

陕西省特大型滑坡空间分布规律与类型划分

王佳运^{1,2}, 张成航^{1,2}, 高波^{1,2}, 冯卫^{1,2}

(1. 国土资源部黄土地质灾害重点实验室, 西安 710054; 2. 中国地质调查局西安地质调查中心, 西安 710054)

摘要:特大型滑坡空间分布规律及其类型划分是研究其形成机理、致灾模式与风险减缓对策的重要基础。通过遥感解译、野外调查与解剖勘察等手段,查明陕西省特大型滑坡空间上具有明显的分布规律:在地貌上主要分布于关中盆地黄土塬边44处,其次是黄土梁峁、丘陵区22处,秦岭北坡6处,汉中盆地中低山区6处;在构造单元上分布于包括秦岭北坡断裂带在内的关中断陷盆地72处,汉中断陷盆地6处;在斜坡结构类型上,主要分布于黄土+泥岩型斜坡41处,其次为黄土+基岩型斜坡11处、黄土+红黏土型斜坡9处。特大型滑坡在空间分布上受活动断裂、地貌单元与斜坡结构类型的控制,不同区域发育特大型滑坡类型不同,特大型滑坡类型划分为宝鸡黄土塬边黄土—泥岩顺层型、灞桥白鹿塬边黄土—红黏土逆层型、蓝田横岭地区黄土—红黏土接触面型、关中盆地渭北地区黄土—基岩接触面型、陇县北部及韩城黄土梁峁区岩土混合型以及秦岭北坡与陕南“勉略宁”地区的堆积层型、顺向或块状岩质型滑坡等。

关键词:特大型滑坡; 空间分布规律; 斜坡结构类型; 类型划分

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)02-0359-06

Spatial Distribution and Type Classification of Super Large Landslides in Shaanxi Province

WANG Jiayun^{1,2}, ZHANG Chenghang^{1,2}, GAO Bo^{1,2}, FENG Wei^{1,2}

(1. Key Laboratory for Geo-hazards in Loess area, MLR, Xi'an 710054, China;

2. Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xian 710054, China)

Abstract: The spatial distribution and type classification of super large landslides can provide the basis for research on the formation mechanism, disaster-causing mode and risk mitigation strategy of super large landslides in Shaanxi Province. For seeking the spatial distribution regular and reasonable type classification of super large landslides in Shaanxi province, the statistics and analysis for the number and distribution according to physiognomy, tectonic unit and structure type of slopes were made based on remote sensing interpretation, field survey and investigation. The statistics result indicates that according to the physiognomy, 44 super large landslides are along the margin of loess tablelands, 22 ones lie in the loess hill ridge areas, 6 ones are locate in the north of Qinling Mountains, and 6 ones scatter in the mountain areas with middle and low heights in the west of Hanzhong sinking basin; on the basis of the tectonic units, 72 ones lie in the Guanzhong sinking basin including the northern Qinling fault belt, where the active faults develop, and 6 ones are in the Hanzhong sinking basin; in the light of the structure types of slopes, 41 ones develop in the slopes with structure of loess-mudstone, as well as 11 ones in the slopes with structure of loess-bedrock and 9 ones in the slopes with structure of loess-red clay. It proves that the spatial distribution regular of super large landslides in Shaanxi Province was controlled by the active faults, physiognomy and the structure types of slopes; and that the types of super large landslides are different with distribution areas, so the types of super large landslides in Shaanxi were classified into six ones, including bedding landslide with loess-mudstone along the margin of Baoji loess tableland, inversion layer landslide with loess-red clay along the margin of Bailuyuan loess tableland in Baqiao, and interface landslide with loess-red clay.

Keywords: super-large landslide; spatial distribution regular; slope structure type; type classification

根据滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1:50 000),特大型滑坡是指规模在1 000万 m^3 以上的滑坡。滑坡生成的基本条件主要包括地形地貌、地层岩性、地质构造、坡体结构以及水文地质条件等,诱发因素主要包括雨水入渗、坡体开挖及切坡、河流侧蚀以及地震等^[1]。陕西省地跨黄土高原、关中盆地与秦巴山区三大地貌单元,地质环境条件复杂,活动断裂发育,岩土体类型多样,气候分带性明显,且降雨集中,特大型滑坡比较发育^[2]。特大型滑坡规模巨大,危害程度高,对居民住宅区、学校、厂矿企业、铁路、公路等重要基础设施与人员构成严重威胁。特大型滑坡的发育与频繁的复活造成了巨大的人员伤亡与财产损失。例如,1955年8月降雨诱发宝鸡卧龙山老滑坡复活,2 800余万立方米的滑坡将铁路向南推移约230 m,造成陇海线中断数日;1971年5月局部再次复活滑动,导致28人死亡^[3];铜川市川口古老滑坡体于1971年开始出现变形,后期多次出现复活滑动迹象,1982年发生整体复活滑动,滑体方量约1 000万 m^3 ,滑体上大部分建筑物遭到严重破坏,包括7幢住宅楼被毁,并造成4名师生遇难,15名学生受伤^[4]。

宝鸡黄土塬边古老滑坡连续密集发育,且特大型滑坡发育。宝鸡—常兴段四、三级阶地完整存在即四、二级阶地直接接触的区段内,四级阶地前缘没有滑坡产生,三级阶地缺失的四级阶地前缘几乎都有滑坡分布^[5]。胡广韬^[6]提出了宝鸡—常兴黄土塬边滑坡原因与因素的历史转化性,在塬边的自然地形地质条件下,降水下渗浸润、河水侵蚀等营力因素的作用引发了滑坡。李滨等人^[7]认为宝鸡渭河北岸滑坡主要诱发因素为新构造运动、河流的侧蚀、地层结构、灌溉以及季节性冻融作用,其中地下水的作用是最主要诱发因素。辛鹏等人^[8]从特大型滑坡发育的斜坡结构方面提出了宝鸡渭河北岸三门组砂砾石层与黏土滑动带的变形破坏是滑坡形成的主要原因。白鹿塬边滑坡频发、分布密集、规模大且特大型滑坡发育,危害严重,前人对其分布规律与形成因素进行了分析、研究,认为老滑坡集中产生于全新世早期,新滑坡形成于全新世晚期,其形成因素主要是新构造抬升运动、岩土结构、降水入渗侵蚀、河流侵蚀及人类工程活动等多重因素^[9]。刘传正^[10]等通过对狄家坡滑坡的影响因素分析,认为断陷活动和渭河的强烈下切侵蚀作用是滑坡形成的主要动力。王泰书等^[4]认为地下水是川口滑坡形成的重要诱发因素。杨梅忠等^[11]对韩城电厂滑坡的成因分析认为,地下水与地表水运移是滑坡运动的条件,地下煤层开采和工程削坡是滑坡的诱发因素。以上大量的研究工作主要基于工程建设和防治滑坡的需要,针对部分

特大型滑坡发育区段与特大型滑坡点进行了分布规律或形成因素的分析、研究,但尚未有人以陕西省作为研究区,对特大型滑坡分布规律与形成因素进行整体分析与研究。本文拟在对陕西省特大型滑坡调查的基础上,从地貌、构造、斜坡结构等方面分析陕西省特大型滑坡的分布规律,并划分特大型滑坡类型,分析不同区域不同类型特大型滑坡的形成因素及其主控诱发因素,以期对特大型滑坡的机理研究与防治提供参考依据。

1 地质环境概况

陕西省位于我国内陆腹地,处于我国第二级地形阶梯之上,地势南北高,中部低,由西向东倾斜,地貌类型多样,按区域地质环境的差异性自北而南可分为:陕北沙漠高原、陕北黄土高原、关中盆地和秦巴山地四个地貌区^[2]。陕北沙漠高原地形平坦,流水、重力作用不显著,沟壑不发育;陕北黄土高原历地形破碎,沟壑发育,水土流失严重;关中盆地新生代断陷盆地,渭河横贯东西,盆地两侧地形向渭河倾斜,由山前洪积平原、黄土台塬、冲积平原呈阶梯状分布;陕南秦巴山地以中低山地貌为主体,山高林立,盆地散布其中,汉江谷地贯穿于秦岭、巴山之间。

区内岩体类型分为八个岩组,侵入岩岩组广泛分布于秦巴山区及陇山地区,具块状构造,岩体风化严重,斜坡稳定性差;喷出岩岩组主要分布于洛南、商南及陇山等地,岩性复杂,以块状结构为主,岩石致密坚硬;碎屑岩岩组主要分布于陕北地区,以砂岩、页岩、泥岩为主夹煤层,易风化,遇水软化,抗剪强度降低;碳酸盐岩岩组集中分布关中渭北、洛南及米仓山等地,多呈中厚层状构造,致密坚硬;混合岩、片麻岩岩组主要分布于秦岭主脊及北坡,岩性复杂,岩石普遍经历混合岩化,力学强度高;片岩、板岩、千枚岩岩组广布于秦岭地区,岩石较坚硬,斜坡稳定性差;石英岩岩组与大理岩岩组分布较少。土体分为五类,卵砾类土、砂类土、黄土类土主要分布于关中及陕北地区,粘性土、膨胀土主要分布于陕南汉中、安康等山间盆地,陕北及关中地区零星出露。

气候可明显分为三个带,即陕北温—暖温带半干旱气候带,多年平均气温 $7\sim 12^{\circ}\text{C}$,降水量 $300\sim 500\text{ mm}$;关中暖温带半湿润气候带,多年平均气温 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$,降水量 $550\sim 700\text{ mm}$;陕南凉亚热带湿润气候带,多年平均气温 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$,降水量 $800\sim 1\,000\text{ mm}$;全区多年平均降水量为 $340\sim 1\,240\text{ mm}$,具南多北少、西多东少的特点,降雨主要集中在6—9月份;陕南7—8月多暴雨、大暴雨,9—10月多连阴雨,秦岭北麓、大

巴山西段等地是区内暴雨的主要分布区^[12]。

陕西省北部为陕北高原拱起地块,新构造所形成的活动断裂不明显,褶皱断裂不发育;中部渭河地堑为新生代断陷盆地,新构造活动强烈,渭河断裂、秦岭北侧山前大断裂等活动性断裂发育,地震活动频繁,区域稳定性差;南部为秦巴断块隆起,多深大断裂,如略阳—洋县断裂、阳平关—勉县断裂等,且具长期活动性,因差异性升降运动形成汉中等断陷盆地,沟谷深切,地形破碎,动力地质作用强烈。

2 特大型滑坡分布规律

陕西省特大型滑坡的分布受区域地质环境条件控制作用显著,尤其是地形地貌、地质构造与斜坡结构类型等因素的控制作用比较明显,陕西省特大型滑坡在空间分布上呈现较强的规律性。

2.1 不同地貌单元上的分布

不同的地貌单元其地形条件不同,导致特大型滑坡分布发育的程度具有明显的差异性,见图 1。

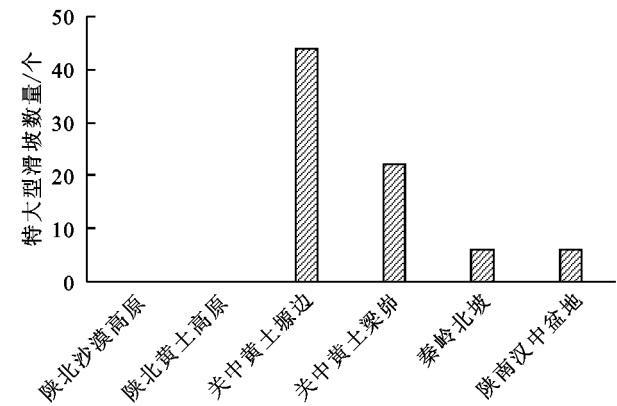


图 1 不同地貌单元特大型滑坡分布数量

陕北沙漠高原地形平坦,不具备发育特大型滑坡的势能条件;陕北黄土高原沟壑密布,地形破碎,滑坡规模与滑动空间有限,发育中小型滑坡,有大型滑坡发育,但特大型滑坡不发育;关中盆地冲洪积平原区与黄土台原地形平坦,同样也不具备发育特大型滑坡的势能条件。关中盆地黄土塬边与梁峁丘陵区特大型滑坡比较发育,这是由于黄土塬边区斜坡地形高差大、坡度陡,面向开阔河谷,特大型滑坡分布比较集中,发育 44 处,以宝鸡黄土塬边特大型滑坡分布尤为集中;地形比较平缓、滑动空间开阔的黄土梁峁、丘陵区发育 22 处特大型滑坡;秦岭北坡地形高陡,俯瞰渭河河谷,具有高势能与良好的滑动空间条件,发育 6 处特大型滑坡;陕南秦巴山区整体上沟谷深切发育,地形破碎,滑动空间有限,特大型滑坡不易发育,汉中盆地西部“勉略宁”地区则由于地形相对平缓,河谷比较开阔,滑坡

滑动空间相对较大,发育 6 处特大型滑坡。

整体上,陕北沙漠高原与陕北黄土高原特大型滑坡不发育,关中盆地黄土塬边、梁峁丘陵区特大型滑坡相对集中发育,秦岭北坡与“勉略宁”地区有零星分布。

2.2 不同构造单元上的分布

活动断裂控制特大型滑坡发育的地形地貌与斜坡结构等,进而控制特大型滑坡的发育与分布,同时,活动断裂也是地震的高发区带,为特大型滑坡的发育提供动力条件,因而特大型滑坡的发育分布受活动断裂控制明显。

陕北沙漠高原与陕北黄土高原地台稳定,活动断裂不发育,特大型滑坡亦不发育。关中断陷盆地地壳活动十分强烈,活动断裂十分发育,沿活动断裂形成宝鸡—潼关、陇县—宝鸡等多条地震带^[13],造成区内尤其是活动断裂分布的黄土塬边与秦岭北坡差异升降运动明显,地形高差大,区内特大型滑坡沿活动断裂发育,分布特大型滑坡 72 处。陕南秦巴山区隆升强烈,但活动断裂主要分布于汉中、西乡等断陷盆地周缘,断裂活动明显,差异升降运动强烈,沟谷深切,地形破碎,动力地质作用强烈,在有略阳—勉县、阳平关—勉县两条断裂发育的“勉略宁”地区,特大型滑坡较为集中发育,分布特大型滑坡 6 处(图 2)。

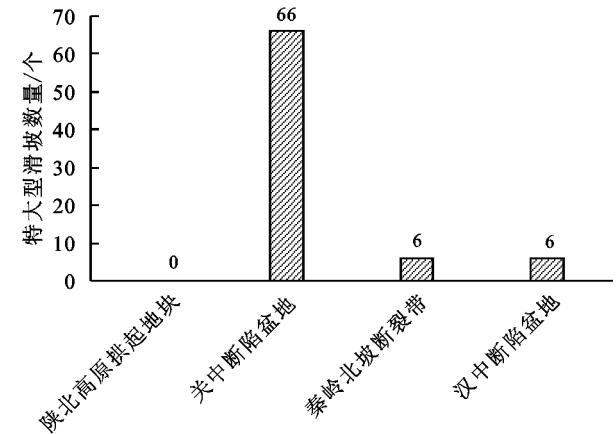


图 2 不同构造单元特大型滑坡分布数量

2.3 不同结构类型斜坡上的分布

斜坡结构类型不仅控制特大型滑坡的物质成分与滑坡类型,同时,控制着特大型滑坡发育的破坏面或滑动面,因此,特大型滑坡的发育分布受斜坡结构类型的控制。发育特大型滑坡的斜坡结构类型有黄土+红黏土型斜坡、黄土+泥岩型斜坡、黄土+基岩型斜坡、黄土+砂泥岩互层型斜坡、堆积层+基岩型斜坡、顺向块状岩质斜坡、块状岩质斜坡等,以黄土+泥岩型斜坡特大型滑坡最为发育,分布特大型滑坡 41 处,其次为黄土+基岩型与黄土+红黏土型斜坡,分布特大型滑坡 11 处、9 处(图 3)。

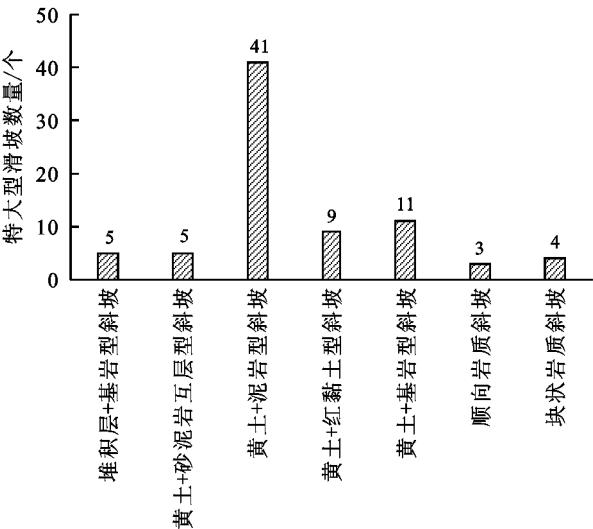


图 3 不同结构类型的斜坡发育特大型滑坡数量

3 特大型滑坡的类型划分

国外滑坡分类有 30 余种,分为两类:一类为成因分类,一类为性质分类,重要的分类标志有组成滑体

岩土成因和结构,滑体的厚度和完整性,滑体的形态和稠度,滑坡的年代和稳定性,滑坡的力学性质,滑坡的成因和规模,滑动的性质和方式,滑动的速度,滑动的特征和出口位置,滑坡与构造的关系等;划分区域单元,以地质或工程地质为基础完成区域滑坡分类,然后再综合分类的滑坡分类方式已成为国外滑坡分类的四大趋势之一^[1]。国内滑坡分类则在国外滑坡分类的基础上,根据不同的目的按照物质成分、形成原因、年代、滑动速度、滑体厚度、力学性质及主滑面成因等进行划分。

陕西省特大型滑坡分布区域的地貌单元不同,分布的斜坡结构类型亦不同,地貌单元、斜坡结构类型决定了滑坡的破坏模式、物质类型、滑动面结构与位置,从而决定了不同区域发育特大型滑坡的类型不同。针对不同区域不同类型特大型滑坡采取的风险减缓对策不同,结合陕西省特大型滑坡发育的区域、地貌类型与斜坡结构类型对特大型滑坡进行类型划分,即采用行政区域+地貌类型+滑动面结构/斜坡结构的综合类型划分方式(表 1)。

表 1 不同区域分布的特大型滑坡类型

斜坡结构类型	分布地貌单元	分布区域	滑体物质结构类型	滑坡类型
黄土+泥岩型	关中盆地	宝鸡黄土塬边	黄土	黄土—泥岩顺层滑坡
黄土+红黏土型		灞桥白鹿塬边	黄土	黄土—红黏土逆层滑坡
		蓝田横岭地区	黄土	黄土—红黏土接触面滑坡
黄土+基岩型	秦巴山区	关中盆地渭北地区	黄土	黄土—基岩接触面滑坡
黄土+砂泥岩互层型		陇县北部及韩城黄土梁峁区	黄土、基岩	岩土混合滑坡
堆积层+基岩型		秦岭北坡与陕南“勉略宁”地区	残坡积层	堆积层滑坡
顺向岩质斜坡			基岩	岩质滑坡或岩质山崩
块状岩质斜坡			基岩	

3.1 宝鸡黄土塬边黄土—泥岩顺层型滑坡

主要分布在宝鸡市渭河北岸黄土塬边斜坡地带,地形高陡,高差 100~300 m,斜坡坡度为 30°~50°,坡脚毗邻渭河及其支流金陵河、硖石河以及长寿沟等河谷区,地势开阔,地形平坦,具有高滑动势能与开阔的滑动空间;区内斜坡结构类型为黄土+泥岩,泥岩为易滑地层,构成特大型滑坡的滑床与潜在滑动面。同时,区内地下水由北部山区向塬边径流、排泄,造成地下水位较高且活动强烈,下伏泥岩遇水强度降低并形成坡体潜在滑动带,导致斜坡稳定性下降甚至失稳、破坏。

新生代以来青藏高原强烈隆升,秦岭在晚更新世抬升速率进一步增强,全新世秦岭隆升尤为强烈,导致渭河不断向北迁移,加剧了河水对渭河北岸的侵蚀,同时,晚更新世早期与全新世初期,气候趋向温暖,降雨量增大^[14-18]。河水侵蚀造成斜坡坡脚的破坏与整体稳定性的降低,降雨入渗则增加坡体容重,侵

蚀软弱结构面,引发滑坡失稳滑动。

3.2 灞桥白鹿塬边黄土—红黏土逆层型滑坡

受骊山隆起影响,白鹿塬不断抬升,灞河持续下切、侧蚀,造成白鹿塬边地形高陡,斜坡高差在 300~370 m,坡度在 35°~40°,前部为灞河河谷区,地形开阔、平坦,为特大型滑坡的形成提供了巨大的滑动势能与充分的滑动空间条件;同时,造成下伏新近系地层出露于地表,并略呈反倾产状,上部覆盖百余米厚的更新世黄土,形成黄土+红黏土的易滑斜坡结构类型,为滑坡提供了滑体物质来源与潜在滑动面。

灞河的不断侵蚀,一方面形成塬边高陡地形,另一方面,引起坡脚不断垮塌,导致应力集中程度不断增加,斜坡稳定性不断下降。同时,在老滑坡发育的全新世早期,渭河盆地气候湿润,降雨量大,雨水的入渗、侵蚀作用造成斜坡体内地下水位急剧上升,增加了坡体容重,斜坡下滑力增加。岩土体尤其是下伏的新近系

红黏土抗剪强度降低,诱发斜坡失稳滑动;老滑坡的复活、滑动以及新滑坡的形成则主要由于塬区灌溉引发地下水位抬升以及坡脚人工开挖、切坡引发。

3.3 关中盆地渭北地区黄土—基岩接触面滑坡

主要分布于关中盆地渭河北部黄土梁峁地区。区内受河水强烈侵蚀影响,地形高差相对较大,坡度陡峭,面向河谷且呈前部临空条件良好,具有良好的滑坡滑动势能与空间条件。区内斜坡主体岩性为黄土,下伏侏罗系、石炭系砂岩、砂泥岩互层,产状近水平或顺坡向发育,构成黄土+基岩易滑斜坡结构类型。受河水强烈侧蚀影响,坡脚不断垮塌,造成斜坡前部临空面不断加大,导致应力不断集中;同时,由于渗透差异性影响,入渗的雨水及地下水在黄土—基岩接触面附近富集,造成岩土体强度降低,导致斜坡在自身重力作用下沿黄土—基岩接触面向临空方向发生变形、破坏,诱发滑坡失稳滑动。后期滑坡复活滑动主要是由于灌溉、切坡与开挖以及建筑加载等人类工程活动因素诱发。

3.4 陇县北部及韩城黄土梁峁区岩土混合型滑坡

主要分布于宝鸡市陇县北部及渭南市韩城黄土梁峁区。区内地处黄土高原与关中盆地过渡区域,以相对低缓的梁峁地形为主,地形相对开阔,具有良好的滑动空间条件与一定的滑动势能;斜坡岩性上覆数米到数十米厚度不等的黄土,下伏白垩系、二叠系等砂泥岩互层或夹煤层,受单斜构造的影响,岩层整体呈顺层状,或与斜坡呈小角度斜交。由于泥岩、煤层等水敏性较强,遇水饱和强度降低,易发生蠕滑变形,形成黄土+砂泥岩互层易滑斜坡结构类型;同时,区内地下水活动强烈,多处有泉水出露,造成下伏易滑地层饱水,抗剪强度降低,产生剪切蠕滑变形。

由于区内地形相对低缓、开阔,滑动势能尚不足以形成特大型滑坡,须借助外动力条件产生启动能力。陇县位于我国南北地震带的北段,县境西北与地震活动异常强烈的西(吉)、海(原)、固(原)地区接壤,同时,位于关中盆地地震多发的陇宝地震带上^[13];受1920年海原大地震影响,陇县北部寺嘴、李家下等一带的斜坡整体出现拉裂、滑动^[19-20],导致大规模的黄土与下伏基岩同时滑动破坏的岩土混合滑坡,后期在降雨影响下,多次发生复活滑动。韩城黄土梁峁区以韩城电厂岩土混合滑坡为代表,受区内地下水强烈活动影响,下伏易滑地层发生剪切蠕滑变形,造成煤矿采空区冒落、塌陷,加上坡脚切坡、开挖形成高陡临空面,引发斜坡发生黄土与下伏基岩的整体性滑动变形。

3.5 秦岭北坡堆积层型滑坡与顺向或块状岩质型岩质滑坡(山崩)

沿秦岭北坡山前断裂带零星分布。受构造活动影响,关中断陷盆地下沉,秦岭隆升,造成秦岭北坡山前断裂带沿线山高谷深,地形高差大,具有良好的特大型滑坡滑动空间条件与滑动势能条件;山体在不断上升的过程中,受到强烈风化与重力剥蚀,斜坡表部产生大量残坡积堆积物,形成堆积层+基岩结构类型斜坡,同时,提供了滑体物质来源;岩体由于构造活动的影响,构造节理发育,导致岩体破碎,同时,顺坡向节理面等结构面比较发育,尤其是在渭南市以东的秦岭北坡山前区域为片麻岩分布区,片麻理与构造节理顺坡发育,为岩质滑坡提供了潜在破坏面。由于秦岭北坡是陕西省暴雨的主要分布区之一,多暴雨、大暴雨及连阴雨,充沛的雨水造成堆积层滑坡区地下水位较高,常有泉水溢出,地下水活动强烈,导致堆积层斜坡体稳定性较差;暴雨、连阴雨会造成地下水位快速抬升,堆积层斜坡体内动水压力增加,同时,岩土体抗剪强度降低,导致斜坡体下滑力增加,抗滑力下降,引发斜坡失稳、滑动。周至邱家梁特大型滑坡即为降雨引发的堆积层滑坡。暴雨、连阴雨一方面会造成岩体抗剪强度的降低,另一方面在顺坡向发育的片麻理、构造节理中形成空隙水压力,产生巨大的水平推力与浮托力,触发岩体斜坡产生滑动^[12]。此外,由于秦岭北坡山前活动大断裂的分布,该区域处于宝鸡—潼关地震带上,地震活跃,强度大、频度高^[13],地震成为区内特大型滑坡发育的一个重要诱发因素,如西安翠华山山崩为公元前780年岐山地震诱发^[21-22]。

3.6 陕南“勉略宁”堆积层滑坡与顺向或块状岩质型岩质滑坡

分布于陕南秦巴山区的勉县—略阳—宁强地区,以堆积层和岩质滑坡为发育类型。区内为中低山地貌,沟深壁陡,沟谷切深400~1200m,地形相对开阔,具有较好的滑动空间条件与较大的滑动势能;岩性以片岩、板岩、千枚岩、页岩及花岗岩为主,部分地段为砂岩、砂质泥岩互层,区内分布有略阳—洋县、阳平关—勉县两条活动断裂在勉县境内相交,导致岩体构造节理发育,风化破碎,一方面形成坡残积物,为堆积层滑坡提供滑体物质来源,另一方面,造成斜坡岩层如千枚岩、砂泥岩互层等顺坡发育,形成斜坡体内的软弱夹层或易滑地层,为滑坡的发育提供潜在破坏面,此外,造成花岗岩等块状结构的岩体构造节理发育,尤其是顺坡向节理发育,形成楔形体滑动,因此,

由于岩性与结构面的发育控制作用,形成了残坡积层斜坡发育的堆积层型滑坡以及顺向岩质斜坡与块状体岩质斜坡发育的岩质滑坡。区内气候湿润,雨水充沛,地下水活动强烈,造成岩土体尤其是片岩、千枚岩、泥岩等软弱岩层抗剪强度降低,同时,在残坡积层内形成动、静水压力增加坡体的下滑力,在岩质斜坡内形成空隙水压力,产生水平推力与浮托力,形成滑坡滑动的启动动力。连阴雨夹暴雨是区内触发滑坡形成的主要降雨形式,尤其是长历时降雨后突降暴雨会引发山体地下水位快速抬升,造成岩土体含水量与自重的快速增加,导致岩土体抗剪强度降低,同时斜坡体内动水压力、岩体内空隙水压力的急剧增加,造成坡体下滑力增大,最终导致山体大规模滑坡。

4 结论

(1) 陕北沙漠高原与陕北黄土高原特大型滑坡不发育,主要集中分布于关中盆地黄土塬边与黄土梁峁区,秦岭北坡与陕南“勉略宁”中低山区有少量分布;渭河断陷盆地特大型滑坡呈集中发育,在秦岭北坡断裂带与汉中断陷盆地西部较集中发育;特大型滑坡在黄土+泥岩型斜坡中最为发育,其次为黄土+基岩型斜坡、黄土+红黏土型斜坡。

(2) 特大型滑坡形成的主要控制因素为强烈的构造活动、高陡地形、易滑斜坡结构及地下水的活动等,主要诱发因素为河流侵蚀、降雨、地震以及采矿活动等。

(3) 陕西省特大型滑坡类型划分为宝鸡黄土塬边黄土—泥岩顺层型、灞桥白鹿塬边黄土—红黏土逆层型、蓝田横岭地区黄土—红黏土接触面型、关中盆地渭北地区黄土—基岩接触面型、陇县北部及韩城黄土梁峁区岩土混合型、秦岭北坡与陕南“勉略宁”地区的堆积层型、顺向或块状岩质型滑坡等。

参考文献:

- [1] 徐邦栋. 滑坡分析与防治[M]. 北京:中国铁道出版社, 2001.
- [2] 杨喜成,李彦斌,胡康记,等. 陕西省区域环境地质调查报告(1:500000)[R]. 陕西省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质队, 2000.
- [3] 胡广韬. 滑坡动力学[M]. 北京:地质出版社, 1995.
- [4] 王泰书,王敏霞. 对铜川市川口滑坡的研究[J]. 陕西煤炭技术, 1999(4):11-15.
- [5] 陕西省宝鸡峡工程指挥部. 宝鸡峡引渭灌溉工程技术总结[M]. 陕西省宝鸡峡工程指挥部, 1974.
- [6] 胡广韬. 宝鸡—常兴黄土原边滑坡原因与因素的历史转化性[J]. 西安地质学院学报, 1986, 8(4):23-27.
- [7] 李滨,殷跃平,吴树仁,等. 多级旋转黄土滑坡基本类型及特征分析[J]. 工程地质学报, 2011, 19(5):703-711.
- [8] 辛鹏,吴树仁,石菊松,等. 渭河中游宝鸡—扶风北岸斜坡结构及其对大型滑坡形成机理的指示意义[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2013, 43(2):506-514.
- [9] 赵法锁,毛彦龙. 西安灞河左岸滑坡发育的阶段性及形成主因的历史转化[J]. 西安地质学院学报, 1995, 17(3):37-42.
- [10] 刘传正,张明霞,邹正盛. 宝鸡市狄家坡滑坡稳定性研究[J]. 工程地质学报, 1998, 6(2):103-113.
- [11] 杨梅忠,闫嘉棋,王贵荣. 陕西韩城电厂滑坡成因的探讨[J]. 西安矿业学院学报, 1995, 15(3):236-240.
- [12] 许仁朝,李松山,张玉春,等. 陕南斜坡稳定性研究[M]. 陕西渭南:陕西省地质矿产局第二水文地质工程地质队, 1987.
- [13] 彭建兵,张骏,苏生瑞,等. 渭河盆地活动断裂与地质灾害[M]. 西安:西北大学出版社, 1992.
- [14] 甘枝茂. 黄土高原地貌与土壤侵蚀研究[M]. 西安:陕西人民教育出版社, 1990.
- [15] 甘枝茂,桑广书,甘锐,等. 晚全新世渭河西安段河道变迁与土壤侵蚀[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2):129-132.
- [16] 薛祥煦,李文厚,刘林玉. 渭河北迁与秦岭抬升[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2002, 32(5):451-454.
- [17] 黄春长,庞奖励,黄萍,等. 关中盆地西部黄土台塬全新世气候事件研究[J]. 干旱区地理, 2002, 25(1):10-15.
- [18] 施雅风,孔昭宸,王苏民,等. 中国全新世大暖期的气候波动与主要事件[J]. 中国科学(B辑), 1992, (12):1300-1308.
- [19] 吴树仁,张春山,韩金良,等. 陕西省宝鸡市陇县地质灾害详细调查报告[R]. 中国地质科学院地质力学研究所, 2007.
- [20] 刘鑫,陈奇,吴树仁,等. 陕西陇县李家下滑坡风险评价[J]. 地质通报, 2008, 27(6):895-903.
- [21] 李昭淑,丁冰,王涛. 翠华山山崩地貌奇观的成因分析[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2007, 37(6):913-916.
- [22] 吴成基,赵辉,胡炜霞,等. 陕西翠华山水湫池山崩遗迹形成年代[J]. 山地学报, 2009, 27(3):349-352.