

五陵塬边坡侵蚀地貌发育及其影响因素

杜忠潮, 贺宝园

(咸阳师范学院 关中古代陵寝文化研究中心 旅游与资源环境学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 基于前人研究成果和对陕西省关中平原中部五陵塬边坡侵蚀地貌大量的实地考察,应用遥感卫星图像等信息资料,对五陵塬南、北缘侵蚀沟谷和黄土坍塌的发育状况进行考察和分析。研究表明,五陵塬南缘发育的河流高阶地前坎(高差8~30 m的黄土崖)为窑洞聚落带,受坡面径流作用发育侵蚀沟谷和黄土坍塌;该塬边黄土窑洞带侵蚀沟谷的发育状况表现为东段密度较小,规模较大,西段反之。北缘河流高阶地前坎(高差30~90 m的黄土崖)西段主要发育“群发性”黄土滑塌。东段侵蚀沟谷数量少,长度较大。五陵塬边坡侵蚀地貌的发育,主要受地质构造、地形条件、新构造运动、黄土岩性和结构、大气降水与农田灌溉以及人类活动等因素影响,并会对五陵塬周边人类居住安全、边坡水土流失、塬面文物古迹保护和西咸新区发展建设产生负面影响效应。

关键词: 五陵塬; 侵蚀地貌; 发育; 影响

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0316-07

中图分类号: K903

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.062

Development and Impacts of Eroded Landform on Side Slope of Wuling Tableland

DU Zhong-chao, HE Bao-yuan

(College of Tourism, Resources and Environment, Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

Abstract: Based on previous research results and field investigations of eroded landform on side slope of the Wuling tableland, in the Eastern Guanzhong Plain of Shaanxi Province remote sensing satellite images and other information are applied to analyze the development of eroded gully and loess collapse on the southern and northern edges of the tableland. The development conditions, spatial differences and influence factors for the eroded landform are discussed. Studies show that the river sill(8~30 m high loess cliff) on the southern edge of the tableland is the cave settlement zone, the eroded gully and loess collapse are affected by runoff and the cave zone on the edge with eroded gully presents the development of a small density but large scale on the eastern edge, but vice versa on the western section. On the river sill of the northern margin(30~90 m high loess cliff), the major development of the western part is characterized by massive loess collapsing, but the eastern part has small amount and long eroded valleys. The eroded landform development on side-slope of the Wuling tableland is mainly affected by geological structure, topographical conditions, new tectonic movement, loess lithology and structure, atmospheric precipitation and irrigation, as well as human activities. It has negative effects on inhabitation security, slope erosion, highland heritage conservation and the development and construction of the New Xi'an—Xianyang Developing District. Academia and relevant government departments should pay attention to the treatment and prevention of geological disasters on side-slope of the Wuling tableland.

Keywords: Wuling tableland in the Eastern Guanzhong Plain of Shaanxi Province; eroded landform; development; impact

五陵塬地处陕西省关中平原中部偏北的咸阳塬上,西起兴平市南位乡,东到高陵县马家湾乡,南达渭水北岸,北接泾河谷地,东西长约40 km,南北宽约

13.5 km,总面积517.37 km²,具有特殊的地理位置。五陵塬塬面上周秦汉唐遗址及名胜古迹星罗棋布、绵延百里,一座座崔巍高大,形如覆斗的帝王陵及其陪

收稿日期:2013-06-18

修回日期:2013-07-22

资助项目:陕西省重点学科建设专项资金资助项目“中国史(历史地理学)”(060103);陕西省教育厅科研专项计划项目“关中—天水经济区城镇化水平测度及其协调发展研究”(12JK0478);陕西省教育厅哲学社会科学重点研究基地科学研究计划项目“关中古代陵寝文化保护与旅游开发研究”(13JZ082)

作者简介:杜忠潮(1956—),男(汉族),陕西省咸阳市人,学士,教授,硕士生导师,主要从事区域资源环境与可持续发展研究。E-mail: dzc1109@163.com。

墓葬,被誉为“东方金字塔”群,堪称稀世奇观。五陵塬的考古先后发掘出秦都咸阳宫殿、望夷宫、兰池宫和六国宫殿等建筑遗址,发现了汉代玉奔马、鎏金铜马、皇后玉玺等珍贵文物,表明五陵塬是陕西省乃至全国重要的文物集中分布区。五陵塬区分布有国务院新近批复设立的国家级新区—西咸新区的秦汉新城、空港新城和泾河新城诸组团以及西汉帝陵遗址带和渭河生态景观带。因此,对五陵塬(黄土台塬)边坡地貌发育及其规律的研究,对该地区人类居住安全、文物古迹保护以及西咸新区建设现代生态田园新城皆具有重要的理论意义和实践价值。

本文将五陵塬的南缘和北缘边坡地带作为研究重点,在大量的田野实地勘测与考察的基础上,应用遥感与GIS手段等技术,并通过文献资料的检索,探讨五陵塬边坡侵蚀地貌的发育及其影响效应。

1 研究区概况

对五陵塬、乃至黄土高原边坡侵蚀地貌发育及其规律,诸多领域的专家学者多有研究。如张宗祜^[1]探讨了黄土高原地质地貌的形成、发育、侵蚀过程及其原因。桑广书^[2]分析了秦末以来渭河河道北移和咸阳塬(南缘)边坡的地貌变化。黄玉华等^[3]结合野外调查,应用模糊信息优化方法对泾阳南塬塬边各斜坡单元进行稳定性评价,并将塬边斜坡划分为次稳定、不稳定和极不稳定区3类。许领等^[4]结合野外调查,将整个泾阳南塬黄土滑坡划分为黄土流滑、滑动和崩塌3类,指出其演化的重要因素及内在动力机制。范立民等^[5]分析了泾河南塬边坡滑坡的形成条件、发育特征、影响因素,提出了滑坡的防治措施。桑广书等^[6-7]分析了泾阳南塬滑坡的成因,指出临界平衡边坡和不稳定边坡占80.8%,主要分布在西段和中段;滑坡发生的概率为:多水年>平水年>少水年,年内夏雨集中的7月和秋雨集中的9月是滑坡易发多发月份。冬季农田灌溉引发的滑坡占68.8%。王德耀等^[8]指出活动构造、地震、地貌、地层岩性、河流侵蚀是该区滑坡形成的基础,人类过度扰动及灌溉是其诱因,提出应以避让为主,局部兼以工程治理的预防措施和建议。勒泽先等^[9]基于对黄土滑坡的大量区域性考察,揭示出黄土滑坡的群发性特征。秦建明等^[10]指出滑坡可导致区域文物轻则建筑倾斜倒塌、遗址被切断并扭曲扰乱,重则建筑彻底毁灭或埋没、消失于土中水下。雷祥义^[11]分析了泾阳南塬的地质地貌环境特征,以及黄土滑坡形成的过程和机制,提出了防治措施。何小林等^[12]认为泾阳南塬边坡应采用工程类、植物类和综合性防护措施。王文胜^[13]的

泾阳南塬边坡稳定性理正模拟分析表明,泾阳南塬黄土滑坡的形成是地表水和地下水共同作用的结果。

综上所述,对五陵塬边坡侵蚀地貌的发育及其影响研究主要集中在泾河南岸的滑坡、崩塌等重力灾害地貌,及其形成的自然和人为原因。在边坡防护与防止土壤侵蚀方面各有见解。而对于五陵塬南缘边坡侵蚀沟谷及渭河北移等因素的影响研究尚不多见。

2 五陵塬的地貌结构

在地质构造单元上,五陵塬所属的关中断陷盆地,南依秦岭,北连黄土高原,为一西狭东阔的新生代断陷盆地,渭河横贯其中。盆地两侧地形向渭河倾斜,由洪积倾斜平原、黄土台塬、冲积平原组成,呈阶梯状地貌景观。

在黄土高原地貌分区中,五陵塬处于第Ⅱ大区内地貌分区中的Ⅱ₃地貌小区,即渭河北岸的黄土台塬与河流冲积平原(包括河漫滩、河流阶地等)。该类黄土台塬是在下更新世湖盆基础上形成的,黄土厚度 ≥ 100 m,塬面高程540~880 m,高出冲积平原40~170 m,分布于渭河北岸及西安、渭南、潼关等地^[1]。塬面上有洼地,塬周斜坡陡峭,冲沟发育。当斜坡下部有隔水的软弱土(岩)出露时,斜坡稳定性差,容易发育滑坡、塌岸等重力地貌和侵蚀沟谷。

3 五陵塬边坡侵蚀地貌发育

3.1 五陵塬南缘边坡的地貌发育

五陵塬南缘地貌类型包括河漫滩(T_0),Ⅰ级阶地(T_1),Ⅱ级阶地(T_2),Ⅲ级阶地(T_3)和黄土台塬(T),地势呈阶梯状自渭河河床向北侧抬升。该段渭河河道宽浅,河漫滩(T_0)沿渭河断续分布,宽度可达2~6 km,高出河床1~3 m,南岸更为宽广。受两岸河堤约束,除前缘受洪水威胁外,绝大部分已不再受洪水淹没,目前高河漫滩多为农业用地、或开发为渭河生态景观绿地。Ⅰ级阶地受渭河北移影响宽度较小,在渭河北岸窑店附近宽度2 km左右。阶地前缘有高1~1.5 m阶坎,阶地高出河床7~9 m,组成物质为全新统早中期冲积物,以中细沙、中粗沙为主,夹薄层黏土、亚黏土。Ⅰ级阶地最终形成于春秋时期(公元前770—476年)。Ⅱ级阶地(T_2)成条带状分布于渭河北岸,海拔400~410 m,高出Ⅰ级阶地20~30 m。阶地前缘有高15~20 m的陡坎。阶地面宽度650~800 m,向渭河倾斜。Ⅱ级阶地上部为上更新统马兰黄土,下部为中下更新统中细沙夹粉质黏土的中下更新统冲积层,形成于晚更新世末。Ⅲ级阶地分布在Ⅱ级阶地西段以北的长条楔形带上,海拔420~440 m,高出渭河河床30~40 m,阶地前缘为高

差 8~30 m 的陡坎,界线平直,多民居(窑洞)或短冲沟。Ⅲ级阶地形成于中更新世末至晚更新世初。黄土台塬(T)海拔 433~527 m,上覆黄土状砂质黏土含钙质结核,具垂直节理夹 7~8 层古土壤,厚约 80~100 m;下伏河湖相亚黏土、亚砂土、中粗砂及砾石等。塬面宽阔坦缓,向东、向南倾斜,塬面上分布着一系列帝王陵墓。

3.1.1 五陵塬南缘边坡的侵蚀沟谷 五陵塬南侧地形呈阶梯状,塬面径流向渭河流经“一道塬”(高阶地面)前缘陡坎时切开陡坎形成切沟,并发育为规模较大的冲沟。据实地考察,从咸阳市渭城区塔尔坡到泾渭交汇的高陵县米家崖的塬边有长度规模不一的切沟数 10 条,其中长度 200 m 以上的冲沟 23 条,并以渭河发电厂东的任家沟最长达 1 100 m,窑店以西的毛王沟长达 700 m。切(冲)沟形态多为巷形,状如“胡同”,两壁近于直立,底部宽平。两壁多被用来挖掘窑洞,多数大型冲沟形成自然村落。这些切(冲)沟既是塬面径流的通道,也是五陵塬上下交通的通道。冲沟沟头与塬面之间有 2.0~3.7 m 高的陡坎,目前各沟头都栽植有刺槐等树木^[2]。

3.1.2 五陵塬南缘边坡的黄土塌陷 五陵塬南侧“一道塬”前缘黄土崖属于渭河高阶地前坎(高差 8~30 m),该阶地前坎西段自兴平市北郊、沿珠泉路、咸阳城区毕原路北侧至渭阳街道办事处塔尔坡村,东段自塔尔坡延伸至泾渭之交的高陵县米家崖,东西延伸约 50 km。该黄土崖地带是一个居住人口较为密集的黄土窑洞村镇带。该地带居民依靠黄土崖挖掘窑洞居住是世代承袭的生活方式,人们斩齐塬边陡坎,在土层内开掘窑洞,并在塬的边坡上开掘出平台作为院落。由于黄土层结构疏松、竖直节理发育,具有显著的湿陷性。在窑洞使用过程中,遇暴雨或连阴雨天

气等自然因素,会使窑面崩塌难以再使用时,则削去原有窑洞,使塬面边坡后退,形成新的直立陡崖,籍此再挖掘新窑洞。长此往复,导致“一道塬”边坡不断后退。这种自然和人为综合作用下的地貌变化是五陵塬南缘边坡演变的重要形式^[2]。

自 20 世纪 60 年代以来,随着五陵塬“二道塬”(黄土台塬)边缘渭惠高干渠的建成使用,“头道塬(河流高阶地)”塬面的农田实现自流灌溉。沿高干渠修筑的南北向二级斗渠及其分支渠道,形成“蛛网式”灌溉系统覆盖塬面。这些渠道的尾间多消失隐没于塬面前坎黄土窑洞带为界(陡崖)的农田。农田灌溉水的渗漏,加之黄土层自身的湿陷性,导致该窑洞密集带许多住户的窑洞顶部或窑面发生坍塌,给居民的生命、财产安全造成损失和威胁。据在调查中对塔尔坡、后沟村等的粗略统计,发生窑洞坍塌户约占总户数的 5% 左右,而且这种现象在该窑洞带的东段较西段为严重,在时间上是 20 世纪 70 年代以后较之前发生的概率明显增加。

3.2 五陵塬北缘(泾河南岸)边坡地貌发育

五陵塬北缘(泾河南岸)台塬边坡地带大致以泾阳县高庄镇大堡子村为界分为东段和西段,西段自高庄镇大堡子村—太平镇临泾村 18.10 km 范围内,是为滑坡、崩塌发育带;东段自高庄镇大堡子村—西黄高速 9.30 km 范围内,台塬边坡发育数条较长的侵蚀沟谷,黄土滑坡、崩塌较为少见。

3.2.1 西段边坡的黄土滑坡 泾河南岸西段边坡滑坡、崩塌等重力地貌较为发育,成为水土流失的主要方式。这里塬面平坦、开阔,海拔 410~490 m,是引渭灌溉的主要灌区。塬边以陡坡与河漫滩或Ⅰ级阶地相接,相对高差 30~90 m,坡度为 45°~80°。该地段边坡发育的主要重力地貌类型如图 1 所示^[4]。

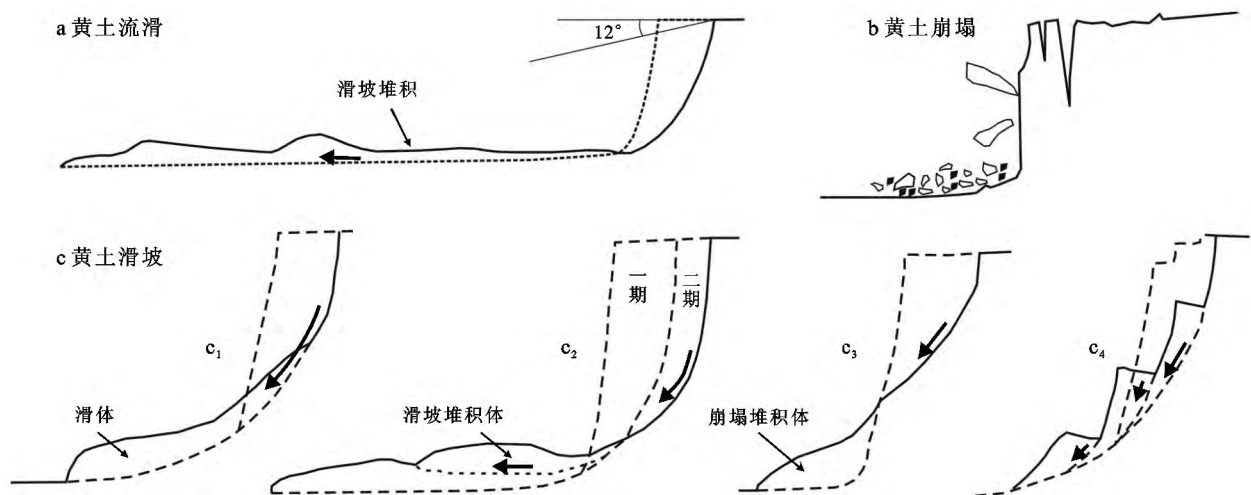


图 1 五陵塬南缘边坡黄土滑坡类型

(1) 流滑型滑坡(图 1a)。该类型占研究区滑坡总数 42%。流滑型黄土滑坡剪出较低,多位于地下水抬升造成的塬边黄土饱水带,其发生机制当与底部的饱和黄土液化有关。

(2) 崩塌(塌岸)。黄土崩塌主要由黄土层垂直节理或者裂缝发展形成(图 1b)。该区内大部分是小型崩塌,规模不大、危害也小。

(3) 滑动型滑坡(图 1c)。此类滑坡的剪出口一般都很高,在不饱和的黄土层内,是农田的灌溉等地表水渗入形成非饱和黄土基质抗剪强度降低所致。

3.2.2 东段边坡的侵蚀沟谷 泾河南塬东段自高庄镇大堡子村—西黄高速 9.30 km 范围内,因河床横向北移,距离台塬边坡陡崖较远,黄土滑坡和崩塌极少发育,却发育出若干条较长的侵蚀沟谷。如泾阳县高庄镇小堡子村—阜下村切沟长 1 100 m,芋子沟村—费家崖村切沟长 2 700 m,上狼家沟—联家沟村切沟长 1 800 m。

4 五陵塬边坡地貌发育的空间差异

整体来看,五陵塬是介于泾河河谷南岸与渭河河谷北岸的大三角地带。该区黄土台塬面较为平坦,地势呈西北高,东南低的缓倾斜状。五陵塬北侧的泾河河谷南岸在西起太平镇临泾村,东至高庄镇聂冯村约 27.1 km 范围内形成滑坡、崩塌带,侵蚀沟谷的发育较为少见;而在该河段的下游段,出现较大规模的侵蚀沟谷。例如泾阳县高庄镇上狼家沟—联家沟切沟等。五陵塬南侧的渭河河谷北岸发育的Ⅲ级河流阶地基本为连续分布,加之河床与高阶地前缘陡坎距离较远。从而其边坡主要发育侵蚀沟谷和黄土塌陷地貌,滑坡则极少发生。

4.1 五陵塬南缘边坡地貌的空间差异

五陵塬南缘“头道塬”(渭河高阶地)前缘陡坎(高差达 30 m),是居住人口密集分布的黄土窑洞带。根据河流阶地与该黄土窑洞带的空间关系,大致以渭城区窑店街道办事处黄家沟村(Ⅱ级阶地前坎凸显处)为界,分为西段(咸阳市秦都区马泉街道办事处茂陵工业园区西界—渭城区窑店街道办事处黄家沟村,约 24.8 km)和东段(渭城区窑店街道办事处黄家沟村—高陵县马家湾镇“泾渭之交”,约 25.2 km)。

西段以渭河Ⅲ级阶地前坎(高差 8~30 m)形成黄土窑洞带。该段渭河阶地面宽度介于 1.0~3.1 km(城区段最宽)、边坡发育长度 100 m 以上的切沟 38 条,200 m 以上的切沟 22 条,其中渭城街道办乔家沟西沟

最长(558 m),渭阳街道办西耳村切沟最短(109 m)。切沟发育规模自西向东递增,如长度 300 m 以上的切沟城区东部发育 6 条,城区西部仅有 1 条(表 1)。此外,黄土塌陷主要发生在城区以东的黄土窑洞带。

表 1 五陵塬南缘西段阶地前坎侵蚀沟谷测算统计

村名	位置	沟长/m	村名	位置	沟长/m
马泉村西	西部	110	山岔沟西	东部	245
马泉村东	西部	135	山岔沟中	东部	172
赵家村	西部	174	山岔沟东	东部	127
查田村	西部	263	乔家沟西	东部	558
安家村	西部	211	乔家沟东	东部	283
大泉村	西部	207	石家台西	东部	176
魏家泉村	西部	240	石家台东	东部	223
永安堡	西部	259	石何杨村	东部	126
马家堡	城区	216	摆旗寨西	东部	385
郭园子	城区	341	摆旗寨中	东部	226
双泉村西	城区	224	摆旗寨东	东部	413
双泉村东	城区	189	司家沟	东部	372
塔尔坡	城区	122	渭城湾西	东部	243
西耳村	城区	109	渭城湾东	东部	184
东耳村	城区	193	冶家台西	东部	131
尹王村	城区	278	冶家台东	东部	125
龚家湾村	东部	263	解家沟西	东部	309
冉王村西	东部	172	解家沟东	东部	343
冉王村东	东部	132	黄家沟	东部	213

东段(渭城区窑店街道办事处黄家沟村—高陵县马家湾镇“泾渭之交”,约 25.2 km)以渭河Ⅱ级阶地前坎(高差 15~20 m)形成黄土窑洞带,其后缘与黄土台塬连接,但塬边陡坡不如西段显著。该段渭河Ⅱ级阶地面宽度较大,介于 1.2~2.3 km(柏家嘴村以东,因台塬面收缩而变窄)。加之阶地后缘斜坡较为陡峭,径流冲刷和侵蚀作用较强,故该段阶地前坎窑洞带侵蚀沟谷发育较为密集,且规模较大。据实地考察和卫星地图量算,在窑店街道办事处黄家沟—高陵县张家湾村 16.9 km 范围内(渭河Ⅱ级阶地前坎愈接近泾渭之交渐低,故西黄高速切坡向东几乎无较大的切沟发育)发育切沟 20 条,100~200 m 的切沟 3 条,长度 200~400 m 的切沟 5 条,400 m 以上的切沟 12 条。其中最长的任家沟村切沟 1 100 m,最短的柏刘村切沟 174 m(表 2)。

显然,该塬边黄土窑洞带侵蚀沟谷的发育呈现东段密度较小,规模较大;西段反之。据调查,该段窑洞带近数 10 a 来发生坍塌的现象较多。

表 2 五陵塬南缘东段阶地前坎侵蚀沟谷测算统计

村名	序号	沟长/m	村名	序号	沟长/m
西毛村	1	657	前排村	11	531
沙道村	2	466	后排村	12	210
陈家沟	3	340	左排村	13	287
毛王沟	4	859	许赵村	14	523
胡家沟	5	573	杨家湾	15	217
聂家沟	6	544	柏刘村	16	174
牛羊村	7	530	任家沟	17	1 100
刘家沟	8	489	后沟	18	283
三家沟	9	667	马家台	19	175
三义村	10	501	张家湾	20	185

4.2 五陵塬北缘边坡地貌的空间差异

五陵塬北缘边坡大致以泾阳县高庄镇大堡子村为界分为东段和西段,西段自高庄镇大堡子村—太平镇临泾村 18.10 km 范围内,河流高阶地前坎直接同泾河高河漫滩或 I 级阶地、甚至河床相连接,形成高差 30~90 m 的黄土崖,加之地表径流的侵蚀作用,发育了寨头村、蒋刘村等处“群发性”滑坡、崩塌带,侵蚀沟谷的发育较为少见;东段自高庄镇大堡子村—西黄高速 9.30 km 范围内,因泾河河床横向移动、距离台塬边坡陡崖 1.3~3.2 km,黄土滑坡和崩塌极少发育,却发育出若干条较长的侵蚀沟谷,如泾阳县高庄镇小堡子村—阜下村切沟长 1 100 m,芋子沟村—费家崖村切沟长 2 700 m,上狼家沟—联家沟村切沟长 1 800 m 等。

5 五陵塬边坡侵蚀地貌发育的影响因素

5.1 地形地质条件

(1) 地质构造因素。全新世以来,受五陵塬北缘泾河隐伏断裂活动的影响,其南部隆起并沉积了第四系黄土,形成了黄土台塬(五陵塬)地貌,其塬边陡崖高差可达 30~90 m,加之泾河不断向南侵蚀摆动,部分地段塬边陡坎(黄土崖)直接与泾河漫滩相接,使斜坡带临空面积较大,坡体易失稳、变形,为黄土层滑塌提供了有利条件^[5]。总体来看,东段高庄镇大堡子村以东—西黄高速一线,塬面高差相对较小,河床远离台塬边坡,侵蚀沟谷较发育,其长度可达 1 000 m 以上;西段(高庄镇大堡子村—太平镇临泾村)塬面高差大,坡度大,为大中型滑坡、崩塌发育带。

五陵塬南缘渭河隐伏断层的掀升作用,使其边坡陡坎高差可达 30 m 以上,形成渭河高阶地前坎密集的窑洞带。由于渭河河床相对远离台塬边坡,其边坡地貌发育以侵蚀沟谷为主,伴有黄土塌陷的发生。

(2) 河流阶地。在五陵塬南北两侧,渭河河谷北

岸与泾河河谷南岸皆发育有 III 级河流阶地,而且河流高阶地与台塬前坎都形成高差达 30 m 以上的陡崖(其中泾河南岸的陡崖高差在 30~90 m),这是形成五陵塬边坡侵蚀沟谷与黄土塌陷发育的地形条件。此外,河流阶地地面的宽度及其后缘阶坡坡度,决定其前坎窑洞带侵蚀沟谷的规模和密集程度;如果河流的河漫滩或者河床直接同塬边陡坎(崖)相连接,则会形成滑坡与崩塌,如泾河南岸西段发育的滑坡、崩塌带。

5.2 黄土岩性

五陵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,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、滑坡,以及黄土塌陷^[3]。此外,五陵塬南缘边坡侵蚀沟谷的发育,也与黄土层结构疏松、抗冲刷侵蚀能力较弱密切相关。

5.3 大气降水与农田灌溉

黄土高原地区引起土壤侵蚀的降雨主要是短历时(1~4 h),中雨量(20~50 mm)和高强度(平均强度 5~20 mm/h 和 5 min 最大雨量超过 7.0 mm)的暴雨^[14]。研究表明,泾阳南塬地区降雨量较大、频次高的年份,黄土滑坡、崩塌等地质灾害发生频率明显高于正常年份。如 1983 和 1984 年泾阳南塬地区的降雨量分别为 801.6 和 666.6 mm,较 1956—1979 年 24 a 的年均降雨量 545.6 mm 分别增加了 256.0 和 121.0 mm。这 2 a 该地段发生了高庄镇蒋刘村大滑坡,滑坡体体积达 $1.20 \times 10^6 \text{ m}^3$,且滑动速度极其迅猛,造成 20 人死亡、20 人重伤的惨剧^[5]。此外,农田灌溉也是引起黄土滑坡、崩塌和黄土塌陷不可忽视的因素^[11]。如 20 世纪 70 年代以来,五陵塬南缘边坡窑洞带发生坍塌、甚至高阶地面上的建筑物出现地基下陷和裂缝,泾河南岸泾阳县高庄镇聂冯村—太平镇临泾村一带先后发生 28 次滑坡、崩塌,与五陵塬地区大面积的农田灌溉不无关系。

5.4 新构造运动

五陵塬新构造运动较为强烈,以继承性活动影响地貌形态。据陕西省地震局黄家地震台观测,五陵塬北部山区近多年呈缓慢上升趋势,年升幅约 1.2 mm/a^[5]。这种新构造运动引起地壳的相对升降运动,控

制着河流侵蚀及横向移动,近而影响塬边重力地貌发育。

5.5 人类活动

五陵塬塬边及其周围人口密度较大,农业开垦历史悠久,人类活动频繁。当地群众开挖坡体或坡脚,掘窑而居,许多村落居民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。又如在坡脚处选址建住宅、开辟农田和开挖坡脚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。考察和研究发现,泾河南岸塬边坡脚处的农民常常平整老滑坡舌和鼓丘,进行农田耕作或栽种经济林,或在泾河南塬斜坡带修筑公路,大量开挖坡体,破坏坡脚稳定性,形成人工边坡病危土体,甚至使用爆破手段开挖土体,破坏了坡体的稳定性,常常导致崩塌、滑坡灾害的连续发生^[8]。

6 五陵塬边坡侵蚀地貌的影响

五陵塬塬面上文物古迹荟萃,有古遗址、古墓葬、古建筑和石刻等文物保护单位47处(含国家级12处,省级5处,县级30处)和文物保护点331处^[15]。五陵塬南缘东西延亘50 km的河流高阶地前坎的黄土崖,千百年来形成居民密集聚居的黄土窑洞带。五陵塬北缘(泾河南塬)台塬边坡带与河流高阶地面村落分布密集,可见古墓葬、古建筑(望夷宫)等文物古迹。此外,五陵塬囊括了西咸新区的泾河新城、空港新城、秦汉新城和渭河生态景观带(西安大都市渭河核心区带),以及渭北帝陵风光带和周秦汉都城文化带。因此,五陵塬边坡侵蚀地貌发育的影响效应将是多方面的。

6.1 对人类居住安全的威胁

五陵塬北缘的泾河南塬塬边,滑坡等重力侵蚀是其地貌演变与土壤侵蚀的主要方式。自20世纪70年代以来先后发生大小滑坡28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140 hm²,房屋100余间,窑洞近200孔,大小牲畜100头,直接经济损失约 3.00×10^6 多元^[2]。由于该地带人类工程活动密集,造成滑坡、崩塌频繁发生,既阻碍当地经济的发展,也对人民群众的生命财产构成严重威胁。如泾阳县太平镇寨头村(1983年8月24日)和高庄镇大堡子村(1984年12月2日)两次大型黄土滑坡,后者滑坡体积达 $1.06 \times 10^6 \text{ m}^3$,造成20人丧生,20人受伤,毁房(窑)864间(孔),毁地17.07 hm²,直接经济损失近百万元^[5]。此外,五陵塬南缘黄土窑洞带陡崖时常发生的塌陷,直接威胁当地居民的居住安全,并造

成财产损失。

6.2 地貌发育对土壤侵蚀和水土流失

历史时期五陵塬南缘边坡地貌的发育演化,主要是侵蚀沟谷与黄土崩塌等形式。例如咸阳市渭城区窑店街道办附近的聂家沟村—刘家沟村一带,自秦末以来沟谷溯源侵蚀速度在0.12~3.52 m/a,其中20世纪以前,沟谷发展速度为0.12~0.24 m/a;20世纪以来,沟谷发展速度增至0.37~3.52 m/a,沟谷发展明显加快。沟谷发展导致土壤侵蚀。20世纪以前沟谷年均土壤侵蚀量在102.68~529.12 t/a,20世纪以来增至980.29~2 125.89 t/a,该时段土壤侵蚀增加明显^[7]。另外,河流高阶地前缘黄土窑洞带陡崖在人为和自然作用下崩塌、导致塬边后退所致的土壤侵蚀也不容忽视。如2012年在渭城区正阳街道办后沟村的考察和调查了解到,该村侵蚀沟谷纵向长度283 m,当地居民指认的清代回族堡寨遗存,距离现在沟源170 m。据《咸阳县志》(道光十六年增刻本)记载,渭城司家沟到新冯村之间(回村)堡寨有29个。照此推算后沟发展速度为0.909 m/a。显然,关中地区7—10月的暴雨、连阴雨天气,尤其是20世纪60年代以来,农田灌溉和村民拓建住宅等因素,致使塬边陡崖崩塌后退的速度相当惊人,调查时仍能观察到沟头径流侵蚀和崩塌的迹象。

6.3 对文物古迹保护的影响

五陵塬边坡滑坡、崩塌等重力侵蚀与侵蚀沟谷发育,对塬边地带的文物古迹形成严重的,甚至毁灭性破坏。如位于泾阳县高庄镇五福村和二杨庄之间塬边的秦望夷宫遗址,其北部基址因泾河河床南移侵蚀形成的崩塌(塌岸)而毁掉,现仅存东西长98 m,南北宽34 m,残存夯基厚3.20 m^[15]。据实地考察和研究,秦咸阳城遗址区(渭城区塔尔坡村—柏家嘴村)范围内100 m以上的切(冲)沟有34条,其中1 km以上的切(冲)沟有9条,这些侵蚀沟谷发育对台塬造成侵蚀。其中秦咸阳1号宫殿遗址被牛羊村切沟冲断,在沟壁上裸露着排水管道和夯土层,咸阳宫东墙已位于西沟沟内^[2]。刘家沟村沟壁上多处秦代灰坑裸露;黄家沟、苏家沟沟壁有汉墓冲出。秦咸阳1号与4号宫殿遗址之间的群众生活用土使古建筑遗址严重破坏,1号宫建筑遗址东部面临向牛羊村沟坍塌的危险;聂家沟秦咸阳作坊区遗址大部分被吞食;黄家沟高干渠南的台塬壁上战国墓葬裸露;石何杨村取土场的秦咸阳兰池引水渠遗址被吞食。此外,考察中发现狼家沟村沟谷源头距离汉高祖长陵封土丘只有600~700 m。

6.4 对西咸新区建设的影响

据《西咸新区总体规划》,西咸新区由泾河新城、

空港新城、秦汉新城、沔西新城、沔东新城和渭河生态景观带(西安大都市渭河核心区带),以及五陵塬帝陵大遗址带和周秦汉都城遗址带构成“一河两带五组团”的空间结构。五陵塬囊括了泾河新城、空港新城、秦汉新城 3 个组团,以及渭北帝陵风光带和秦汉历史文化带等功能区。其中秦汉新城占地 302 km²,是西咸新区占地面积最大的板块,居于西咸新区五成之心,蕴含着厚重的秦汉历史文化资源,如秦帝国都城、秦咸阳宫以及汉代帝陵群等。

五陵塬北缘东段的侵蚀沟谷,会对泾河新城西南的物流仓储区形成影响,其西段滑坡、崩塌及侵蚀沟谷势必影响空港新城的发展建设及塬面交通状况(如台塬边坡切沟溯源侵蚀对 208 省道的蚕食)。五陵塬南缘边坡陡坎既是黄土窑洞密集带,也是侵蚀沟谷发育带。该陡坎东西向横贯秦汉新城,其边坡侵蚀沟谷和黄土塌陷等地貌发育的破坏和影响作用不容忽视。就西咸新区、尤其是秦汉新城建设具有世界影响的秦汉历史文化聚集展示区和西安国际化大都市生态田园示范新城的目标,以及发展秦汉历史文化旅游特色产业而言,对五陵塬边坡地质灾害的治理和预防应该引起学术界和相关政府部门的重视。

致谢:承蒙咸阳师范学院梁安和、李虎、雷依群、车自力、郭力宇、封建民、张波等学者参加野外考察和绘制图件,在此表示衷心感谢!

[参 考 文 献]

- [1] 张宗祜. 我国黄土高原区域地质地貌特征及现代侵蚀作用[J]. 地质学报, 1981, 55(4): 308-320.
- [2] 桑广书. 秦末以来秦都咸阳地貌演变[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 710-716.
- [3] 黄玉华, 雷祥义. 模糊信息优化处理方法在陕西泾阳南塬塬边斜坡稳定性区划中的应用[J]. 灾害学, 2005, 20(4): 47-50.
- [4] 许领, 戴福初, 阎弘, 等. 泾阳南塬黄土滑坡类型与发育特征[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2010, 35(1): 155-160.
- [5] 范立民, 岳明, 冉广庆. 泾河南岸崩岸型滑坡发育规律[J]. 中国煤田地质, 2004, 16(5): 33-35.
- [6] 桑广书, 冯利华, 商丽. 泾河下游南岸台塬边坡稳定性与滑坡诱因分析[J]. 水土保持学报, 2007, 21(5): 187-191.
- [7] 桑广书. 黄土高原历史时期地貌与土壤侵蚀演变研究[D]. 陕西 西安: 陕西师范大学, 2003.
- [8] 王德耀, 杜忠潮, 张满社. 陕西省泾阳南塬崩塌、滑坡地质灾害及成因分析[J]. 水土保持通报, 2004, 24(4): 34-37.
- [9] 勒泽先, 韩庆宪. 黄土高原滑坡分布的“群体性”[C]// 1987 年全国滑坡学术讨论会滑坡论文选集. 1989: 123-128.
- [10] 秦建明, 梁小青. 黄土滑坡地貌与文物保护[C]// 中国文物保护技术协会第二届学术年会论文集. 2002: 258-261.
- [11] 雷祥义. 陕西泾阳南塬黄土滑坡灾害与引水灌溉的关系[J]. 工程地质学报, 1995, 3(1): 56-64.
- [12] 何小林, 雷鸣, 何刚雁. 边坡防护技术的研究现状与发展趋势[J]. 科技资讯, 2012(13): 57-58.
- [13] 王文胜. 泾阳南塬边坡稳定性理正模拟分析[J]. 地下水, 2012, 34(2): 208-209.
- [14] 王万忠, 焦菊英, 郝小品. 黄土高原暴雨空间分布的不均匀性及点面关系[J]. 水科学进展, 1999, 10(2): 165-169.
- [15] 咸阳市文物事业管理局. 咸阳市文物志[M]. 西安: 三秦出版社, 2008.
- [16] 李崇巍, 刘丽娟, 孙鹏森, 等. 岷江上游植被格局与环境关系的研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 404-409.
- [17] 郭砾, 夏北成, 刘蔚秋. 地形因子对森林景观格局多尺度效应分析[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 900-904.
- [18] 宋萍, 齐伟, 徐柏琪, 等. 胶东山区景观格局与环境因子关系研究[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(3): 386-392.
- [19] 岳跃明, 王克林, 张伟, 等. 基于典范对应分析的喀斯特峰丛洼地土壤—环境关系研究[J]. 环境科学, 2008, 29(5): 1400-1405.
- [20] 余敏, 周志勇, 康峰峰, 等. 山西灵空山小蛇沟林下草本层植物群落梯度分析及环境解释[J]. 植物生态学报, 2013, 37(5): 373-383.
- [21] 姜安如. 天山中段山地植被的生态梯度分析及环境解释[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 364-372.
- [22] White P S, Jentsch A. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics [J]. Progress in Botany, 2001, 62: 399-450.
- [23] Svenning J C, Harlev D, Srensen M M, et al. Topographic and spatial controls of palm species distributions in a montane rain forest, Southern Ecuador[J]. Biodiversity and Conservation, 2009, 18(1): 219-228.

(上接第 294 页)