

陕西省泾阳南塬崩塌、滑坡地质灾害及成因分析

王德耀¹, 杜忠潮¹, 张满社²

(1. 咸阳师范学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西省地矿局, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 泾阳南塬崩塌、滑坡带是关中地区黄土台塬地质灾害的典型代表。分析了该类灾害的分布规律及形成过程, 结果表明活动构造、地震、地貌、地层岩土、河流侵蚀是该区地质灾害形成的基础, 人类过度扰动及灌溉是其形成的诱因。提出该类预防总体应以避让为主, 局部兼以工程治理。

关键词: 泾阳南塬; 滑坡; 崩塌; 防治对策

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2004)04—0034—04

中图分类号: P642.2

Geological Hazard of Cliff Collapse, Landslide and Their Occurrence in Southern Jingyang County of Shaanxi Province

WANG De-yao¹, DU Zhong-chao¹, ZHANG Man-she²

(1. *Xianyang Teachers' College, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China*; 2. *The Institute of Regional Geological & Mineral of Shaanxi Province, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China*)

Abstract: A conclusion is drawn that, in southern Jingyang County in Shaanxi Province, active conformations, earthquake faults, rock and soil layers and river erosion are the primary causes of geological hazards. Intense human activities, particularly irrigation, also contribute to it. After analyzing the distribution and formation processes of cliff collapse and landslide, which are typical geological hazard phenomena in the loessial highlands in Guanzhong area of Shaanxi Province, prevention measures and predictions methods are put forward.

Keywords: Southern Jingyang County of Shaanxi Province; landslide; cliff collapse; the strategies of prevention and control

泾阳南塬位于陕西省泾阳县泾河以南, 横跨太平、蒋刘、高庄 3 个乡镇, 东西长约 27.1 km, 属渭河盆地渭北黄土台塬亚区的一部分^[1]。塬面开阔, 地势西北高, 东南低, 塬边直接以陡崖、陡坎形式与泾河河床、河漫滩相接, 塬边高差大, 是渭河宝鸡峡灌区的一部分, 农业发达, 素有关中“白菜心”之称。但在南塬的东北部边缘地带, 崩塌、滑坡十分发育, 是陕西省典型的地质灾害分布区之一。自 1976 年以来, 泾阳南塬先后发生大小滑坡 40 余次, 其中大型滑坡 7 次, 崩塌数次, 累计土石方量达 $1.60 \times 10^7 \text{ m}^3$ 以上, 造成 29 人死亡, 27 人重伤, 毁坏农田 $1.40 \times 10^2 \text{ hm}^2$, 房屋 100 余间, 窑孔近 200 孔, 大小牲畜 100 头, 直接经济损失约 3.00×10^6 元多^[2]。由于该带人类工程活动密集、频繁, 崩塌、滑坡隐患较多, 严重阻碍了当地经济的发展, 对人民群众的生命财产构成了严重威胁。研究其形成、发展、演化及其防治对策有一定的现实意义。

1 崩塌、滑坡带概况

南塬崩塌、滑坡带沿南塬与泾河河床、河漫滩所形成的陡崖(坎)分布(图 1), 在崩塌、滑坡带东端高庄一带, 塬面高差相对较小, 一般不超过 40 m, 多以小型浅层崩塌、滑坡为主, 中部蒋刘—太平之间, 塬面高差大, 多以大中型滑坡为主, 太平西端陈员一带, 塬面高差大, 坡度陡, 多以崩塌为破坏形式。

滑坡体形态一般都比较典型, 大多保持了较明显的围椅状, 陡崖后壁、台阶以及垄状前缘等特殊的微地貌景观, 已滑过的多呈微凹状态, 坡度不等, 多为 $45^\circ \sim 70^\circ$; 滑坡体黄土层结构疏松, 垂直节理发育, 粘结力小, 透水性强, 遇水易软化, 普遍夹数层古土壤层, 干时黏结力强, 较密实, 抗剪力强度较高, 遇水浸润后粘结力急剧下降, 成软塑甚至成流塑状, 抗剪力下降, 构成不同地段滑坡的滑动软弱面。滑坡多发生

于农田灌溉及雨后, 尤其是大旱之年强灌溉后, 多产生滑动或蠕动, 易成灾, 对当地的人畜、公路、建筑等造成巨大的损失或威胁。总体上该区域滑坡具有较为明显的蠕滑变形迹象, 多沿塬边出现拉张裂缝, 呈带状断续延展, 塬边附近地面和古土壤层向泾河河谷方向倾斜。另外南塬滑坡带灾害发生频次较高, 滑坡滑动速度快, 能量大, 破坏力强, 在老滑坡区内多系黄土

滑坡的复活及原地后壁多次再滑, 保留有多级滑坡台阶地貌, 新滑坡后壁依然高达 30~50 m。如蒋刘滑坡在短短的 7~8 a 中, 在原地就滑动了 3 次, 这些地段中古土壤层特别发育。

崩塌和滑坡间隔出现或二者相互过渡, 崩塌发育之处地形陡峻, 崩塌面直立、微凹。崩塌和滑坡二者统计特征见(表 1, 2)。

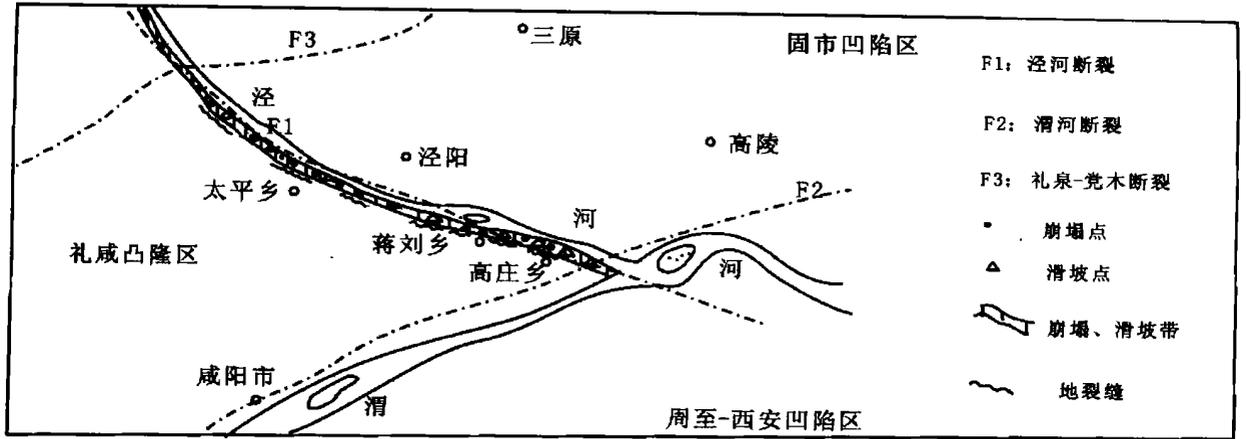


图 1 泾阳南塬地区构造示意图

表 1 泾阳南塬典型滑坡统计

滑坡位置	坡高/ m	坡度/ (°)	规 模			
			长/m	宽/m	厚/m	体积/m ³
高庄镇玉村西 ^①	24	40	38	330	4.0	5.00×10 ⁴
蒋刘乡蒋刘村 ^②	53	70	56	320	12.0	1.88×10 ⁵
太平镇寨头村 ^③	54	70	57	2000	17.5	1.89×10 ⁶

注: ①威胁住户 28 户; ②房屋 112 间, 威胁耕地 3.33hm², 银杏园 4.67hm²; ③威胁耕地 35.07hm²。

表 2 泾阳南塬典型崩塌统计表

滑坡位置	坡高/ m	坡度/ (°)	规 模			
			长/m	宽/m	厚/m	体积/m ³
高庄中学后 ^①	40	50	60	300	5	9.0×10 ⁴
蒋刘小堡子村 ^②	21	85	23	80	5	9.2×10 ³
太平镇牛杨村 ^③	71	70	65	70	3	1.0×10 ⁵

注: ①威胁高庄中学, 住户 1 户, 房屋 3 间; ②威胁住户 8 户, 房屋 32 间; ③威胁果园耕地。

2 崩塌、滑坡的成因分析

2.1 新构造运动与地形地貌因素

渭河地堑凹陷区内黄土台塬(泾阳南塬属其中之一)下伏地层分别为新生代沉积层或前第三纪基岩。陕西省第一水文地质队认为, 关中相对隆起区发育黄土台塬, 凹陷区则形成洪积扇。根据陕西省区域地质志划分, 泾河南塬属咸阳—礼泉凸起(图 1), 其东以

泾河断裂(F_1)和固市凹陷相接, 南以渭河断裂(F_2)和西安凹陷、周至凹陷相接, 以北以礼泉—党木断裂(F_3)和北部乾县断坡相隔, 泾阳南塬相对于周围是属于上升隆起。崩塌、滑坡带地处地壳隆起与下降的交汇处所形成的陡峻斜坡部位, 即泾河断裂及其附近。从而可以看出泾阳南塬崩塌、滑坡带受地貌和断裂的控制。

根据深部地质构造^[3], 南塬基底倾向和崩塌、滑坡面倾向一致, 均向 SE 倾斜。通过图 1 可以看出南塬东部被 3 条活动性断裂所分割, 且 3 条断裂均为正断层, 活动量为 0.4~0.8mm/a, 礼咸凸隆与周边凹陷差异性升降运动持续进行。区内历史地震活动频繁, 据记载从公元前 1177 年至公元 1607 年近 3000 a 间, 共发生 $M_s > 4$ 级的地震 18 次, 公元 1607 年以后至今未发生 $M_s > 4$ 级的地震。按国家地震裂度区划, 该区地震裂度为 Ⅱ 度。地震地质研究资料表明, 地震震中多沿断裂带分布, 体现了构造控震的作用。当然不例外, 泾河断裂带也是地震活动的主要场所。

据现代地壳应力场数据模拟计算, 西安—咸阳地区最大主应力值一般在 4.5~5.0MPa, 最大主应力相对集中区有泾河断裂与党木断裂的交汇部位, 渭河北岸断裂与泾河断裂交汇部位, 形成应力异常区。另在南塬周围应变能密度量值一般都在 350~450J/

m^3 。应变异常区和应变能密集分布与地震活动密切相关,地震频繁发生是诱发地质灾害的重要因素。

2.2 地层岩性因素

泾阳南塬是由巨厚层状新生代中上更新世风积黄土组成,以粉砂质黏土为主,具湿陷性,垂直节理发育,夹 5~7 层古土壤层,所夹古土壤层为红色,团粒结构明显,干燥状态下硬度较高,抗剪强度大,遇水后迅速软化泥化,其抗剪强度大大降低,多形成天然的软弱滑动面。黄土状粉砂质黏土和古土壤相间排列,黄土层本身较松散,垂直节理发育,渗透性强而古土壤层相对隔水或弱透水,上部降水垂直渗入沿古土壤层润滑,使其饱和度增加,迅速软化泥化,大大降低了接触面的抗剪性和黏聚力,加之土层和斜坡倾向一致,从而加速了斜坡的破坏而产生崩塌、滑动变形。

2.3 水文因素

泾河流向基本是沿泾河断裂自 NW 向 SE 方向流动,自张家山基岩山地流出进入黄土台塬后,在地球偏转力的作用下向南发生了强烈的侧向侵蚀作用,不断冲刷、掏挖泾阳南塬根基部位,使上部黄土形成临空,在重力作用下易产生崩塌、滑坡。

大气降水、农田灌溉使地表水大量进入斜坡,使潜水面升高,从而增大了静、动水压力,对斜坡起到浮托作用,降低了斜坡的抗剪(滑)强度;另一方面由于水位的升高在斜坡又形成较大的水力坡度,增加了水对斜坡的侧压,从而使斜坡失稳,因此在水位变化时极易发生滑坡。另外大量的地下水在短期内灌涌斜坡,进入土体颗粒孔隙之中,不仅加大了单位岩土的重量,而且加大了孔隙水压力,破坏了土体强度,改变原有土体的颗粒结构和化学成分,降低粒间黏结力,增加润滑力,促使不同结构软化变弱,减小了滑动面(带)的抗剪强度而发生滑坡。

在 1976 年宝鸡峡引渭进泾阳南塬灌溉之前,塬边地下水埋深较大,地下水位一般低于泾河河床 1~8 m 左右,与河漫滩的地下水位基本一致^[4](表 3)。多年观察资料表明,地下水位变化幅度不大,一般保持在 2 m 左右。塬边斜坡因未受到地下水的影响而处于相对稳定状,滑坡很少发生。1976 年以后,泾阳南塬开始大量引用渭河之水进行农田灌溉,而且是采用大水漫灌,这样大大增加了地下水的补给量,改变了塬边地下水的水文条件。表 4 是对南塬 63 km² 有效灌区的地下水均衡估算的结果。从表 4 可知,泾阳南塬地下水的大气降雨年平均补给量为 1.89 × 10⁶ m³,而区内的地下水年均排泄量为 2.21 × 10⁶ m³(其中排入泾河 1.12 × 10⁶ m³,人工开采量为 1.09 × 10⁶ m³),大气降雨补给量远远小于排泄量。显而易见,该地区地

下水单靠大气降雨补给,亏损较大(约亏缺 3.00 × 10⁵ m³)。引水灌溉以后,灌溉水年均补给量为 2.68 × 10⁶ m³。这样,不仅满足了亏损,而且每年约有 2.36 × 10⁶ m³ 的水量储存在黄土层中,这些水就成为地下水逐年抬升的来源。年均上升率为 1.37 m/a,抬升幅度为 13~37 m(表 3),使地下水位普遍高出泾河河床约 4~30 m,塬边坡脚处的泉水点增多,排水量增大。由于黄土和古土壤的抗剪强度指标随含水量的增加而降低(图 2, 3),因此,塬边地下水溢出位置的升高降低了坡土体的抗剪强度,还增大了边坡的静水压力,导致塬边斜坡失稳。1976 年以来,塬边斜坡发生滑坡 40 余起,总土方量达 1.60 × 10⁷ m³,造成的人员伤亡和经济损失均很严重。

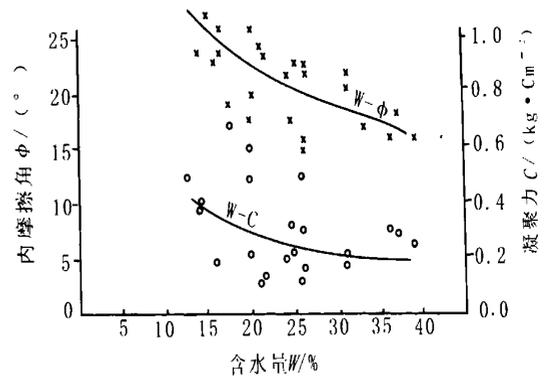


图 2 泾阳南塬黄土抗剪强度与含水量的关系

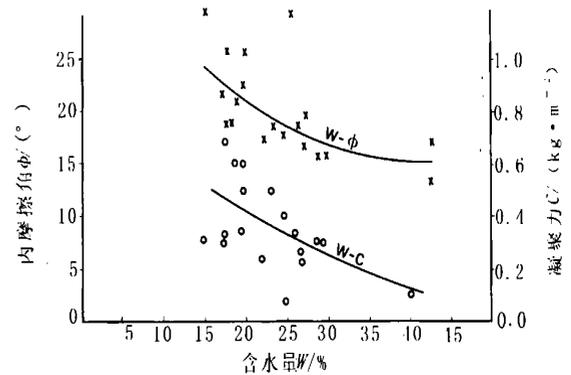


图 3 泾阳南塬古土壤抗剪强度与含水量的关系

2.4 人类活动因素

由于塬边及其周围人口密度较大,农业开垦历史悠久,人类活动十分频繁。当地群众往往就地取材,开挖坡体或坡脚,挖窑而居,建设住宅,有的为了方便,选择沟道出口缓坡场地建房,形成居住分散,灾害遍布的局面。特别是住宅选址的位置是关系到灾害轻重的关键因素,如坡体坡脚多受崩塌、滑坡的威胁

表 3 泾阳南塬塬边地下水埋深变化情况

m

观测地点	塬面高程	1976 年以前		1992 年观测		地下水位 1992 年较 1976 年前上升高度
		地下水埋深	与泾河河床高差	地下水埋深/m	与泾河河床高差	
庙店	454.6	66.7	- 8.6	53.5	+ 4.0	13.2
寨头村	441.0	52.0	- 2.0	34.5	+ 15.5	17.5
余家堡	457.0	81.0	- 8.0	61.0	+ 12.0	20.0
蒋刘村	448.0	74.5	+ 7.7	37.0	+ 30.0	37.5
太堡子	440.5	61.0	+ 0.5	33.0	+ 27.5	28.0

表 4 泾阳南塬 63 km² 有效灌区地下水均衡估算

类型	补给量 ^①		排泄量				
	数量/10 ⁴ m ³	占百分数/%	类型	数量/10 ⁴ m ³	占百分数/%		
大气降水	188.73	41.00	向泾河排出	111.80	50.00		
灌溉量	田间渗入	119.30	26.00	开采量	抽水灌溉	50.00	23.00
	渠道渗入	149.10	33.00		生活用水	59.00	27.00
合计	457.13		合计	220.80			

注: ①根据咸阳市水利勘察设计院. 泾阳南塬水文地质调查报告, 1986; ②储存量 = $2.36 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

人们在坡脚处开辟农田和开挖坡体修建公路等工程建设活动, 也是导致崩塌、滑坡灾害频频发生的影响因素之一。在泾河南岸, 塬脚处的农民常常平整老滑坡舌、鼓丘进行农田耕作或栽种经济林。在南塬斜坡地带修筑公路, 大量开挖坡体, 和破坏坡脚稳定性, 形成人工边坡危土体, 又不进行护坡处理, 加之爆破手段的使用, 破坏了坡体的稳定性。常常导致崩塌、滑坡灾害的发生。

3 南塬滑坡的防治对策

南塬崩塌、滑坡地质灾害是由于地质构造、岩性结构、新构造运动、地震、地貌、泾河的侧向侵蚀、大气降水、引渭灌溉及人类的工程活动等诸多因素的综合作用下形成的, 具有典型的区域性特征, 后 2 个因素是该区地质灾害形成最重要的外部诱发条件, 具有可控制性, 其余因素是形成灾害的内因, 若无外因的诱导, 一般可以形成相对稳定的斜坡, 具有难以抗拒的特性。所以在灾害的防治中, 主要是人为诱发因素的控制。

由于治理成本的关系, 灾害防治总体以避让为主, 尤其是大型崩塌、滑坡, 其次改变大水漫灌的传统

灌溉方法, 采用科学的喷灌、滴灌方式, 引水渠道要用水泥衬砌, 以防渗漏, 导致地下水位上升。在塬边要修筑排水渠道, 引多余的地表水从崩塌、滑坡的两侧流出, 防止灌入崩塌、滑坡顶部地裂缝之中, 在滑坡体表面要保障有完整的排水系统^[5]。在塬边的上和下部开辟出 10~20 m 宽的防护(林)带, 坚决杜绝人类的耕种、建筑工程活动, 以防塬边斜坡的稳定性遭受破坏, 另外对崩塌、滑坡壁的后缘所形成的一组近乎平行的张裂隙要进行填堵。对中小型滑坡可根据滑坡的性质分别进行治理, 如因过度切坡所致, 则以减挡为主; 如为牵引式滑坡, 必须对整个边坡进行综合治理。如为崩塌性或推动式滑坡, 以清方减重为主。

[参 考 文 献]

- [1] 陕西地质矿产局. 陕西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 546—556.
- [2] 熊润清, 等. 西安地区区域地壳稳定性评价[J]. 陕西地质, 1992, 10(1): 2—16.
- [3] 雷祥义. 关中黄土塬区人类水利工程活动诱发的地质灾害问题[J]. 陕西地质, 1997, 15(1): 66—71.
- [4] 严钦尚. 地貌学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996. 37—51.