

陇东某黄土滑坡地质灾害成因、特征分析及防治对策

孙秀娟¹ 杨强¹ 田运涛¹ 杨秀元¹ 祝风海²

(1. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心 河北 保定 071051

2. 中勘冶金勘察设计院有限责任公司 河北 保定 071069)

提 要 在灵台县野外地质灾害调查研究的基础上,对该县滑坡地质灾害的成因及特征进行了分析,并对典型滑坡地质灾害成因与稳定性进行了研究,最后因地制宜提出了合理的防治对策。研究表明:该县地质灾害十分发育、分布较广、危害性强,严重制约着社会经济发展,威胁着人民生命财产安全。针对灵台县地质灾害的特点,必须进行防治结合,有效治理,才能从根本上减轻地质灾害的威胁。

关键词 地质灾害 滑坡 地质环境 发育规律 防治对策

Cause of Formation ,Characteristic Analysis of Loess Landslides Geological Hazards in East of Gansu and Its Preventive Countermeasures

Sun Xiujuan¹ Yang Qiang¹ Tian Yuntao¹ Yang Xiuyuan¹ Zhu Fenghai²

(1. Center for Hydrogeology and Environmental Geology of China Geological Survey Bureau

2. Zhongkan Metallurgical Geotechnical Investigation Design Research Institute Co. ,Ltd))

Abstract On the basis of field geological hazards survey in Lingtai county , the causes of formation and characteristic of landslide geological hazards are analyzed , and the causes and stability of typical landslides geological hazards are also studied , at last the reasonable preventive countermeasures are put forward with local conditions. The study shows that the landslide geological hazards in the county are serious ,harmful ,with wide distribution , and they restrict the social and economic development severely ,even threaten the safety of people s lives and property. With the characteristics of landslide geological disasters in Lingtai county , it is necessary to combine prevention with treatment and take effective governance in order to radically reduce the threat of geological hazards.

Key words geologic hazards ;landslide ; geologic environment ; occurrence regularity ; preventive countermeasure

1 引言

西北黄土高原是中国滑坡地质灾害最严重的地区之一。据统计,全国约有 1/3 的滑坡灾害发生在黄土高原区^[1]。由于黄土不良的工程性质和特殊地形地貌、气候条件,西北黄土区成为我国地质灾害频繁、工程地质问题复杂的地区。许多研究者认为,西北黄土边坡最主要的且危害性最大的破坏方式为滑坡,因而以往研究中,人们给予了极高的重视^[2]。灵台县地处陇东黄土高原区,该区黄土质地疏松、孔隙大、垂直节理发育,由于地貌条件和人类活动的影响,滑坡发

生的频率愈来愈频繁,已严重影响社会经济的发展,并对人民生命的安全构成了一定威胁,研究黄土区滑坡地质灾害成因及特征对减灾防灾具有很重要的现实意义。

灵台县位于陇东黄土高原南缘,地处东经107°02′~107°53′,北纬34°55′~35°15′。地势西北高、东南低,海拔890~1520m。境内有一塬(什字塬),一山(南部山区),两道川(达溪河、黑河川区)。全境东西长78km,南北宽40km,总面积2038km²,属黄土高原沟壑区。东南与陕西省长武县、彬县、麟游县、千阳县、陇县接壤,西北与甘肃省崇信县、泾川县毗邻。交通以公路为主,有灵台-凤翔、千阳、平凉、长武四条省级干线向邻县辐射。经济发展以农林牧业为主。由于灵台县地处西北黄土高原区,区内沟壑纵横,梁峁相

作者简介:孙秀娟(1969-),女,工程师,主要从事水工环调查与研究。

收稿日期:2010-03-08

间,川原山丘交错,独特的地形地貌以及复杂的地质环境条件决定了该地区地质灾害发育比较严重。滑坡是灵台县主要地质灾害,它直接威胁到人民生命安全以及地区经济的发展。必须对该地区进行详细地质灾害调查,掌握地质灾害现状,对其采取积极有效的防治措施加以防范、治理。

2 地质环境背景

2.1 气象水文

灵台县属暖温带半干旱大陆性季风气候,冬长夏短,气候干燥。年平均气温 8.6℃,极端最高气温 35.8℃,极端最低气温 - 23.2℃;年平均降水量 654.4mm,最大降水量 812.2 mm(1975 年),降水年内分配不均,多集中于 7 月至 9 月。境内河流属泾河水系支流达溪河和黑河。达溪河发源于灵台、陇县交界一带,自西向东贯穿县境中部,于陕西亭口汇入泾河。达溪河(张家沟断面)年均流量 $1.7094 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。黑河发源于关山东麓,境内流程 19.5km,年入境径流总量 $0.1609 \times 10^8 \text{ m}^3$,年均流量 $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

2.2 地形地貌

灵台县位于陇东黄土高原和六盘山的过渡地带,境内梁峁起伏,地势自西向东倾斜。境内地貌根据不同成因类型和形态特征可分为剥蚀堆积黄土丘陵、剥蚀堆积黄土残塬、侵蚀堆积河谷平原三种类型。

2.3 地层岩性

灵台县主要发育中生代地层,由老到新包括:三叠系,岩性以砂岩、泥岩、页岩为主;侏罗系,岩性以泥岩、砂岩、砾状砂岩及砾岩为主;白垩系,岩性为泥岩、粉细砂岩与棕红色砂质泥岩互层夹薄层杂色砂岩;新近系,岩性上部为棕红色粘土,夹钙质结核,底部为灰白色、褐色砾岩,钙质胶结,坚硬致密;第四系,包括下更新统、中更新统、上更新统和全新统的午城、离石、马兰黄土,分布较广,岩性为粉质粘土、粉土及粘土。

2.4 地质构造及地震

灵台县在大地构造位置上处于阿拉善—华北板块的次级单元鄂尔多斯盆地的西南缘。区域构造表现为:活动平缓,以整体升降为主,构造形迹不发育,区域上无断裂通过。灵台县地震大多为周边地震波及到境内,地震烈度为Ⅱ度,地震动峰值加速度为 0.15g 。

2.5 水文地质及工程地质

灵台县地下水根据赋存特征可分为第四系松散岩类孔隙水与前第四系碎屑岩类裂隙水两种类型。

其中第四系松散岩类孔隙水包括河(沟)谷区砂砾卵石孔隙潜水;塬区潜水;黄土丘陵区潜水。灵台县工程地质岩组主要有软弱—半坚硬砂岩、泥岩、砂砾岩岩组(K);砂土、砾卵石双层土体(Q_4);黄土状土单层土体(Q_3^{col});黄土状粉土、粘性土多层土体(Q_2^{col});粘性土、砾卵石多层土体(Q_1^{pl})。

3 滑坡地质灾害成因及特征分析

灵台县属黄土梁峁丘陵地形,沟壑纵横。黄土具有软弱性和湿陷性,局部裂隙节理十分发育,表面风化严重,黄土下伏的泾川组泥岩、砂岩以及泥岩砂岩互层,风化较严重,稳定性差。而在塬边斜坡,由于雨水的冲刷,以及局部裂隙雨水的灌入使黄土沟壑两侧极易形成滑坡。通过调查共发现滑坡 285 个,其中 12 个滑坡地质灾害隐患点,273 个地质灾害现象点。

3.1 滑坡地质灾害成因分析

滑坡是灵台县主要的地质灾害,滑坡主要分布在达溪河和黑河两岸及小支流的河谷阶地。按滑坡体的物质组成和结构形势划分,灵台县滑坡有土质滑坡、土质—岩质滑坡两种类型,其中土质滑坡占 96.5%。

经综合分析灵台县滑坡主要形成因素有:1) 地形坡度较大,坡面(顶)多为马兰黄土、离石黄土、午城黄土,下伏泾川组泥岩、砂岩及泥岩砂岩互层。上部黄土湿陷性强,局部节理、裂隙十分发育,表层风化严重,工程地质条件比较差;下部泾川组基岩风化破碎,节理、裂隙发育,稳定性差。2) 沟谷两边坡顶极易形成平行于沟谷走向上的张性节理、裂隙,坡面垂直于沟谷走向上水平地应力已部分或完全释放,黄土本身有形成垂直柱状节理的特性^[3]。3) 遇强降雨时,雨水汇集后沿着黄土垂直节理、裂隙入渗,到达黄土软弱层或者黄土—基岩的接触面形成饱和层,上部土体在雨水不断渗入下逐渐饱和,大大增大了土体自身重力,致使中上部土体强度降低,内部软弱带被下渗雨水不断软化,逐渐达到了坡体滑动临界值,随着雨水继续入渗,软弱带与坡体应力集中区贯通,坡体整体失稳。坡体在重力作用下沿滑动面滑动,并在坡脚处剪切形成滑坡。在沟口地段,边坡天然临空面相对较多,则黄土体切割面相对较多,相对更容易产生滑坡。

3.2 滑坡地质灾害特征分析

对灵台县滑坡的原始坡度、后缘高程、坡向、坡体厚度、坡体体积进行了统计如表 1,表 2。

表 1 滑坡的原始坡度、坡向统计

原始坡度			坡向		
坡度/(°)	滑坡数量/个	占总数百分比/%	坡向/(°)	滑坡数量/个	占总数百分比/%
20~30	145	50.88	316~45	106	37.2
31~40	118	41.4	46~135	57	20
41~50	21	7.37	136~225	28	9.82
51~60	1	0.35	226~315	94	32.98

表 2 滑坡厚度、体积、后缘高程统计

厚度			体积			后缘高程		
厚度/m	数量/个	百分比/%	体积/×10 ⁵ m ³	数量/个	百分比/%	高程/×100m	数量/个	百分比/%
<10	52	18.25	<1	49	17.19	10~11	21	7.37
15~25	228	80	1~10	163	57.19	11~12	51	18.25
25~50	5	1.75	10~100	67	23.51	12~13	91	31.93
			100~1000	6	2.11	13~14	103	36.14
						14~15	17	5.96
						15~16	1	0.35

对表 1、2 数据进行分析得出,灵台县滑坡灾害多发于 1200~1400m 高程范围,坡度在 25°~34°,坡向 226°~45°,滑坡体厚度集中在 15~25m,体积集中在 1×10⁵~10×10⁵m³。灵台县滑坡以中层滑坡,中型滑坡为主,灾害多在人居密集和人类工程活动频繁的川台区(达溪河和黑河及其支流两岸的河谷阶地)。

3.3 典型滑坡成因及稳定性分析

比较典型的滑坡如簸箕湾滑坡(如图 1)。该滑坡位于新开乡华掌村簸箕湾社,蛟城河右岸,该滑坡上部为黄土覆盖,下部为泾川组基岩,滑体上窄下宽,坡面呈阶梯形,整体倾向 220°,滑坡剖面呈凹形,上陡下缓,前缘开垦成农田,滑坡后壁以多级平台的形式存在,表层滑坡堆积层主要由黄土滑移体、崩塌体组成,坡体前缘可见弯曲河流两侧出露基岩,华掌村簸箕湾社坐落在滑坡上,近年来正发生缓慢的蠕滑,直接威胁着簸箕湾社 84 人的生命和财产安全。



图 1 簸箕湾滑坡远景

滑坡最早出现滑动是在 1972 年 8 月,滑体曾经将河道堵住,后又被河流冲开,滑动方向是向坡体两侧滑动,致使坡体中部形成两条较深的纵沟。从坡体两侧的形态来看,有分别向两侧滑动的迹象,坡体纵向沟内树木的整体发育是向沟内倾斜。受 5.12 地震的影响,坡体上大部分窑洞有垮塌或者裂缝的现象,

居民住房也有裂缝。后缘陡坎不连续,存在多级陡坎,是经多次滑动所致。由于滑坡滑动时滑坡体与基岩之间产生相互挤压作用,导致滑坡体前缘基岩受挤压特征明显,如图 2。



图 2 簸箕湾滑坡前缘基岩挤压变形

簸箕湾滑坡是黄土-基岩接触面滑坡,主要沿冲沟右岸发育。滑坡上部黄土湿陷性强,下部泾川组泥岩、砂岩局部节理裂隙发育,风化严重。坡脚常年受河流冲蚀,黄土垂直节理、裂隙发育,为雨水的入渗提供了通道。下伏基岩与上伏黄土之间存在透水性的差异,形成一个相对的隔水层面。雨水沿裂隙下渗,形成潜水浸润面,软化了黄土和表面强风化的泥岩,强度降低。坡体内部软弱带逐渐形成,最终产生滑动并形成滑坡。

为对滑坡稳定性进行分析,对滑坡的主滑剖面进行了测量,对野外调查资料进行整理和分析绘制了簸箕湾滑坡的地质剖面,根据实地调查结果对主滑面进行了推测,绘制了簸箕湾滑坡主滑方向剖面的整体稳定性计算图(如图 3),分别采用瑞典条分法和传递系数法进行稳定行计算,计算结果如表 3。对表中数据进行分析可以得出,不论是瑞典条分法还是传递系数法计算结果,在天然状态下是基本稳定的,饱水状态下不稳定稳定的,地震状态下不稳定,在饱水加地震

的状态下极不稳定。由于坡体前缘河流冲刷严重,对坡体稳定性影响巨大,遇强降雨有可能会大范围失稳,要采取搬迁避让等必要的防护措施。通过对典型滑坡簸箕湾滑坡进行分析,可以看出灵台县的大部分滑坡在天然状态下是比较稳定,在强降雨作用下有复活的可能性,部分滑坡坡脚由于河流冲刷、修路及取土开挖给滑坡的不稳定埋下了隐患。

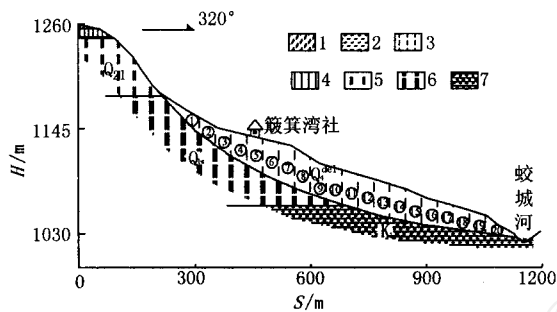


图 3 簸箕湾滑坡稳定性系数计算简图

1- 耕作层 2- 古土壤层 3- 粉质粘土(滑坡堆积) 4- 晚更新世黄土;
5- 中更新世黄土;6- 早更新世黄土;7- 白垩系泥岩

表 3 簸箕湾滑坡稳定性系数计算成果

工况	天然状态	饱水状态	地震状态	饱水+地震
瑞典条分法	1.05	0.95	0.86	0.65
传递系数法	1.10	0.93	0.84	0.66

4 灵台县地质灾害防治对策

针对以上滑坡地质灾害,必须采取有效防治对策,以减轻其危害,建议采取防治对策如下。

1) 加大宣传力度,建立群测群防体系

广泛开展地质灾害知识宣传,普及躲灾、避灾知识,提高广大群众和减灾管理人员减灾知识及技能,争取做到家喻户晓,有备无患。增强群众防灾意识,自觉保护工程,保护山体,禁止乱建房屋、乱挖乱采和滥伐等。在滑坡地质灾害危险区以行政村为单元,设置预警抢险村民小组,在可能发生滑坡地质灾害重点地段设立群测群防监测点,安装群防群测仪器,并固定专人,签定责任书,形成群防群测体系,加强滑坡地质灾害预警系统建设,长期进行观测,及时准确地进行预测预报。

2) 生物工程措施

采取生物治理措施,封山育林,造林种草,陡坡地退耕还林,降低水土流失程度是防治滑坡地质灾害的主要措施。把保护和恢复森林植被作为战略措施,狠抓绿化,促使生态系统向良性发展,从而抑制泥石流、滑坡、崩塌和水土流失等地质灾害发展和减轻其危

害。开展水土保持综合治理,全面防治水土流失,提高流域的植被覆盖率,可以固持土壤,涵养水源,增加地表抗冲刷能力,控制沟床下切,使岸坡稳定性增强,有效地抑制滑坡地质灾害发生。科学合理配置水土保持措施,是根治滑坡地质灾害的主要途径。

3) 工程防治措施

对威胁居民重点滑坡灾害点,首先采取避让搬迁,避让不了的采取一般工程措施如削坡、挡土墙、支护等。对于规模大,威胁对象等级比较高,容易造成重大危害的目标可以采用拦挡、支护工程,修建堰式溢流坝,抗滑桩,清除崩塌危岩爆破等工程措施防治滑坡。同时要重视小流域治理工程,要全面规划,统筹兼顾,大环境着眼,小流域入手,突出重点,抓住要害,加强小流域治理工程,减轻滑坡地质灾害威胁。

4) 加强地质灾害科学研究工作

进一步加强该区滑坡地质灾害特征、分布、形成原因以及风险评估等工作研究,为减轻滑坡地质灾害提供科学理论依据。减轻滑坡地质灾害是一项系统工程,其中每一项具体工作都要高新技术支持和高水平灾害科学理论指导,只有提高灾害科学研究水平,才能提高社会综合减灾能力。

5 结论

灵台县地质环境条件比较复杂,滑坡地质灾害发育比较严重,滑坡地质灾害对人民生命安全和建筑设施威胁巨大,严重制约着社会经济的可持续发展。在地质灾害详细调查的基础上综合分析,从根本上弄清了灵台县滑坡地质灾害的成因及发育特征,并对典型滑坡地质灾害实例进行了分析,从总体上把握了该地区滑坡地质灾害的成因及现状,并根据灵台县的实际情况提出了合理的防治建议。政府部门只有采取“以人为本”的原则,从总体上进行统筹规划,加大滑坡地质灾害防治的宣传力度,加强对滑坡地质灾害监测,对重点地段采取有效的措施,切实做到保护地质环境,有效防治滑坡地质灾害。只有这样才能做到防治结合,有效减轻滑坡地质灾害的威胁。

参考文献

1 文宝萍,李媛,上兴林,等.黄土地区典型滑坡预测预报及减灾对策.北京:地质出版社,1997
2 白永华,张丹青.浅析黄土滑坡与滑塌.山西建筑,2005,31(23):94~95
3 付东林,梁自兴,李爱军,张彦林,刘如珍.陇东宁县黄土区地质灾害防治原则及建议.中国地质灾害与防治学报,2008,19(2):150~152