期对类似地区的滑坡治理有所帮助。

关键词: 滑坡; 特征; 影响因素; 稳定性; 治理

中图分类号: P694

文献标识码: A

文章编号: 1009-6248(2013)03-0167-07

Characteristics and Treatment Measures of Lamawan Landslide in Sunan City, Gansu Province

DING Hong-wei^{1,2}, LI Li^{1,2}, YAO Xing-rong^{1,2}, ZHAO Jian-yu^{1,2}, MAO Yue^{1,2}, ZHAO Yu-ping^{1,2}

(1. *Institute of Hydrogeological and Engineering Geology, Bureau of Geology and Mineral Exploitation and Development of Gansu Province, Zhangye 734000, China;*

2. *Geology Engineering Institute of Gansu Province, Zhangye 734000, China)*

Abstract: Based on the field survey data and exploration results, this paper comprehensively elaborated the landslide distribution, structure, type, size and the history of deformation. In addition, factors that may lead to or influence the control of landslide were also thoroughly analyzed, which include the topography, geological structure and earthquake, stratum lithology, precipitation, hydrological geological conditions and human economic activities. According to the slope of typical geological section, transfer coefficient method was applied to calculate and analyze the landslide stability. The result shows that landslide is in a less stable or unstable state under the current situation, while rainfall and earthquake conditions will make the landslide unstable. Finally, landslide project management ideas and solutions were proposed, with a view to be used for the landslide government in similar regions.

Key words: landslide; characteristics; influence factor; stability; government

甘肃省肃南裕固族自治县地处祁连山中段北麓的黑河流域上游地区, 其喇嘛湾滑坡位于县城北 150 m 的西柳沟东北岸, 中心地理坐标为 E99°37′

30″, N38°50′51″ (图 1)。属高寒半干旱气候区, 多年平均气温 3.6℃。发源于祁连山高山峡谷流经区内的河流为隆畅河及其支流西柳沟, 属黑河一级

收稿日期: 2013-03-18; 修回日期: 2013-06-26

基金项目: 甘肃省国土资源厅“甘肃省肃南县观山河泥石流地质灾害治理施工项目”(2012-2)

作者简介: 丁宏伟 (1963-), 男, 四川南充人, 学士, 水工环正高级工程师, 国家注册土木 (岩土) 工程师, 长期从事水工环勘查及地质灾害评价管理工作。E-mail: zydhw8029@163.com



图1 喇嘛湾滑坡航片位置图

Fig. 1 Satellite photo position of the Lamawan landslide

支流和常年流水河流,多年平均过境径流量为 $1.56 \times 10^8 \text{ m}^3$,汛期最大流量为 $33.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 。滑坡周边地带植被以山地草甸类植被为主,主要为披碱草、线叶蒿草等,覆盖率为 $10\% \sim 15\%$ 。区内总体地势呈现自南西向北东方向倾斜,海拔 $2300 \sim 2520 \text{ m}$,县城一带山地与河谷呈现为“Y”型地貌景观,河谷是当地人民赖以生存的区域,相对高差 $100 \sim 220 \text{ m}$ 。据有关资料,本区属地质灾害中易发地带(姚兴荣等,2012)。喇嘛湾滑坡的存在给当地群众生命财产和肃南县城安全带来了极大的隐患。因此,深入分析喇嘛湾滑坡特征、机理和诱发因素,综合评判其稳定程度,探讨灾害治理的工程措施,对于保护当地农牧民生命安全和财产损失,维护民族团结,落实甘肃省地质灾害防治“十二五”规划目标,均具有重要的现实意义。

1 滑坡特征

1.1 滑坡分布及结构

H1 滑坡分布于喇嘛坪西南山坡中部,喇嘛湾

西柳沟村上游。滑坡呈不规则长条形,长 329 m ,宽 $23 \sim 143 \text{ m}$,平均宽约 110 m ,主滑方向 240° 。滑坡前后缘高差 158 m ,前缘及中部坡度 $18^\circ \sim 24^\circ$,后缘 75° 左右。滑体厚度 $3.2 \sim 22.4 \text{ m}$,平均 18.0 m ,岩性以碎石土为主。滑体前缘及中上部纵、横向裂隙发育,坡面凹凸不平,后壁呈现 $10 \sim 15 \text{ m}$ 的陡坎,两侧剪切裂隙发育。H2 滑坡位于 H1 滑坡东部,与 H1 滑坡相隔 $30 \sim 35 \text{ m}$ 宽的山梁分布。滑坡呈长条形,主滑方向亦为 240° ,长 128 m ,宽 $13 \sim 56 \text{ m}$,平均宽约 50 m 。滑坡前后缘高差 58 m ,前缘及中部坡度 $24^\circ \sim 28^\circ$,后缘达 $75^\circ \sim 85^\circ$ 。滑体厚度 $1.8 \sim 13.1 \text{ m}$,平均 7.9 m ,岩性以卵石和碎石土为主。滑坡体前缘及中部鼓胀裂隙发育,后缘有明显的宽 $10 \sim 20 \text{ cm}$ 、呈“圈椅状”分布的拉张裂隙和 $5 \sim 8 \text{ m}$ 陡坎。H3 分布于喇嘛坪西南山麓,紧邻西柳沟村。滑坡呈宽度远大于长度的“簸箕状”,主滑方向 227° 。滑坡长 82 m ,宽 $158 \sim 261 \text{ m}$,平均宽约 212 m 。滑坡前后缘高差 29 m ,中下部坡度 $35^\circ \sim 40^\circ$,后缘 $45^\circ \sim 55^\circ$ 。滑体厚度 $2.0 \sim 10.0 \text{ m}$,平均厚度 5.8 m ,岩性以碎石土为主。滑坡体前缘及中部鼓胀裂隙发育,后缘有明显陡坎和呈“圈椅状”分布的、宽 $8 \sim 30 \text{ cm}$ 的拉张裂隙。H3 滑坡东侧的小型冲沟内发育有 5 个落水洞,直径 $1.0 \sim 1.5 \text{ m}$,深度 2.0 m (赵建宇等,2012;杨科元等,2012)。

1.2 滑坡类型及规模

上述滑坡的物质组成主要为上部岩层的滑塌堆积物,岩性以碎石土为主。按滑体岩性组成确定滑坡类型为堆积体滑坡,滑带为堆积物与下伏白垩系粉砂岩、泥岩的接触面,而滑床是白垩系地层构成的山体。H1 滑体方量 $53.8 \times 10^4 \text{ m}^3$,为中型中层接触面牵引式滑坡;H2、H3 滑体方量分别为 $4.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $9.7 \times 10^4 \text{ m}^3$,均为小型浅层接触面牵引式滑坡。

1.3 滑坡变形历史

H1、H2 滑坡发生于 2009 年 8 月 10 日,持续时间约 10 min ,当时摧毁道路 180 m ,摧毁排水渠道 60 m ,压埋草场 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。根据 2009 年 8 月至 2012 年 8 月的监测结果,滑坡仍处于变形蠕动阶段,雨季滑动速度为 $4 \sim 12 \text{ mm/d}$,再次发生滑动的可能性极大;H3 滑坡发生于 2004 年 7 月,持续时间约 25 min ,当时摧毁引水渠道 140 m ,压

埋农田数亩，树木若干。根据 2009 年 8 月至 2012 年 8 月的监测结果，滑坡仍处于变形蠕动阶段，雨季滑动速度为 5~8 mm/d，再次发生滑动的可能性极大（赵建宇等，2012）。

2 滑坡的影响因素

2.1 地形地貌

地形地貌是滑坡产生与发育的空间因素，具有一定高度和坡度的斜坡是滑坡发生的必要条件（吴玮江，1996；吴玮江等，2006）。喇嘛湾滑坡所在山体属构造侵蚀的中低山，山顶为开阔平坦的古夷平面（喇嘛坪），山体陡峻，地形切割强烈，相对高差 100~220 m。坡面上小型水流“冲沟”随处可见。滑坡体前后缘高差达 29~158 m，坡体具有后缘较陡、中下部较缓的特征，后缘坡度 45°~75°，局部可达 85°以上，中下部坡度 24°~40°，具有良好的临空条件，不利于斜坡的稳定。

2.2 地质构造及地震

本区在大地构造单元上属祁连山褶皱系腹地，地质构造较为复杂，新构造运动极为活跃，南北向挤压运动形成的与山地走向平行的高角度大型逆冲断裂十分发育。古近系以来，受印度板块与欧亚板块的碰撞、俯冲、挤压所导致的持续性和阶段性加速抬升的影响（彭建兵等，2004），青藏高原隆起，处于东北缘的祁连山一直处于振荡性上升过程（张新虎，1993），祁连山主峰年均隆升速度甚至达到了 7.1~7.3 mm/a（Fu Kaidao, et al. 2001）。根据喇嘛坪古夷平面形成的时间、环境及与现代河谷高差，笔者大致推算自第四系中更新统（Q₂）以来，肃南县城附近祁连山平均上升幅度为 1.7~2.4 mm/a。在多期构造运动中喇嘛坪斜坡也遭受了各种地质作用的长期累进性上升和破坏，产生的高山峡谷地貌形态有利于滑坡的形成。

祁连山北麓抗震设防烈度为Ⅷ度，设计地震加速度值为 0.20 g，地震动反应谱特征周期 0.40 s。据史料记载，滑坡区历史上无发生强震记录，主要受外围强震的影响。1949 年至今共发生 4 级以上地震近百次，1954 年 2 月 11 日山丹 7.2 级地震及 2003 年 10 月 25 日山丹、民乐县交界处的 6.1 级地震（丁宏伟等，2009），对滑坡区可能造成最大地震烈度达Ⅸ度的影响。

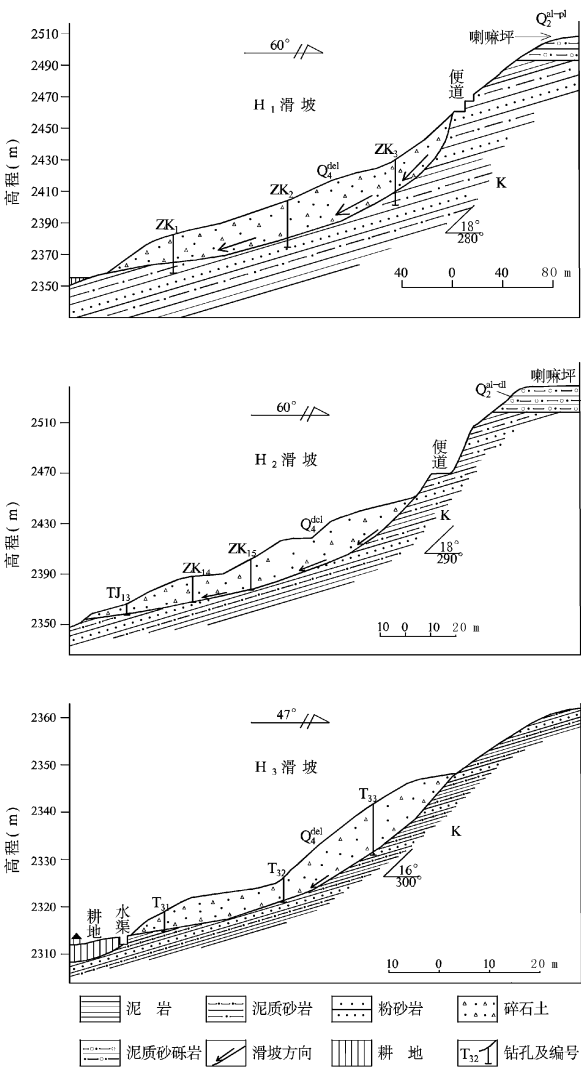


图 2 喇嘛湾滑坡典型地质剖面

Fig. 2 Typical geological profile of the Lamawan landslide

2.3 地层岩性

区内出露地层为白垩系（K）及第四系（Q）。白垩系（K₁）构成山体主体和滑床，岩性为红色泥岩、粉砂岩、泥质砂岩，产状 280°~300°∠16°~20°，与山体坡向基本一致，具有干时较坚硬、遇水极易软化和低强度的特征，表层球状风化严重。第四系划分为中更新统冲洪积物（Q₂^{al-pl}）、全新统坡残积物（Q₄^{del}）和冲洪积物（Q₄^{al-pl}），中更新统地层主要覆盖于喇嘛坪古夷平面，岩性为半胶结泥质砂砾卵石，厚度 30~35 m；全新统坡残积物分布于山体斜坡腰部及坡脚，岩性多为上覆岩体下滑（崩塌）破碎后的重新堆积，主要由砂砾石和粉质黏土组成，厚度 1.8~22.4 m，松散、不

稳定的结构决定了其黏聚力较低（表 1），以粉质黏土为主的细粒成分使其内摩擦角较小，而落水洞的存在又使其完整性遭到破坏，并为大气降水形成

的水流提供了良好的通道,构成滑坡主体;全新统冲洪积物分布于现代河(沟)谷两岸的Ⅰ、Ⅱ级阶地及河漫滩,岩性由亚砂土、砂砾卵石双层土体组成。

表 1 滑坡土体物理力学指标统计表

Tab.1 The statistics of physical and mechanical properties of the landslide

滑坡	土样编号	取样深度(m)	含水率(%)	密度(g/cm ³)	孔隙比	塑限(%)	液限(%)	内摩擦角(°)	黏聚力(kPa)	层名
H ₁	ZK2-1	4.00	6.8	2.11	0.372					砾砂
	ZK2-2	22.80	5.0	1.80	0.582	32.1	-1.2	20.3	25.4	粉质黏土
	ZK5-2	23.60	8.3	1.87	0.569	20.2	-0.2	19.6	29.2	粉质黏土
	ZK5-3	24.80	7.9	1.76	0.649					砂岩
H ₂	ZK11-1	3.00	8.2	2.11	0.390					砾砂
	ZK11-2	11.20	12.6	1.92	0.589	29.0	18.0	16.7	14.3	粉质黏土
	ZK14-2	9.80	12.2	2.03	0.498	31.2	20.5	16.3	14.6	粉质黏土
H ₃	ZK22-1	3.50	10.2	1.96	0.524	24.5	14.2	13.8	17.2	粉质黏土
	ZK22-2	4.80	14.0	2.01	0.537	25.0	13.5	15.5	13.4	粉质黏土
	ZK22-3	5.30	7.6	2.00	0.447					泥岩

2.4 降水

与南方气候湿润区相比较，地处我国半干旱气候区的祁连山北麓虽然降水不够充沛，但具有雨期相对集中、局地雨强大、暴（大）雨出现频率高的气候特点。据肃南站资料，多年平均降水量 265.2 mm，年最大降水量 385.6 mm，且逐月时空分配极不均匀，6～9 月降水量占全年降水总量的 82.3%，24 h 最大降水量 47.0 mm，1 h 最大降水量 17.0 mm，10 min 最大降水量 9.6 mm。由于地表植被覆盖率低，大量的降水入渗在增加坡体重量的同时，使坡体与下伏基岩接触带土体软化，抗剪强度大幅度降低，上覆饱水土体极易沿软弱带产生蠕动滑移。研究表明，近十几年来，在全球气候暖湿变化的背景下，受极端气候和冰川加剧消融双重影响，祁连山区降水量呈波动式增加趋势，由此引发的山地灾害风险发生频率和强度亦呈增加趋势（施雅风等，2008）。

2.5 水文地质条件

区内地下水类型可划分为碎屑岩类孔隙裂隙水和松散岩类孔隙水二类。碎屑岩类孔隙裂隙水赋存于白垩系砂岩、泥岩的孔隙及风化裂隙中，地下水呈层状或沿风化壳分布，含水层富水性差，接受大气降水补给及松散岩类孔隙水的入渗补给，沿裂隙径流，以蒸发和溢出为主要排泄方式，单泉流量小于 0.1L/s；松散岩类孔隙水分布在滑体的碎石土中，主要接受大气降水的垂直入渗补给，其次为碎

屑岩类孔隙裂隙水的侧向补给，为季节性潜水，顺山体坡形向下径流，遇到阻水或低洼地带则溢出地表，或与碎屑岩类孔隙裂隙水相互转换，具有就近补给，就近排泄的特点。有利于滑面的形成和滑坡的发育发生。

2.6 人类经济活动

喇嘛湾自然条件较差，沟内分布有西柳沟村和喇嘛湾村共计 1 000 余人，人多地少的矛盾制约着当地经济的发展，随着人口的增加，不断削坡垦田、筑路、建房和修渠引水。人类工程活动改变了原来坡体的应力分布，使坡体稳定性变差，诱发滑体、崩塌的发生。自本世纪初建成的肃南县喇嘛坪农业示范园区，开垦土地 6 000 余亩，建成数百万立方米的蓄水池引水灌溉，由于防渗措施不足和地形上的居高临下，灌溉渗水沿地层接触面不断浸润渗流，极大地增加了斜坡的不稳定性；H3 滑坡的滑动与坡脚开挖渠道息息相关，开挖引水渠道使坡脚产生陡立面，不但破坏了原有坡体结构，使坡体稳定性变差。而且引水过程中地表渗水不断浸润坡脚，使其软化，降低了岩土黏聚力，极易造成边坡失稳滑塌（张志龙等，2003；张茂省等，2011）。

3 滑坡稳定性评价

喇嘛湾滑坡可以概化为上覆为第四系松散碎石土，下伏为白垩系粉砂岩夹泥岩双层结构堆积层滑

坡、滑坡稳定性分析根据坡体典型剖面计算。滑坡的失稳模式均为滑移，计算参数主要根据试验测试数据，并经过反演计算最终确定（表 2）。

表 2 滑坡稳定性计算参数选项取表

Tab. 2 Parameters used for the landslide stability analysis

滑坡编号	指标	天然重度 (kN/cm ³)	黏聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)
H ₁	测试值	19.7~20.7	25.4~29.2	19.6~20.4
	采用值	20.23	27.2	20.0
H ₂	测试值	20.7~21.8	14.3~17.2	13.8~16.7
	采用值	21.19	15.8	15.6
H ₃	测试值	19.70	13.4	15.5
	采用值	19.70	13.4	15.5

根据钻探数据和探井资料，各滑坡体内均无统一的地下水位，故稳定性计算仅考虑 3 种工况模式：①自重（滑带土为非饱和状态，旱季）。②自重+降水（滑带土为饱和状态，雨季）。③自重+地震。滑坡的计算模型概化为折线滑面，采用传递系数法计算。计算结果见表 3。

表 3 滑坡稳定性评估计算结果表

Tab. 3 Results of landslide stability assessment

滑 坡	剖面号	失稳模式	稳 定 系 数		
			现状条件	降雨条件	地震条件
H ₁	1	滑 移	1.08	0.94	0.99
	2		1.09	0.92	0.98
	3		1.04	0.96	1.02
H ₂	4	滑 移	0.98	0.72	0.85
	5		0.95	0.87	0.92
	6		1.01	0.93	0.95
H ₃	7	滑 移	1.05	0.97	0.99
	8		1.04	0.94	0.97
	9		1.03	0.96	1.00

由滑坡稳定性计算结果可以看出，H1 滑坡现状条件（自重）下 1 号、2 号剖面处于基本稳定状态，3 号剖面处于欠稳定状态，综合评判为欠稳定状态；降雨条件下处于不稳定状态；地震条件下 1 号、2 号剖面处于不稳定状态，3 号剖面处于欠稳定状态，综合评判为不稳定状态。H2 滑坡现状条件下 4 号、5 号剖面处于不稳定状态，6 号剖面处于欠稳定状态，综合评判为不稳定状态；降雨、地震条件下均处于不稳定状态。H3 滑坡现状条件处于欠稳定状态；降雨条件下均处

于不稳定状态；地震条件下 7 号、8 号剖面处于不稳定状态，9 号剖面处于欠稳定状态，综合评判为不稳定状态。综上，喇嘛湾滑坡现状条件下处于欠稳定—不稳定状态，降雨、地震条件下均处于不稳定状态。

4 滑坡的治理思路及方案

根据喇嘛湾滑坡特征、稳定性及危险性评价结果，加之人多地少和适宜农垦的土地资源紧张，搬迁避让没有合适场所的客观因素，必须对喇嘛湾滑坡进行工程治理，以期彻底根除灾害隐患。总的治理思路是：在整治坡面的基础上（刷坡），滑坡顶部实施削方减荷载工程（砍头），中部实施抗滑桩及格构锚杆固坡工程（捆腰），底部实施抗滑桩加浆砌石护坡工程（压脚），并在滑坡体顶部、底部设置截排水渠道固坡工程（排水），最后辅以生物工程。

现以 H1 滑坡为例进行滑坡治理方案说明（图 3）：①刷坡，为利于工程施工及坡面排水，需对滑坡坡面进行整治，整治面积 $3.6 \times 10^4 \text{ m}^2$ ，土石方的开挖、回填、清理、夯实体积根据设计确定。②削方减荷载，坡顶削坡 3~4 级，每级坡高 8~10 m，削坡比例为 1:1，设宽度 2 m 的卸荷平台。③抗滑桩及格构锚杆固坡，在滑坡中部、前缘设计两排抗滑桩，桩长 15~30 m，截面面积 $1.5 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}$ ，桩间距 5~7 m，每根抗滑桩基础嵌入基岩深度不小于单桩长度的 1/3，主筋采用 $\phi 32$ 螺纹钢，C30 钢筋砼灌注；在坡体中部设计锚杆菱形格构护坡工程，锚杆采用 9 道 $\phi 12$ 钢绞线锚索，M25 水泥砂浆灌注，锚杆直径 130 mm，平均长度 9 m，其中锚固段长度不小于 4 m；菱形格构设计为 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ，采用 C25 砼现浇，格构梁截面积为 $0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ ，基座为 C25 混凝土墩，全埋入地下，底部夯实。④浆砌石护坡，在滑坡前缘设计浆砌石护坡墙，高度 7 m，其中地面以上 5 m，基础埋深 2 m，墙顶宽 0.5 m，墙底宽 2 m，胸坡比 1:0.3，背坡直立，墙底为水平，墙体上设计直径 10 cm 排水孔。⑤排水工程，在滑坡顶部、卸荷平台及底部浆砌石护坡墙上部设置横向浆砌石（截）排水渠道，每隔 20~30 m 在坡体上设置纵向排水沟。

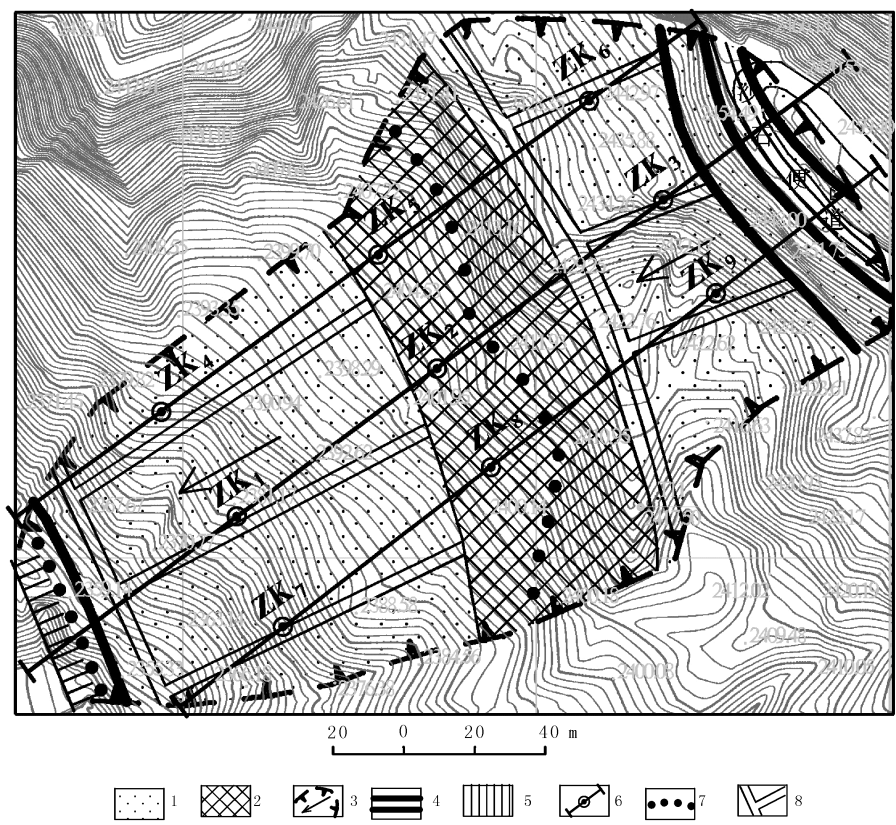


图 3 喇嘛湾 H1 滑坡治理方案图

Fig. 3 Preventing and controlling plan of the Lamawan H1 landslide

1. 坡石整治区; 2. 铺杆格构工程; 3. 滑坡及滑动方向; 4. 削方减荷载区及卸荷平台;
5. 浆砌石护坡工程; 6. 典型剖面; 7. 抗滑桩工程; 8. 排水渠道

5 结论与建议

祁连山区地貌构造复杂，地形切割强烈，新构造运动活跃，地震发生频繁，降水相对集中，加之广泛发育于浅山带的白垩系红色软岩地层（骆银辉等，2003）和不断扩大的人类经济活动，为包括肃南喇嘛湾滑坡在内的地质灾害形成及发育发生提供了有利条件。滑坡的滑体为上部岩层的滑塌堆积物，滑带为堆积物与下伏白垩系接触面，而滑床是白垩系构成的山体，是典型的堆积体滑坡。滑坡现状条件下处于欠稳定—不稳定状态，降雨、地震条件下均处于不稳定状态。

由于滑坡邻近县城农业经济集中开发区，人多地少和适宜农垦的土地资源紧张，搬迁避让没有合适场所，因此很有必要对喇嘛湾滑坡进行工程治理。总的治理思路是：在整治坡面的基础上，滑坡

顶部实施削方减荷载，中部实施抗滑桩及格构锚杆固坡，底部实施抗滑桩加浆砌石护坡，在滑坡体顶部、底部设置截排水渠道，最后辅以生物工程。以期彻底根除灾害隐患，达到保护村庄及县城安全的目的。

建议完善灾害监测机制，对灾害治理前后均进行系统监测，以便及时掌握地质灾害的发育情况及治理效果。

参考文献（References）：

姚兴荣，丁宏伟，赵玉苹，等．肃南观山河源区泥石流特征及其治理[J]．甘肃地质，2012，21（3）：56-60.

Yao Xingrong，Ding Hongwei，Zhao Yuping，et al. Characteristic and Disaster Prevention Measures of Debris flow in the Source area of Guanshan River in Sunan County [J]．Gansu Geology，2012，21（3）：

56-60.

- 赵建宇, 杨科元, 贺国强, 等. 甘肃省肃南裕固族自治县喇嘛湾滑坡治理工程可行性研究报告[R]. 张掖: 甘肃地质工程勘察院, 2012.
- Zhao Jianyu, Yang Keyuan, He Guoqiang, et al. Study report of landslide treatment engineering feasibility in Lama Bay in Sunan Yugur Autonomous County, Gansu Province [R]. Geology Engineering Institute of Gansu Province, Zhangye, 2012.
- 杨科元, 赵建宇, 贺国强, 等. 甘肃省肃南裕固族自治县喇嘛湾滑坡治理工程勘察报告[R]. 张掖: 甘肃地质工程勘察院, 2012.
- Yang Keyuan, Zhao Jianyu, He Guoqiang, et al. Investigation report of landslide treatment engineering in Lama Bay in Sunan Yugur Autonomous County, Gansu Province [R]. Geology Engineering Institute of Gansu Province, Zhangye, 2012.
- 彭建兵, 马润勇, 卢全中, 等. 青藏高原隆升的地质灾害[J]. 地球科学进展, 2004, 19 (3): 457-466.
- Peng Jiangbing, Ma Runyong, Lu Quan-zhong, et al. Geological Hazards effects of uplift of Qinhai-Tibet Plateau [J]. Advance in Earth Sciences, 2004, 19 (3): 457-466.
- 吴玮江. 季节性冻融作用与斜坡整体变形破坏[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1996, 7 (4): 38-43.
- Wu Weijian. The seasonal freeze thaw action and overall deformation and failure of slope [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 1996, 7 (4): 38-43.
- 吴玮江, 王念秦. 甘肃滑坡灾害[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2006.
- Wu Weijiang, Wang Nianqin. Landslide Hazards in Gansu, China [M]. Lanzhou University Press, Lanzhou, 2006.
- 张新虎. 甘、青、蒙祁连山、北山造山带构造地层演化史[J]. 甘肃地质学报, 1993, 2 (1): 80-87.
- Zhang Xihu. Tectonostratigraphic evolution of the Qilian and Beishan Orogenic Belt in Gansu, Qinghai, Inner Mongolia [J]. Acta of Geologica Gansu, 1993, 2 (1): 80-87.
- 丁宏伟, 姚吉禄, 何江海. 张掖市地下水位上升区环境同位素特征及补给来源分析[J]. 干旱区地理, 2009, 32 (1): 1-8.
- Ding Hongwei, Yao Jilu, He Jianghai. Environmental isotope characteristics and groundwater recharge in groundwater level rise area in Zhangye City [J]. Arid Land Geography, 2009, 32 (1): 1-8.
- 施雅风, 崔之久, 苏珍. 中国第四纪冰川与环境变化[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2006.
- Shi Yafeng, Cui Zhijiu, Su Zhen. The Quaternary Glaciations and Environmental Variations in China [M]. Hebei Science and Technology Publishing House, Shijiazhuang, 2006.
- 张志龙, 李天斌, 赵其华. 二郎山和平沟滑坡成因分析及稳定性评价[J]. 西北地质, 2003, 147 (4): 80-89.
- Zhang Zhilong, Li Tianbin, Zhao Qihua. The cause and the stability evaluation of Hepinggou Landslide in Erlang Mountain [J]. Northwestern Geology, 2003, 147 (4): 80-89.
- 张茂省, 黎志恒, 王根龙, 等. 白龙江流域地质灾害特征及其勘查思路[J]. 西北地质, 2011, 179 (3): 1-9.
- Zhang Maosheng, Li Zhiheng, Wang Genheng, et al. The Geological Hazard Characteristics and Exploration Ideas of the Bailong River Basin [J]. Northwestern Geology, 2011, 179 (3): 1-9.
- 骆银辉, 邓星理, 王兴安, 等. 试论疏排水在红层地区滑坡治理中的重要作用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14 (3): 58-60.
- Luo Yinhui, Den Xingli, Wang Xingan. et al. Elementary discussin on the function of water draining for landslide remediation in red beds area [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2003, 14 (3): 58-60.
- Fu Kaidao, Gao Junping, Fang Xiaomin, et al. The uplift of main peak and size model of deposit in northern Qinghai Tibet Plateau sine the 8.35Ma BP [A]. In: Lu Yanchou, et al eds. Neotectonics and Environment [C]. Seismological Press, Beijing, 2001, 98-104 (in Chinese).