

# 四川省乐山市金口河鹿儿坪山体滑坡成因分析及对策建议

杨先宇 薛沙沙 王静 朱镜  
乐山师范学院 旅游与地理科学学院

**摘要：**以四川省乐山市金口河鹿儿坪国有林场山体滑坡为例，通过现场勘察，分析了金口河鹿儿坪滑坡发生诱因，指出鹿儿坪高陡的山体斜坡地形和结构松散的岩土性质是形成鹿儿坪滑坡的内因；持续降雨是形成鹿儿坪滑坡的外因；人工切坡和不合理工程活动是鹿儿坪滑坡活动的主要诱发因素。提出相应的防治对策，认为“矿采地地质勘测+堆积物料清理+防灾减灾工程布施+安全宣传教育”的方案适合应用于鹿儿坪山体滑坡治理。

**关键词：**山体滑坡；成因分析；对策建议；鹿儿坪  
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.020

## 一、前言

山体滑坡具有突发性强，猛烈，速度快等特性，往往伴随着巨大的破坏力和严重的人员伤亡。我国的西南山区因其复杂的地质构造、松散的岩土性质及多发大暴雨等极易诱发滑坡等工程地质灾害。2023年6月4日，四川省乐山市金口河区鹿儿坪国有林场附近发生了高位山体垮塌，造成了严重的损害。目前对于此次灾害坡体失稳的内在机理以及诱发因素尚未得到明确揭示。因此，本文以乐山市金口河区鹿儿坪山体滑坡为例，通过现场勘察和数据分析，分析此次滑坡发生的成因，由此提出我们的意见和建议，为乐山市今后应对类似山体滑坡灾害提供科学参考。

## 二、材料与方法

### （一）研究区域

乐山市金口河鹿儿坪位于四川盆地西南缘的岷江流域，区域内受印度洋暖流和东南季风的影响，属亚热带气候，主要表现为气候温和，雨量丰富，多年平均降雨量为803.9mm<sup>[1]</sup>。滑坡发生的中心点位于103° 00′ 36″ E，29° 25′ 36″ N，属高山峡谷地貌，地质条件复杂，多为砂岩、泥岩、页岩等软弱岩层<sup>[2]</sup>。

### （二）数据获取

研究区地形地貌、高程数据、测距及方位角、植被覆盖等信息均来源于奥维互动地图（www.ovital.com）；降雨量信息来源于羲和能源大数据（xihe-energy.com）；岩土体信息来源于中国科学院南京土壤研究所中国土壤分区矢量图（1:10000000）<sup>[3]</sup>；研究区土壤质地数据集参照Tomisalav等<sup>[4]</sup>。

### （三）数据处理与分析方法

采用奥维互动地图的测绘功能生成滑坡轨迹截面图，并将其导入至AutoCAD绘制剖面图。利用ArcMap 10.8，基于获取的岩土体数据集，绘制矢量图。定位鹿儿坪山体滑坡中心点经纬坐标，比对出研究区岩土体信息后，根据HWSD中FAO分类进行翻译对照；参照土壤质地信息数据集，生成矢量图，利用WGS84坐标系统，将土壤质地分6层（0cm、10cm、30cm、60cm、100cm和200cm），并进行栅格化处理，生成土壤质地值栅格图。

## 三、结果与分析

### （一）降雨条件

据调查，鹿儿坪5月至6月均未发生强降雨。6月4日当天的日降雨量为0.15mm，属小到中雨，且降雨持续。周心经等<sup>[5]</sup>研究认为，发生持续性降雨时，雨水沿坡体缝隙向下渗流，易形成径流界面，在基岩面附近会形成渗流面，其上的岩土体易产生滑动，从而引发滑坡。然而，需要注意的是，滑坡区有一处天然山沟，受大气降雨补给，流水活动频繁且流量稳定。加之工人生产生活用水排放，进一步加剧了水流侵蚀，这也是滑坡的重要诱发条件。

### （二）地质条件

研究表明，金口河区地层岩性以震旦纪灯影组白云岩地层和前寒武纪峨边群板岩、变余砂岩等变质岩地层为主，第四系地层和花岗岩、闪长岩等岩浆岩零星分布<sup>[2]</sup>。由图1可知，研究区岩层为页岩（SC4），地表土壤以筒育高活性淋溶土（LVh）为主。这种土壤具有较大的孔隙度及较强的渗透能力，水分易下渗；而页岩不透水，表层土壤渗水后，大多在页岩表层滞留，降低了滑体有效自重，进而降低了滑体有效自重所产生的抗滑摩擦阻力，极大程度上影响了土体的稳定性。鹿儿坪发生滑坡与本区域的岩土层性质密切相关，加之该区域因磷矿资源丰富，长期的开采与爆破作业进一步加剧了岩体的不稳定性，为山体滑坡的发生埋下安全隐患。

### （三）其他条件

表1为鹿儿坪滑坡前土壤机械组成。由表1可以看出，研究区粉砂含量随深度增大而降低，而砂、黏土及碎屑物含量随深度增大而增大。总体表现为砂含量>粉砂含量>黏土含量>碎屑物含量。砂属于粗粒沉积物，常

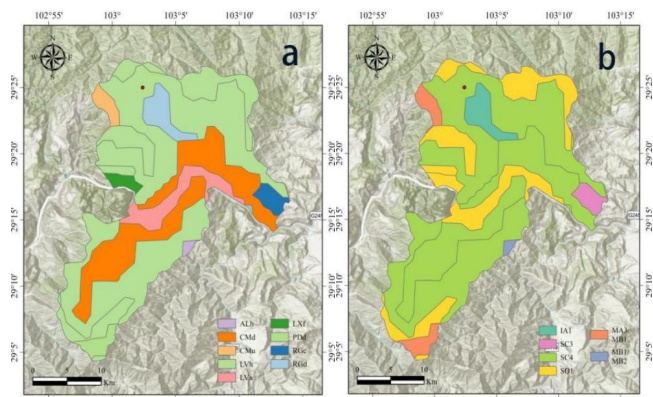


图1 金口河区土壤矢量图(a)与岩性矢量图(b)

常由岩石破碎等机械作用形成，而砂石含量高说明该地区岩石破碎程度较高。粉砂属于中等粒径的沉积物，主要由于水流沉积形成，因此其相对较高的含量可能表明局部区域存在水流沉积环境，进一步证实了研究区流水活动频繁。黏土属于细粒沉积物，容易与其他颗粒混合在一起，从而在分选过程中与砂和碎屑物混合在一起并部分沉积。因此，黏土含量较低可能是由于分选效应导致部分黏土颗粒与砂和碎屑物混合并分布在其他颗粒组分中。碎屑物指的是较大的岩块或碎片，其含量相对较低进一步表明研究区岩石破碎程度较高。此外，研究植被以多年生灌木为主，植物根系对土壤的固持仅限于表层，加之研究区岩石破碎程度高，流水活动频繁，为滑坡的发生提供了大量的物质基础。

表1 金口河鹿儿坪土壤机械组成

深度	砂 (%)	粉砂 (%)	黏土 (%)	碎屑物 (%)
0cm	37.1-41.0	36.1-39.0	19.1-26.0	17.1-25.0
10cm	34.1-41.0	36.1-39.0	22.1-26.0	17.1-25.0
30cm	34.1-41.0	34.1-39.0	22.1-26.0	17.1-29.0
60cm	37.1-41.0	34.1-36.0	22.1-29.0	17.1-29.0
100cm	37.1-44.0	34.1-36.0	22.1-29.0	13.0-25.0
200cm	37.1-41.0	30.1-36.0	22.1-26.0	29.1-32.0

#### (四) 滑坡特征

##### 1. 滑坡体空间形态特征

滑坡总体边界清晰，平面形态呈帚形（如图2），相对高差约160m，总体长度约200m。参照滑坡前后工棚及其残骸位移，确定主滑方向138°，水平滑动距离70m，垂直位移量为24~26m。滑坡后壁高陡，局部可见滑动擦痕。滑坡由于相对高差较大，整个滑体从斜坡的中上部剪出（剪出口位置大概位于滑源区下侧滑坡急剧收口处，高程大致为2390m，高出坡底70m）。滑体体积约为10万m<sup>3</sup>。



图2 金口河鹿儿坪滑坡发生后现场图

##### 2. 滑坡体结构特征

研究表明，滑坡区地层为震旦纪灯影组（Zbdn），主要岩层为页岩。经现场勘察，发现滑源区土层多为淋溶土，堆积区多粉质黏土，呈黄褐色，可塑，无明显光泽，干强度中等，韧性适中。土体结构较松散，后缘薄，中部至前缘较厚。局部含碎石，颗粒直径大小不一，呈次棱角状。土体中粗骨土含量较高，砾石含量已占到50%以上，初步判断为中型粗骨土，成土母岩为各种非钙质砂页岩。另外，滑坡区上部及下部均分布有不同程度的人类工程活动，主要为居住建筑、交通建设及其他基础设施建设等。建设用地存在填筑土和残坡积土（见图3）。

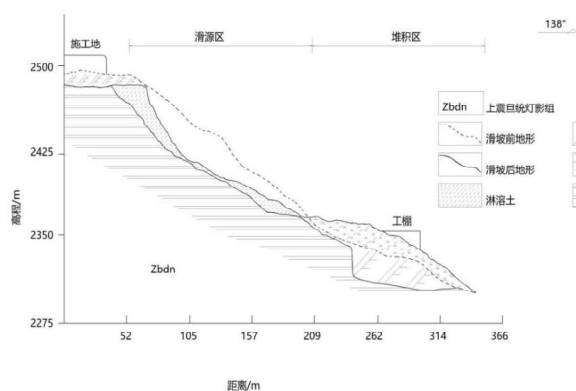


图3 金口河鹿儿坪滑坡剖面图

#### (五) 滑坡成因分析

##### 1. 地形及滑坡体物质结构

研究表明，滑坡区地层为震旦纪灯影组，以页岩为主，由于其不透水性，表层土壤渗水后，于页岩表层滞留，地下水浮力增加，降低了滑体有效自重，进而导致滑体抗滑摩擦阻力降低，土壤体稳定性显著降低。于此同时，由实地勘察发现，该区土壤以淋溶土为主，土壤颗粒细、结构疏松；土壤机械组成中，砂、粉砂含量占比大，岩石破碎程度高，滑坡物质基础多；加之该地

区植被以灌木丛为主，根系浅，固土能力弱，易发生水土流失。

### 2. 气象与水文

研究发现，虽然滑坡发生前未有大暴雨发生，但降雨持续，加之该区土壤主要为结构疏松的淋溶土，透水性好，连续的降雨渗透到土壤中，增加土壤的水分含量，使得土壤饱和度上升。这种饱和状态会降低土壤的黏聚力和内摩擦角，使得坡体稳定性变差，极易形成滑面。

### 3. 人为因素

通过现场勘察发现，研究区内经常进行爆破活动，这些爆破活动会产生强烈的冲击和震动力，使山体的稳定性降低。同时，施工过程中产生的矿渣没有得到妥善处理，倾倒在山沟中的矿渣随流水向下滑动，逐渐削弱山体稳定性，加速了滑坡的形成。此外，堆放在山顶的矿渣位于工棚的正后方，一旦滑坡发生，本身坡顶与坡脚相对高差大，矿渣会迅速滑落下来，对工棚和人员造成巨大风险。值得注意的是，滑坡区内的建设布局存在不合理性，本身具有极大的滑坡风险。例如滑坡区内人类工程活动主要为开矿工人居住建筑、交通建设及基础设施建设等，建设用地均依坡面修建，特别是山地交通道路建设，改变了原始地形，局部导致地表水滞留坡体；临近道路一侧，工人居住用地建设时有开挖坡脚现象，无安全放坡比例，坡顶无截排水措施；局部坡脚有高约2.5米挡土墙支挡，但坡体未做拦石网等护坡处理。

## 四、防治对策及建议

金口河区鹿儿坪山体滑坡是在人为不合理开采活动的诱导下发生的，防治工程也应多从工程活动方向整体考虑。工程防治的总体原则是投入少、工程效果好；滑坡治理工程要对今后采矿工作的安全运行具有指导意义；滑坡治理工程方案要保证鹿儿坪在各种不利荷载组合下不再产生整体或较大规模的局部滑移破坏。基于此认为“矿采地地质勘测+堆积物料清理+防灾减灾工程布施+安全宣传教育”的治理方案可作为鹿儿坪山体滑坡的参考治理工程方案。

### （一）选址做到综合考虑，加强安全问题考察

政府和企业应重视矿产开发等工程活动，加强安全管控力度，在选址环节，应进行深入细致的研究分析潜在滑坡区域，全面掌握地质安全状况，并制定周全的自然灾害预防和应对措施。同时，督促与规范矿产开采活动中的建筑设施合理布局，如营建生活区时，应规避可能发生滑坡的高危地带，并充分利用原有的地形，保持地形起伏。

### （二）及时清理矿渣，避免废弃物堆积

完成开采后，及时有效使用运输工具清理矿物废渣，以确保山体的稳定状态。在处理生活污水问题时，考虑选择性地避开建筑物密集区域，并在此基础上进行适当的排水沟挖掘工作，以此降低污水的排放行为对地质构造的稳定性造成的不良影响。

### （三）加强防灾减灾工作，提高抗灾能力

针对滑坡易发地区，设计有效的防护结构，如钢筋混凝土块铺设的排水管道、石笼和抗滑挡土墙等，起到排水、防止土体侵蚀和提供抗滑力的作用，增加坡体稳定性。选择构建挡土墙材质时，考虑到鹿儿坪土质疏松，边坡侧压力大，需采用高强度的防护结构，如钢筋混凝土或土钉墙。同时，可以考虑结合采取植物护坡措施，在边坡上种植花草树木，并注意保持其表面的湿润，避免出现过于干燥或水分过多的情况，以确保边坡的稳定和安全。此外，通过规划和修建紧急撤退通道，为居民提供安全疏散的通道，减少滑坡灾害发生时的人员伤亡风险。

### （四）加大滑坡知识宣传，提高应对能力

加强滑坡相关知识宣传教育，提高民众的对地质灾害的防灾、减灾意识，有利于最大可能地降低滑坡事故导致的人员伤亡。例如，对于滑坡前兆的判断，首先注意观察山脚下是否有黄色泥泞溢出，若泥水流向崖底且并非土壤表层渗漏，即为塌方预兆；其次，查看树木是否倾斜异常，若是原本挺拔之树倾于崖边，亦同样预示将要发生崩塌现象；再次，观察山坡下坡路是否附有微小碎石和泥土，如有且持续坠落，立即撤离；最后，需留意山体内是否存在清晰可见的裂缝以及植物有无明确断裂迹象，一旦发现此类情况，务必迅速远离。

## 参考文献

- [1]肖杨,袁淑杰,张碧等.大渡河流域降水时空分布特征[J].人民长江,2019,50(S1):60-67.
- [2]赵娜,钟家彬.乐山市金口河区大渡河沿岸崩塌地质灾害发育特征[J].地质灾害与环境保护,2017,28(04):26-30.
- [3]土壤科学数据中心.中国土壤分区矢量图(1:1000万)[EB/OL].<https://zhuanlan.zhihu.com/p/665553822>,2023-11-07/2023-11-09.
- [4]Hengl,Tomislav;MacMillan,Robert A.Predictive Soil Mapping with R.OpenGeoHub foundation,Wageningen,the Netherlands,2019.
- [5]周心经,郭宇.广州市从化区和丰村张洞山体滑坡成因特征及稳定性分析[J].绿色科技,2021,23(12):187-189.