

贵阳市乌当区风险斜坡发育特征及成灾因素分析

刘前津*

(贵州省黔东南州黄平县自然资源局 贵州 黄平 551400)

摘要:地质灾害的发生是自然因素、人为因素或者两者共同作用而产生的效果。地质灾害的孕育、发展和演变与地质体所处的地形地貌、地质构造、地层岩性、气象、人类工程活动等环境条件密切相关,是多种孕灾条件相互叠加的结果,这几方面的因素亦控制着地质灾害的分布。通过分析乌当区地形地貌、地质构造、工程地质岩组、斜坡结构、水文地质条件、人类工程活动六个因素与地质灾害之间的关系,分析乌当区地质灾害发育规律,总结乌当区地质灾害孕灾条件,建立早期识别地质灾害隐患体系。通过对滑坡发育特征及影响因素进行研究,对滑坡稳定性进行评价分析,为滑坡防治工程治理措施提供数据支撑。

关键词:滑坡;影响因素;发育特征;滑体物质

中图分类号:P642.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2025)07-0020-04

本文通过对乌当区滑坡地质构造条件、地形地貌、地层结构特征的分析研究,总结滑坡发育特征。根据发育特征及稳定性评价分析结果为滑坡防治方案提供技术依据^[1],最终确定滑坡防治综合方案,以达到消除地质灾害隐患,确保人民群众的生命财产安全的目的。

1 滑坡区概况

1.1 地理位置

贵阳市乌当区位于贵州省中部,地处贵阳市东北部,东面与龙里区接壤,南面和云岩区、南明区相接,西面同白云区、修文区相交,北面与开阳县、修文区毗邻。行政区域总面积683.2km²。

1.2 滑坡发育特征分析

滑坡是贵阳市乌当区主要地质灾害类型,全区共发现滑坡点13处,占地质灾害点总数的35.14%。根据其物质组成、发生年代、发生原因、滑体厚度、滑体规模和运动形式进行分类统计,自然、土质、小型、浅层滑坡占绝大多数^[2]。

1.2.1 滑坡类型及发育特征

滑坡是本地区第二大地质灾害类型,本次共调查核实滑坡点15处,占灾害总数38.46%,其中既有灾害点13处,新增灾害点2处。这些滑坡可以根据其物质组成及结构形式、滑坡体积、发生成因、现今稳定程度

等因素进行分类。

(1)按滑坡物质组成及结构形式分类。按滑坡物质组成及结构形式分类可以分为土质滑坡和基岩滑坡,其中贵阳市乌当区现有的13处滑坡中全为土质滑坡,其特征见表1。

(2)按滑体厚度分类。根据统计,按滑体的厚度分类标准,调查区的滑坡主要为浅层滑坡,统计结果见表2。

(3)按滑坡规模分类。在13处滑坡中,调查区内小型滑坡10处,中型滑坡3处,大型滑坡0处,见表3。

(4)按滑坡发生原因分类。在13处滑坡中,按发生原因分为自然滑坡、工程滑坡,贵阳市乌当区滑坡以自然滑坡为主。

总之,贵阳市乌当区境内的滑坡是以土质滑坡、浅层滑坡、小型滑坡、自然滑坡和新滑坡为主。

1.2.2 风险斜坡地质空间分布规律

从滑坡分布地层岩性看,滑坡体物质组成主要为碎块石和土质,滑床主要位于岩土体接触面上或第四系松散堆积层中,其母岩以泥质粉砂岩类为主,尤其是以寒武系黔东南统金顶山组(ϵ_j)、寒武系黔东南统明心寺组(ϵ_m)为主的软质岩最为发育,其次为奥陶系下统湄潭组(O_{1-2m})、三叠系下统夜郎组(T_{1y})为主的软硬相间岩类^[3]。

* 收稿日期:2024-09-20

作者简介:刘前津(1997-),男(汉族),贵州黄平人,助理工程师,现从事地质灾害防治工作。

表1 滑坡物质组成和结构因素分类特征简表

序号	类型	亚类	特征描述	数量(处)	比例(%)
1	土质滑坡	堆积层滑坡	由前期滑坡(崩塌)形成的碎块石等堆积物,沿下伏基岩面或体内的软弱部位产生滑移,岩—土界面常为主要的软弱结构面。滑坡堆积体在本地区有一定数量的分布,且规模较大;崩塌堆积体在本地区分布范围较广,平面影响面宽,规模一般较小	0	0
		残坡积层滑坡	由基岩风化壳、残坡积土等构成,通常为浅表层滑动。大多因引用水源不当、大气降雨、人为建房切坡等引起,一般规模不大,以小—中型为主,该类滑坡在调查区分布最为广泛	13	100%
2	岩质滑坡	顺层滑坡	由基岩构成,多形成于由软、半坚硬及软硬互层结构的斜坡,多为层状—裂隙结构岩体,原生结构面为控滑结构面,以滑移拉裂为主,滑坡规模一般较大,该类滑坡在调查区内分布较少	0	0
		切层滑坡	由基岩构成,多为岩层反倾、斜交的斜坡。受外力地质作用等影响,岩体中发育顺坡向的节理裂隙等软弱结构面。节理裂隙是此类滑坡的主要控滑面。该类滑坡发育地段一般岩石风化较严重,该类滑坡在调查区内分布较少	0	0

表2 滑坡厚度分类统计表

序号	分类	数量(处)	比例(%)
1	浅层滑坡(滑体厚度<10m)	13	100
2	中层滑坡(滑体厚度 10-25m)	0	0
3	深层滑坡(滑体厚度 25-50m)	0	0

表3 滑坡规模分类统计表

序号	类型	数量(处)	比例(%)
1	小型滑坡(滑坡体积<10×10 ⁴ m ³)	10	76.92
2	中型滑坡(10×10 ⁴ m ³ ≤滑坡体积<100×10 ⁴ m ³)	3	23.08
3	大型滑坡(滑体体积≥100×10 ⁴ m ³)	0	0

2 地质灾害的斜坡坡型特征

贵阳市乌当区内斜坡坡型主要分为4种类型,即凸起型、直线型、凹陷型和阶梯型。通过此次滑坡、崩塌所处斜坡坡型统计,滑坡要发育于凸型坡、直线型斜坡,崩塌则多发育于凸型斜坡,其统计结果见表4。

3 成灾因素分析

滑坡的形成是斜坡变形失稳的最终形式之一,其形成与所处的地质环境(地势地貌、岩土体性质、岩体结构、降雨强度、人类工程活动)密切相关。斜坡的变形和破坏,是斜坡失稳的两个阶段。坡体中没有发现

贯通性破裂面,其形成对于宏观连续性等方面没有明显变化,被称为斜坡变形^[4]。如果具有拉裂、蠕动、弯曲、塑流四种基本变形过程,并在此基础上继续变形,甚至产生宏观变化,则破坏产生。若破坏形式是以剪切破坏为主,形成的变形体就是滑坡。根据区内滑坡的破坏机制进行分析,主要成灾模式为蠕滑—拉裂式。

3.1 滑坡的形成条件

滑坡分布区土层较厚,尤其在易风化的泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩等碎屑岩地区,土层主要成分为残坡积层含碎石黏土,厚度一般为1.0~10m,含碎石黏土呈硬塑—可塑状,松散,抗剪强度较低。土层下伏基岩为泥岩、粉砂岩、粉砂质泥岩,遇水易软化,抗剪强度较低,节理裂隙发育。这种不利的坡体结构为滑坡沿风化分界面滑动提供了可能。因此,不利的地层岩性及坡体结构为滑坡的形成提供了物质基础。

3.2 滑坡的影响因素

通过本次调查发现贵阳市乌当区滑坡主要为浅层土质滑坡。滑坡成因主要与地形地貌、岩土体工程地质特征、地下水、持续性强降雨及人类工程活动有关。现分述如下:

(1)特殊的地形地貌。地形地貌是影响地质灾害发育的决定性因素,对区内地质灾害的分布起控制作

表4 不同斜坡坡型地质灾害点统计表

灾害点类型		凸型	直线型	凹型	折线型	合计(处)
滑坡	数量(处)	5	5	1	2	13
	比例(%)	38.46	38.46	7.70	15.38	
崩塌	数量(处)	15	3	7	3	28
	比例(%)	53.58	10.71	25.00	10.71	
合计	数量(处)	20	8	8	5	41
	比例(%)	48.78	19.51	19.51	12.20	

用。斜坡的形态和有效临空面是产生地质灾害变形与活动的重要空间条件,决定着斜坡内应力分布状态及稳定性^[4]。

贵阳市乌当区境内的滑坡地质灾害所处地形均为斜坡,在不同地形坡度分布上,都具有一定规律性,滑坡主要集中分布在坡度为 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间的斜坡上,占总数的84.62%,其中 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 有5处,占38.46%, $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 有4处,占30.76%, $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 有3处,占23.08%。坡度在 20° 以下,未发现滑坡,在 45° 以上的滑坡,也比较少,有1处,占总数的7.69%。境内为山地,地形起伏大,切割强烈、沟谷发育,为岩土体的运移提供了良好空间,同时也有利于降水的汇聚产生浸润、冲刷掏蚀,加剧临空面的扩大,岩土体易失稳。

(2)不利的岩土组合。斜坡上的地层岩性是其发生的物质基础。区内有的斜坡由碎屑岩构成,而碎屑岩抗风化能力弱,易形成残坡积物,其易饱水而降低力学强度,稳定性则降低。乌当地区滑坡主要为土质滑坡,滑坡主要发育在寒武系黔东统金顶山组(ϵ_j ,2处如贵阳市乌当区百宜镇罗广村小翁林组滑坡、贵阳市乌当区百宜镇罗广村河坎组滑坡)寒武系黔东统明心寺组(ϵ_m ,如贵阳市乌当区百宜镇罗广村百家院组滑坡、贵阳市乌当区羊昌镇黄连村枇杷寨组滑坡)奥陶系中统湄潭组(O_{1-2m} ,如贵阳市乌当区下坝镇喇平村龙井田滑坡、贵阳市乌当区东风镇龙井村高雁组滑坡)、碎屑岩(软质岩组)地层中,岩性为易风化的泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩等,总体风化程度较高,斜坡多为残坡积层分布,结构松散且土层较厚,土层主要成分为残坡积层红黏土、含碎石黏土,厚度一般为2~8m,红黏土、含碎石黏土一般呈硬塑—可塑状,结构松散,抗剪强度较低。下伏基岩节理裂隙发育,为相对隔水层,遇水易软化,抗剪强度较低,这种不利的坡体结构为滑坡沿风化分界面滑动提供了可能。在斜坡上易形成泉水点及溢水点,导致进一步发展为滑坡的可能性较大。因此,不利的地层岩性及坡体结构为滑坡的形成提供了物质基础。

(3)持续性强度降雨。雨季一般始于每年4月中旬,结束于10月下旬,旱季为12月至次年3月。降水量年分配不均匀,全年60%降水量集中在5~8月。根据统计,贵阳市乌当区现地质灾害点发生或变形时间多数发生在5~9月,共计39处,占有明确形成时间灾点总数的79.49%。贵阳市乌当区5~8月平均降雨量为186.9mm、221.1mm、202.3mm、135.7mm、92.0mm,其对应

发生的地质灾害数为3处、10处、9处、4处。由此可以看出月平均降雨量越多地质灾害发生的频次就越多。说明汛期持续性强降雨对地质灾害的形成有着明显的影响。即区内近年发生滑坡和崩塌频次与降雨量呈明显的正相关关系,因此,降雨是该区地质灾害的主要诱发因素之一。持续性强降雨导致大量雨水渗入松散的滑坡土体,一方面加大土体容重,下滑力增大;另一方面入渗水体在相对隔水的基岩面上富集、运移,形成了较大的静水压力和渗流压力,同时软化了滑带土体,降低了滑带土体的内聚力(c)和内摩擦角(ϕ),抗滑力减小,使斜坡土体稳定性大大降低,在重力、静水压力和渗流压力的共同作用下向下产生滑移形成滑坡。

(4)地下水。滑坡区雨季赋存上层滞水,水位较浅,地下水运动产生的动水压力,对滑坡稳定影响较大,是滑坡形成的原因之一。

(5)人类工程活动。区内人为因素主要是建筑工程开挖切坡和加载等,这些直接作用于岩土体,一方面改变了斜坡的外形,增大临空面,产生应力释放和应力集中,为岩土体的变形加剧起催化作用,另一方面为降水的入渗创造了条件。部分滑坡体地表为耕地,农业耕种破坏了坡体形态,打破了坡体内部原始应力的平衡,产生应力重分布现象,从而进一步加剧滑坡的变形破坏。部分滑坡由于坡脚的不规范开挖形成较高临空面,且未进行任何的支护,造成应力在坡脚集中,使坡体失稳产生牵引式滑坡,如马场村老伯寨滑坡。据统计,工作区与人类工程活动有关或诱发地质灾害点共有9处,占灾害总数的23.08%。人为修建房屋及公路的加载作用增加了坡体的下滑力,使斜坡体进一步的变形破坏。此外大量混凝土房屋、路面的修建,未做好排水设施,造成斜坡体的地表水排泄不畅,为滑坡形成提供了可能。

3.3 滑坡的形成机理

根据本次详细调查,调查区内滑坡地质灾害均为牵引式土质滑坡,且滑坡前缘常有天然陡坎或人工切坡等现象。在长时间降雨等多因素综合作用下,形成较大范围的牵引式滑动区^[5]。由于坡体中应力重分布,发育自坡脚的最大剪应力带中,应力状态超过长期强度屈服面的范围在坡体中逐步向坡体上部扩展,并逐步贯通,并逐渐蠕变滑移,导致边坡上部拉裂,在强降雨或长时间降水条件下,会加速变形、失稳,形成牵引式滑坡,区内的滑坡主要为蠕滑—拉裂式滑坡,见图1。

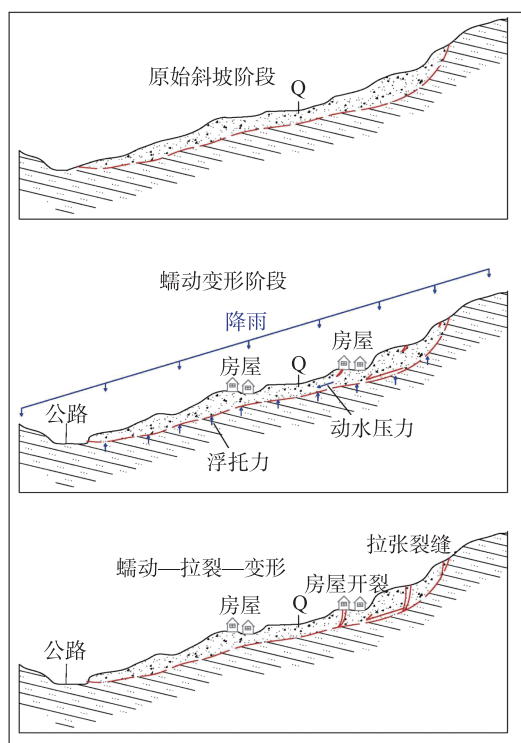


图1 蠕滑—拉裂式滑坡过程示意图

4 结论

(1)贵阳市乌当区发育的滑坡以小型土质滑坡为主,滑体厚度一般小于10m,为浅层滑坡。形成诱发原因以自然因素为主,受降雨影响较大。多分布在软硬相间岩类工程地质岩组和软质岩类工程地质岩组区域,分布斜坡坡度主要在 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 之间、坡形为凸形坡。崩塌以小型、中型倾倒式崩塌为主,多发育在坡度大于 55° 的硬质岩和软硬相间岩类斜坡陡崖区域,斜坡结构多为斜向坡和横向坡,坡形为直线坡^[5]。

(2)区内滑坡孕育的斜坡坡形为凸形坡、折线坡,崩塌发育的斜坡坡形主要为陡崖状的直线坡。分布在距离构造线500m范围内的滑坡和崩塌地质灾害较为发育。调查区内滑坡主要发育在软岩相间岩类和软质岩组中,崩塌主要发育在硬质岩组中和软硬相间类岩组中。

(3)滑坡形成机理:一是下覆基岩为碳酸盐岩类,上部土层为第四系红黏土,坡度为 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,在人类工程活动强烈和降雨集中等因素诱发下引发的小型滑坡;二是下覆基岩为碎屑岩类,上部为第四系残坡积碎石土类型,坡度为 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,在人类工程活动强烈和降雨集中等因素诱发下引发的小型滑坡^[5];崩塌的形成机理:一是“上硬下软”地层组合,抗风化能力差异出现倒岩腔诱发上覆硬质岩体沿节理裂隙等结构面出现的卸荷裂隙而发生的崩塌;二是陡崖区裸露的基岩长期在降雨、温差等风化作用下,沿着节理裂隙等结构面失稳的零散危岩体坠落而产生的崩塌。

参考文献:

- [1] 殷跃平.斜倾厚层山体滑坡视向滑动机制研究—以重庆武隆鸡尾山滑坡为例[J].岩石力学与工程学报,2010,19(2): 217-226.
- [2] 卢书强,易庆林,易武,等.三峡库区树坪滑坡变形失稳机理分析[J].岩土力学,2014,35(4):1123-1130,1202.
- [3] 陈帆,刘立,陆海空,等.岩质高陡边坡稳定性分析[J].西华大学学报(自然科学版),2010(3):58-59.
- [4] 周雷强.河南省罗山县滑坡地质灾害形成机制及防治对策[J].现代矿业,2018(7):215-219.
- [5] 黄润秋.中国西部地区典型岩质滑坡机理研究[J].地球科学进展,2004,19(3):443-450.