

赣南地区切坡建房坡率允许值的研究

刘国成^{1,2} 刘学亮^{1,2} 汪盛^{1,2} 李富祥^{1,2}

1. 赣州市地质灾害防治重点实验室 江西赣州 341000

2. 江西省地质局第七地质大队 江西赣州 341000

摘要: 赣南地区位于江西省南部山地丘陵区和多雨区, 因人为活动进行切坡开挖, 破坏了边坡平衡条件, 暴雨期间易造成崩塌滑坡灾害发生。农业人口分居于低山丘陵区沟谷旁及岗地局部地区, 居民要靠切坡造地建房, 才能满足住房需求, 形成大量的不稳定边坡, 因此, 对赣南地区人工切坡坡率展开研究, 用以指导村民建房切坡具有现实意义。本文统计分析赣南地区已发生的滑坡灾害点5333处, 梳理总结地灾发生与地形地貌、人工切坡、地层岩性的关系, 再筛选出100处有代表性典型地灾点进行现场调查和稳定性分析验证, 结合工程经验, 提出不同工程地质岩组中合适的切坡坡率, 可为该地区村民建房切坡和地质灾害防治提供借鉴和依据。

关键词: 赣南地区; 切坡建房; 地质灾害; 切坡坡率; 稳定性分析

Study on the allowable slope rate of slope-cutting house-building in south Jiangxi province

Guocheng Liu^{1,2}, Xueliang Liu^{1,2}, Sheng Wang^{1,2}, Fuxiang Li^{1,2}

1. The key laboratory of geological disaster prevention and control in Ganzhou, Ganzhou, Jiangxi, 341000

2. The seventh Geological Brigade of the Jiangxi Provincial Geological Bureau, Ganzhou, Jiangxi, 341000

Abstract: The southern region of Jiangxi Province, known as Gannan, is characterized by hilly and mountainous terrain and receives abundant rainfall. Human activities, such as slope cutting and excavation, have disrupted the natural slope equilibrium, making it vulnerable to landslides during heavy rainfall. Agricultural communities in this area are scattered along the valleys and foothills, and residents often resort to slope cutting to create space for housing, leading to the formation of numerous unstable slopes. Therefore, researching the slope cutting rates in Gannan is of practical significance to guide local residents in constructing houses and slopes. This paper conducted a statistical analysis of 5333 landslide disaster locations in the Gannan region, examining the relationships between geological disasters, topography, anthropogenic slope cutting, and rock strata characteristics. From this analysis, 100 representative and typical landslide locations were selected for on-site investigations and stability analyses. Combining this empirical data with engineering experience, appropriate slope cutting rates for various geological and rock formations were proposed. This research can serve as a reference and foundation for local residents in Gannan to guide their slope cutting activities for housing construction and geological disaster prevention.

Keywords: South Region of Jiangxi; Cutting Slope to Build Houses; Geological Disasters; Cutting Rate; Stability Analysis

受极端性、灾害性气象等自然条件的影响, 加之人类在工程建设活动和各种资源开发活动中不断扩张, 给

我国地质环境带来了巨大破坏, 造成了严重后果, 同时地质灾害发生的频率也在不断上升^[1]。赣南地区位于江西省南部山地丘陵区和多雨区, 降雨是诱发滑坡失稳的主要因素之一^[2-5], 受地质条件影响, 90%的人工高边坡安全性达不到规范要求^[6], 因人为活动进行切坡开挖, 破坏了边坡平衡条件, 暴雨期间易造成崩塌滑坡灾害发生。地质灾害体的物质成分以土体为主, 岩土体为

项目资助: 江西省地质局第七地质大队2022年度科研项目: 赣南地区农村切坡建房地质灾害防治技术指南。

作者简介: 刘国成(1985.09-), 男, 高级工程师, 主要从事岩土工程、地质灾害防治方面的应用研究。

辅的特点。发生地质灾害的原因,除受地形地质环境条件控制外,多与降雨和工程切坡、采矿等自然与人为工程诱发因素有关。汛期集中强降雨是诱发地质灾害的主要自然因素,采矿、工程切坡、切坡建房等是主要的人为因素。不合理的人类活动加重了地质灾害趋势^[7]。近年来随着城镇化建设和人们对居住条件的改善强烈需求,房屋建筑工程活动愈演愈烈,自然平坦地块越来越少,挖山切坡、填方造地拓宽平地面积建房的现象有逐年增多趋势。城镇人口主要聚居于平坦开阔地带,发生崩塌滑坡灾害较少;农业人口分居于低山丘陵区沟谷旁及岗地局部地区,居民要靠切坡造地建房,才能满足住房需求,但因缺乏必要的专业技术人员指导及条件所限,形成大量的不稳定边坡,在强降雨、连续降雨等因素的诱发下极易导致崩塌、滑坡现象的发生。据不完全统计,1998年至2019年间赣南地区共发生各类大小地质灾害26881处,共造成158人死亡,593人受伤,18978间房屋倒塌,25318间房屋毁坏,直接经济损失达32904万元。而山区村民建房时进行人工切坡,又不可能都请专业人员参与设计或指导,因此,对赣南地区人工切坡坡率展开研究,用以指导村民建房切坡具有现实意义。

一、切坡建房概况

赣州市地处低山丘陵地形,矿产资源丰富,人类工程活动是赣南经济发展时期改变地质环境的主要因素之一。根据其用途属性,人类工程活动可以概括分为房屋建筑、交通建设、水利工程建设、矿产开发等四个方面,其中切坡建房活动造成的地质灾害最为严重。以寻乌县为例,在2021年《寻乌县宅基地和集体建设用地切坡建房核查工作》中共完成了10406个图斑的调查核实,一类确定图斑存在切坡建房5441个,二类疑似图斑存在切坡建房4965个,利用调查成果与寻乌县地质灾害点进行关联对比,共有614处地质灾害点存在切坡建房现象,占地质灾害总数的37.2%,说明地质灾害与人工切坡息息相关。

二、研究方法

1. 搜集资料

搜集资料包括:赣南地区18个县(市)的1:5万地质灾害调查资料、重点乡镇的1:1万地质灾害调查资料、切坡建房资料、气象水文资料以及单点失稳边坡的勘查、边坡治理设计及施工监测资料、边坡变形监测资料等。

2. 资料分析

在搜集的资料中按照赣南地区不同的岩土体类型进行统计分析,综合分析影响其失稳因素。

3. 人工切坡引发的地质灾害点及隐患点的调查

选取有代表性的由人工切坡引发的地质灾害点及隐患点进行调查分析,查明边坡破坏形式及失稳原因,对调查的每个地灾点进行分析,采集野外数据。

4. 治理点的调查

选取代表性的治理后的人工切坡进行调查,对比治理后的监测数据,分析边坡治理效果及变形特征。

5. 软件模拟

对部分边坡进行软件模拟及预测,分析不同边坡角情况下的边坡稳定性,取得不同岩土体的边坡安全角。

6. 综合研究

通过资料分析、野外调查结果,分析不同岩土体类型的切坡的失稳因素,通过分析治理后人工切坡的支护方式及监测数据,得出赣南地区不同岩土体类型的一般切坡建房的指导意见。

三、调查研究

1. 区域地质灾害发育规律的统计分析

地质灾害的发生与众多因素有关,如地形地貌、地质构造、工程地质岩组、斜坡结构、人类工程活动等诸多因素。其中地形地貌、工程地质岩组及人类工程活动对地质灾害的发育起着主导作用。人类工程活动的表现形式即为人工切坡,为本次研究的主要因素。

(1) 地质灾害与地形地貌

赣南地区地形地貌主要以山地、丘陵为主,平原面积少。由于经济社会的发展,人民生活水平的不断提高,对住房的需求也随之增加,特别是农村地区,受耕地保护的制约,适宜建房的平缓地带日益减少,不得不进行切坡,进行场地平整用于切坡建房。

从收集已发生滑坡灾害的数据,对有相对准确记录的自然斜坡数据进行统计分析,可以发现,自然坡度小于30度时,随着自然斜坡坡度的增加,滑坡灾害也随之增加,当自然坡度达到一定程度时,地质灾害而逐渐减少(图3-1)。

通过统计分析可以发现,滑坡地质灾害的发生主要发生在自然斜坡坡度在25°-30°之间的斜坡上。在切坡建房过程中,由于自然斜坡坡度越陡,要获得更大的建房场地,上部自然斜坡没有更多的放坡空间,必然人工切坡坡度就越陡,进而更易引发地质灾害的发生。超过35°的自然边坡一般地质条件较好,稳定性反而有可能比25~30°的斜坡更好。

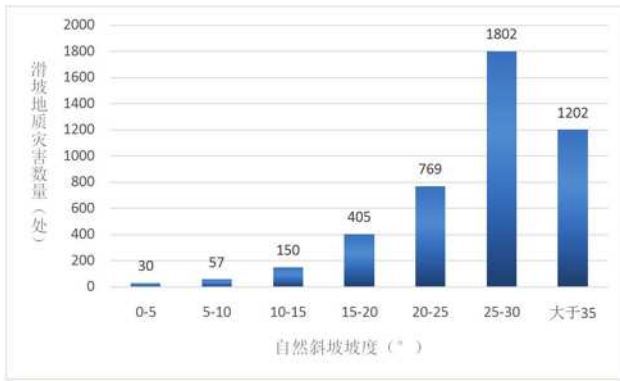


图3-1 自然斜坡坡度与滑坡地质灾害发生数量关系统计图

Fig.3-1 the statistic diagram of the relationship between the natural slope gradient and the occurrence of landslide geological hazards

(2) 地质灾害与岩土体类型

采用滑坡类型、数量及数量占比、面积及面积占比、点核密度及面积赋核核密度等分析滑坡灾害群的地形地质环境特征^[8]。根据《江西省工程地质图说明书(修编)》(1:500000)(江西省地质环境监测总站),将全省工程地质岩组划分为5大类,如表3-1。通过整理分析收集已发生滑坡灾害点的工程地质岩组分类进行合并统计分析(表3-1,图3-2),已发生滑坡灾害发生在变质岩岩组(B)的数量最多,灾害点密度也最大,灾害数量主要发生在变质岩岩组(B)及侵入岩岩组(Y)。

表3-1 滑坡地质灾害工程地质岩组统计表

Table 3-1 Engineering geological rock formation statistics of landslide geological hazards

序号	岩类	岩组名称	面积 (km ²)	灾害点数量 (处)	滑坡灾害数量占比 (%)	点密度 (处/km ² ·100)
1	B	变质岩岩组	15327.03	2724	49.00	17.77
2	S	碎屑岩岩组	8574.58	1104	19.86	12.88
3	Y	侵入岩岩组	14436.87	1618	29.11	11.21
4	T	碳酸盐岩组	654.09	103	1.85	15.75
5	Q	松散岩组	319.97	10	0.18	3.13

2. 建房切坡坡度、高度特征的分析研究

根据对已发生滑坡的灾害点5333处进行统计分析,并选取100处进行现场验证调查,从灾害发生数量上来看,大部分发生在人工切坡坡度55°-75°之间,以55°-65°之间最多(图3-3)。从灾害点变化趋势上来看,当人工切坡坡度约大于55°以上时,滑坡灾害的数量变化较大(图3-4)。进一步对切坡高度进行统计分析,发生滑坡灾害的人工切坡高度主要集中在5-10m范围内。

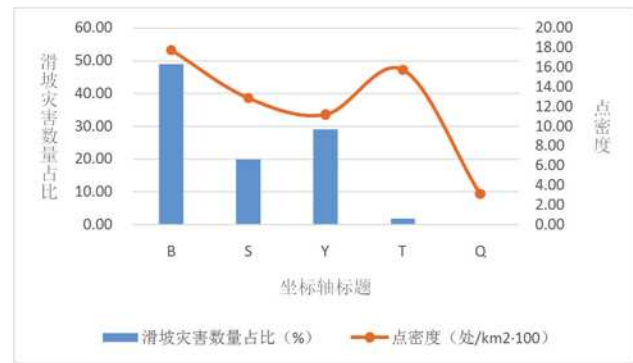


图3-2 滑坡灾害数量占比与点密度关系图

Fig.3-2 the relationship between the proportion of landslide disasters and the point density

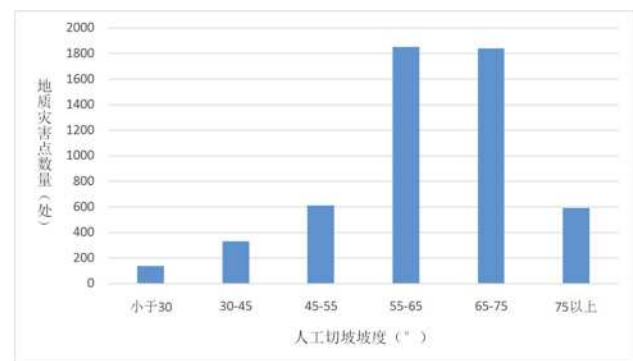


图3-3 滑坡灾害人工切坡坡度统计图

Fig.3-3 statistical chart of slope gradient of landslide

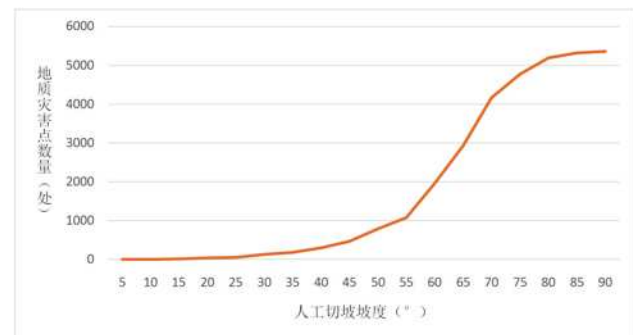


图3-4 人工切坡坡度与滑坡灾害数量变化关系图

Fig.3-4 the relationship between the slope of artificial cut slope and the number of landslide disasters

通过以上的资料的统计分析,结合野外现场调查,已发生滑坡灾害的人工切坡高度主要集中在5-10m范围内,本次仅仅对切坡坡度小于10m,自然斜坡坡度小于25度的切坡开展分析研究,总结其规律。人工切坡的种类和变化复杂多样,影响其稳定的因素也各有不同,对于人工切坡高度大于10m,自然斜坡坡度大于25°的人工切坡,因其危险性较大,需开展专门的勘查工作对其进行评价。

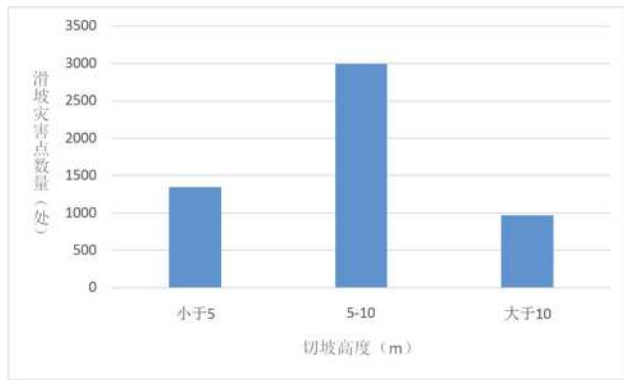


图3-5 滑坡灾害人工切坡高度统计图

Fig.3-5 statistical chart of the height of artificial cut slope caused by landslide

四、不同切坡坡率稳定性分析研究

1. 计算模型的确定

将每一类型工程地质岩组，根据赣南地区的地形地貌及地层岩性特点建立计算模型，分别按照不同切坡坡率进行稳定性计算分析，总结出各类岩土体切坡稳定性允许切坡坡率。根据前述，地质灾害在变质岩岩组发生的比例最高。故本文以变质岩类切坡为例阐述分析过程。

对于切坡各工程地质岩组厚度的确定，一是根据收集资料进行统计分析，二是结合现场调查分析确定。根据收集资料进行统计分析，已发生滑坡主要是以土质滑坡为主，可能夹带下部风化节理裂隙发育的强风化层或者全风化层一并滑落。野外调查发现，变质岩岩组切坡上部土层厚度大部分在1-3m之间，下部强风化层或全风化层厚度在2-4m之间，坡脚基本上以强风化基岩或者中风化基岩，厚度在2-3m之间，有的切坡可能未见中风化层或强风化层。为了统一计算，结合野外经验，各岩组厚度均取具有代表性的值，计算模型特征如下：

表5-1 赣南地区农村自建房切坡建议坡率表

Table 5-1 the recommended slope rate of self-built houses in rural areas of southern Jiangxi province

序号	岩土类别	边坡土层性状描述	切坡5m(4m)以下建议坡率	切坡5~10m(4~8m)建议坡率
1	可塑状黏性土	手捏似橡皮泥有柔性，手按有手印，锄头容易挖。	1: 1.50~1: 1.75	不应采用坡率法
2	硬塑状黏性土	用力捏成块后有柔性，用手捏感觉干，不易变形，手按无指印，用锄头可挖。	1: 1.00~1: 1.25	1: 1.25~1: 1.50
3	稍湿粉土	粉土扰动后不易握成团。	1: 1.00~1: 1.25	1: 1.25~1: 1.50
4	坚塑状黏性土	用手捏干而坚硬，用锄头难挖，用镐可挖。	1: 0.75~1: 1.00	1: 1.00~1: 1.25
5	稍密碎石土	用镐易刨开，手锤轻击即可引起部分坍塌。	1: 0.75~1: 1.00	1: 1.00~1: 1.25
6	中密碎石土	用镐可挖掘，用手可掏取大颗粒。	1: 0.50~1: 0.75	1: 0.75~1: 1.00
7	密实碎石土	用镐挖掘困难，用撬棍方能松动，用手掏取大颗粒有困难。	1: 0.35~1: 0.50	1: 0.50~1: 0.75
8	密实砂岩质土	用镐挖掘困难，局部尚可分辨出原岩结构。	1: 0.35~1: 0.50	1: 0.50~1: 0.75

注：括号内为土层厚度

变质岩岩组切坡计算模型：切坡高度10m，自然斜坡坡度25°，地层厚度自上而下依次为：0-2m为第四系土层；2-5m为强风化层；5-10m为中风化层。结合切坡引发灾害发生的坡度，分别计算切坡坡率1: 1、1: 0.75、1: 0.5、1: 0.35等4种不同坡率下的稳定性。

2. 计算参数的确定

本次调查收集了赣州市各县、市、区历年来已开展地质灾害勘查设计工作的成果资料43套，对勘查成果资料进行整理，重点统计分析了灾害体的物质组成、工程地质特征以及不同工况下的物理力学参数，采用统计结果的物理力学参数的低值。所采用物理力学参数如下表4-1：

表4-1 滑坡模型物理力学参数

Table 4-1 physical and mechanical parameters of landslide model

序号	模型	地层岩性	计算工况	凝聚力 C (kPa)	内摩擦角 ϕ (°)
1	变质岩切坡模型	砂质粘土	暴雨(饱和)	16	15.5
2		全风化		18	21
3		强风化		25	23

4.2 初步结果

结合上述计算模型和物理力学参数，对变质岩切坡进行建模计算，计算结果如下表4-2：

表4-2 滑坡模型不同坡率计算结果

Table 4-2 calculation results of different slope rate of landslide model

序号	模型	计算工况	切坡坡率	计算结果
1	变质岩切坡模型(饱和)	暴雨	1: 0.35	0.91
2			1: 0.5	1.003
3			1: 0.75	1.116
4			1: 1	1.32

五、结论与建议

考虑本研究内容用于指导村民切坡建房,为提高可操作性,对前述切坡率进一步提炼,结合切坡高度和工程地质条件,针对赣南山区建房削坡可能引发的典型地质灾害隐患,根据计算结果,结合工程经验,提出得出不同地层情况合适的切坡坡率,见表5-1。

参考文献:

[1]刘传正,沈伟志,黄帅.中国地质灾害预防应对战略思考[J].灾害学,2022,37(3):1-4,11.

[2]熊坤,易武,王力,等.三峡库区八字门滑坡变形破坏机理分析[J].中国地质灾害与防治学报,2019,30(5):9-18.

[3]李德营,徐勇,殷坤龙,等.降雨型滑坡高速运动与堆积特征模拟研究:以宁乡县王家湾滑坡为例[J].地质科技情报,2019,38(4):225-230.

[4]黄晓虎,易武,龚超,等.开挖致使古滑坡复活变形机理研究[J].岩土工程学报,2020,42(7):1276-1285.

[5]马凤山,李国庆,张亚民,等.西气东输管道靖边-延川段地质灾害遥感识别及危险性评价[J].工程地质学报,2008,16(增刊1):138-144.

[6]谭银龙,许万忠,曹家菊,罗丹,王本栋,譙立家,周谊.基于Midas-GTS的三峡库区金鸡岭滑坡成因机制与稳定性分析[J].水文地质工程地质,2023,50(1):113-121.

[7]刘传正,沈伟志,黄帅.中国地质灾害预防应对战略思考[J].灾害学,2022,37(3):1-4,11.

[8]刘传正,王建新.自然灾害的基本型式及防控对策研究[J].岩石力学与工程学报,2023,42(2):295-291.