

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2023.01.11

引用格式: 沈义东, 宋铮宇, 李德. 大别造山带岳西县斜坡变形破坏演化模式[J]. 中国地质调查, 2023, 10(1): 100–109.
(Shen Y D, Song Z Y, Li D. Evolution model of slope deformation and failure in Yuexi Country of Dabie mountains orogenic belt [J]. Geological Survey of China, 2023, 10(1): 100–109)

大别造山带岳西县斜坡变形破坏演化模式

沈义东¹, 宋铮宇¹, 李德²

(1. 安徽省地质矿产勘查局地球物理地球化学勘查技术院, 安徽 合肥 230000;

2. 安徽省地质矿产勘查局 326 地质队, 安徽 安庆 246003)

摘要: 岳西县自然斜坡在地球内、外动力共同作用下, 容易变形并遭到破坏, 造成人员伤亡和财产损失, 严重制约了当地的经济发展。通过系统的工程地质调查和浅表生改造理论分析, 查明了岳西县斜坡变形破坏特征及其成因, 并探讨了其演化模式。结果表明, 岳西县不同岩组的抗风化能力和力学特性存在差异, 斜坡发生地质灾害的机理也不相同。根据斜坡结构特征, 岳西县滑坡分为全风化层滑坡、强风化层滑坡和顺层岩质滑坡: 全风化层滑坡的滑面位于全风化层中或全风化层与强风化层的分界线处; 强风化层滑坡的滑面主要发育于强风化层与中风化层的分界线处; 顺层岩质滑坡主要发育于片麻岩发育的顺向坡中。根据变形破坏方式, 岳西县崩塌可分为为滑移式崩塌、倾倒式崩塌和坠落式崩塌: 滑移式崩塌主要由一组缓倾坡外结构面和另一组陡倾(坡外或者坡内)结构面控制; 倾倒式崩塌主要由一组陡倾坡内结构面和另一组近水平发育的结构面控制; 坠落式崩塌主要由一组结构面陡倾或近直立发育的结构面控制。岳西县滑坡多发育于风化壳厚度较大、岩体较松散、结构面强度低的地区; 崩塌多发育于斜坡高陡、岩质风化程度低、结构面发育的地区。研究成果对岳西县乃至整个大别山地区地质灾害的研究及防治工作具有一定的借鉴意义。

关键词: 岳西县; 地质灾害; 斜坡; 变形破坏; 演化模式

中图分类号: P681.7

文献标志码: A

文章编号: 2095–8706(2023)01–0100–10

0 引言

岳西县地质环境条件脆弱, 地质灾害多发、频发, 严重威胁着广大人民群众的生命和财产安全, 对社会经济的可持续发展造成了极大影响。诸多学者对岳西县及大别山区做过深入的研究: 汤加富等^[1]分析了大别造山带的构造成因与岩性建造特征, 确定了该区存在大量的新元古代碱性变质花岗岩, 并针对大别造山带的形成机理, 提出了非印支期碰撞造山的认识; 徐红^[2]通过分析岳西县某矿山片麻岩边坡变形破坏机理, 认为矿山地质灾害易发点多数是受地形坡度大、松散且易风化岩性、特殊的水文地质条件及人类开采活动的影响; 王龙平等^[3]通过野外调查和统计分析, 发现岳西县地质灾害发育多数

受降雨及人类工程活动的影响; 魏娇娇^[4]在查明了岳西县地质环境条件的基础上, 总结了研究区已发生地质灾害的具体特征和分布规律, 认为高角度隐形结构面是造成崩塌、滑坡的重要原因; 吴树仁等^[5]在长江三峡库区滑坡调查和统计分析的基础上, 将库区滑坡宏观变形机理分为滑动面控制、滑体控制和两者组合控制 3 种类型。但上述研究仅对岳西县某个或某类典型滑坡或崩塌的成因机理或影响因素进行了分析, 并没有对岳西县乃至大别山地区的地质灾害形成演化模式进行综合研究。本文以“安徽省岳西县 1:5 万地质灾害调查与风险评价”项目为依托, 分析了岳西县崩塌、滑坡的形成机理与大别山造山带岳西县地质灾害的成灾模式及其诱发因素, 旨在为岳西县乃至整个大别山地区地质灾害的研究及防治工作提供借鉴。

收稿日期: 2022–04–25; 修订日期: 2022–10–23。

基金项目: 安徽省自然资源厅“安徽省岳西县 1:5 万地质灾害调查与风险评价(编号: YXFC2021–07)”项目资助。

第一作者简介: 沈义东(1996—), 男, 助理工程师, 主要从事地质灾害防治与地质环境保护研究工作。Email: 1614966915@qq.com。

1 研究区概况

1.1 自然地理条件

岳西县隶属安徽省安庆市,位于长江中下游北岸,地处大别山东南腹地,北与六安市霍山县、舒城县相邻,东与安庆市潜山县接壤,南与安庆市太湖县毗邻,西与湖北省英山县相接。岳西县内多山,地势北西高、南东低,地貌以中、低山地为主,多发育冲沟及“V”型谷,一般山坡坡度为 25°~60°。在县域北部、东部和南部,分布着山前丘陵与河谷,其中:丘陵较平缓,坡度为 10°~25°,水系呈树枝状,沟谷呈“U”型谷;河谷较平坦,稍有起伏,略向下游倾斜。岳西县属亚热带季风湿润气候,总体上气候温和,日照充足,雨量充沛,四季分明。气温受地貌条件影响明显,年平均气温 14.4℃,多年平均降水量 1 520.5 mm。

1.2 地层岩性及工程地质岩组

岳西县地表出露岩性多为变质岩和岩浆岩。

变质岩主要分为两大类:一类为晋宁期—加里东期变形变质侵入体,岩性主要为花岗闪长质片麻岩和二长花岗质片麻岩,主要分布在中部、中西部、东北部、西北部和菖蒲等地区;另一类为燕山期(晚侏罗世—白垩纪)变质侵入岩,岩性主要为含绿帘黑云斜长片麻岩、二长斜长片麻岩、大理岩等,沿 NW—SE 向断裂发育,主要分布在北部地区,少数分布在西部地区。岩浆岩主要分为岩浆侵入岩和火山岩:岩浆侵入岩较发育,主要分布在北部、东北部、西南部和东南部地区,岩石类型为闪长岩、石英二长闪长岩、花岗闪长岩等;火山岩仅零星分布于岳西县中西部桃园寨一带,岩石类型为石英安山岩和英安岩。

根据岩土体成因、岩性、结构及工程力学性质,划分了 6 个工程地质岩组,分别为坚硬、较坚硬喷出岩(Ex),坚硬、较坚硬块状侵入岩(In),坚硬、较坚硬厚—中厚层深变质岩(HyI),较软深变质岩(HyII),较软、较坚硬薄—中厚层状片麻岩(HyIII),较软、较坚硬薄—中厚层状片麻岩(HyIII)和第四系松散层(Cs+Ps+Ss)(图 1)。

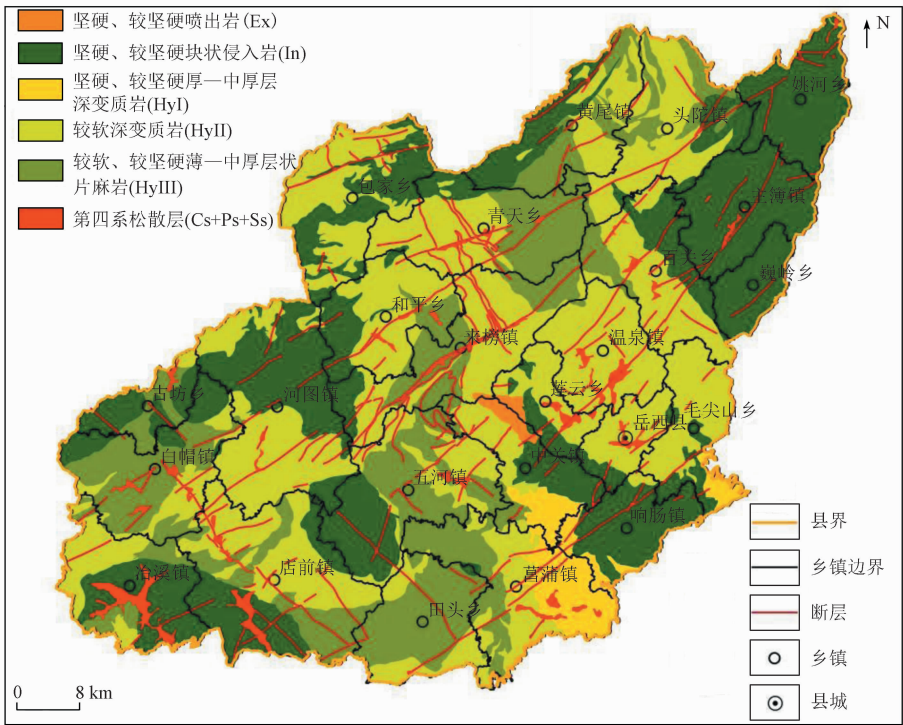


图 1 研究区区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch of the study area

1.3 地质构造与地震

研究区位于扬子准地台淮阳台隆岳西台拱内,主要分布于磨子潭深断裂和岳西断裂之间。中元古

代以来,该区长期隆起,是一个由多期构造旋回形成的复合造山带。区内断裂十分发育,主要为 NE 向断裂、NEE 向断裂,其次为 NW 向断裂(图 1)。区内新

构造运动活跃,以不均匀缓慢抬升、内部巨大隆起为特征,位于地震烈度Ⅵ度区,属于低烈度区。

断裂的活动性增大了区内构造的复杂性、不稳定性及岩石破碎程度,同时由于降雨集中且降雨量大,剥蚀、侵蚀及搬运作用强烈,极易形成滑坡、崩塌等地质灾害。

1.4 水文地质特征

根据含水介质,研究区地下水可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。地下水活动在大别山地区斜坡变形中增加了岩体或坡体自重,降低了岩土体强度以及降雨入渗后对岩土体产生的浮托力和静水压力,其中最突出的特点是地下水软化了潜在滑带。

地表水沿结构面入渗坡体内部,当入渗至潜在滑带位置时,由于潜在滑带自身的弱透水性或不透水性,在坡体内部形成隔水层。随着地下水持续入渗、浸润,潜在滑带逐渐贯通,斜坡失稳变形。

1.5 人类工程活动

岳西县公路交通、水利水电、垦荒种植、矿产开

发、城镇建设等人类工程活动较活跃。随着近几年的城镇化和农村经济建设发展,大规模切坡建房、切坡修路等人类工程活动,一定程度上改变了斜坡原有的应力平衡,破坏了地质环境条件。

2 地质灾害形成机理及影响因素

2.1 地质灾害分布特征及影响因素

根据野外调查结果,岳西县共有滑坡、崩塌隐患点 184 处,其中崩塌 128 处,滑坡 56 处。地形地貌、岩性、地质构造是发生地质灾害的基础^[6-11],降雨和人类工程活动是形成滑坡、崩塌的主要触发因素^[12-15]。

2.1.1 基础条件

(1)地形地貌。地形地貌对地质灾害的影响主要体现在坡型和坡度上。岳西县坡型可分为直线型、凸起型、凹陷型和阶梯型。滑坡主要发育凹陷型和直线型斜坡,崩塌主要发育凸起型和阶梯型斜坡(图 2)。

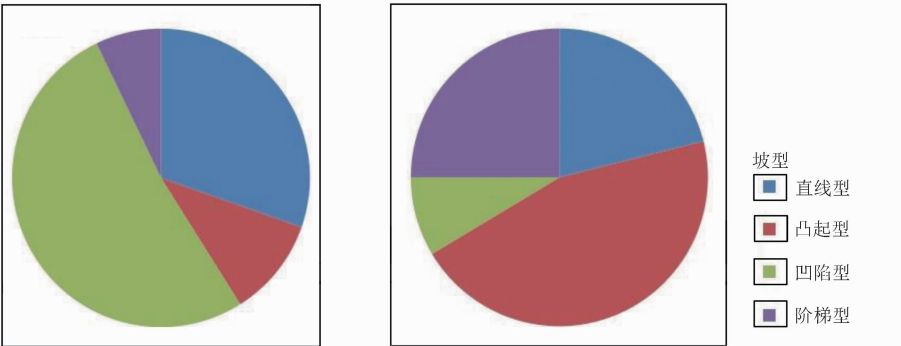


图 2 不同坡型下滑坡(左)、崩塌(右)发育特征

Fig. 2 Development characteristics of landslides(left) and collapses(right) for different slope types

斜坡的坡度越大,临空面局部应力越集中,斜坡越容易产生变形破坏。根据坡度,斜坡可分为陡

崖、陡坡、缓坡和平台。从统计结果看,崩塌主要发育陡崖,滑坡主要发育陡坡(图 3)。

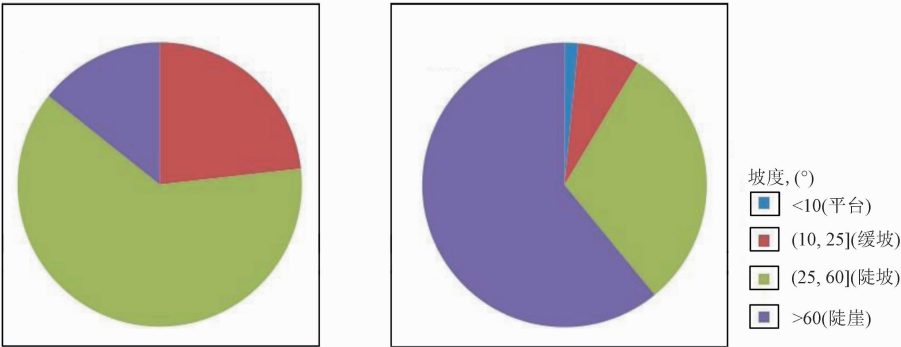


图 3 不同坡度下滑坡(左)、崩塌(右)发育特征

Fig. 3 Development characteristics of landslides(left) and collapses(right) for different slope degrees

(2)岩性。根据岩土体物理、力学及水理性质,研究区主要分为 6 个工程地质岩组。各岩组矿物成分存在差异,风化程度和风化产物不同,斜坡变形破坏机理也各不相同。从滑坡发育密度来看,由高到低依次为坚硬、较坚硬块状侵入岩,较软、较坚硬薄—中厚层状片麻岩,较软深变质岩,坚硬、较坚硬

喷出岩,坚硬、较坚硬厚—中厚层深变质岩以及第四系松散层,且同类型岩组风化后较原岩更易发生滑坡;从崩塌发育密度来看,由高到低依次为坚硬、较坚硬喷出岩,坚硬、较坚硬块状侵入岩,较软、较坚硬薄—中厚层状片麻岩,较软深变质岩,第四系松散层以及坚硬、较坚硬厚—中厚层深变质岩(图 4)。

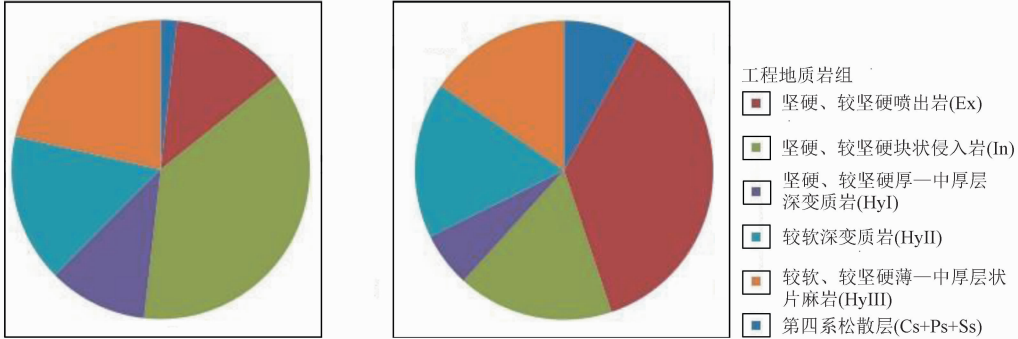


图 4 不同岩组条件下滑坡(左)、崩塌(右)发育特征

Fig. 4 Development characteristics of landslides (left) and collapses(right) for different rock formations

(3)地质构造。地质灾害发育与断裂关系较密切。受断裂带控制,部分地质灾害点沿断裂带展布。根据统计结果,研究区主要断裂 500 m 范围内

灾害点 72 处,其中滑坡 23 处,崩塌 49 处,占灾害点总数的 39.1%(图 5)。可见,断裂对地质灾害点的发育及分布具有一定影响。

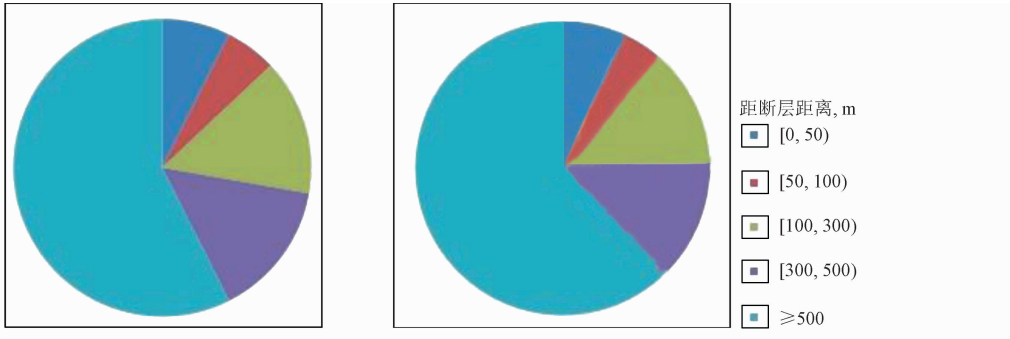


图 5 距断层不同距离下滑坡(左)、崩塌(右)发育特征

Fig. 5 Development characteristics of landslides(left) and collapses(right) for different distances from the fault

2.1.2 诱发因素

(1)降雨。由于岩体中结构面密集发育,易于地表水入渗,降水入渗既可增加土体容重和坡体自重,又会对岩土体起到软化作用,降低岩土体的力学强度,产生崩滑灾害。岳西县多年月平均降雨量与灾害数量对比(图 6)表明,降雨量与地质灾害数量呈正相关。

(2)人类工程活动。人类工程活动对地质环境的影响主要表现为公路建设及居民建房等,不仅改变了斜坡形态,而且破坏了斜坡原始应力的平衡状态,从而诱发地质灾害的发生。区内因人类工程活动诱发的地质灾害点占总数的 70% 以上(图 7)。

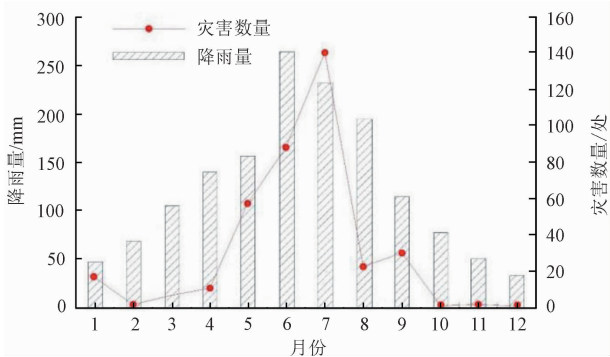


图 6 岳西县多年月平均降雨量与灾害数量对比
Fig. 6 Long – term average monthly rainfall and disaster development in Yuexi County

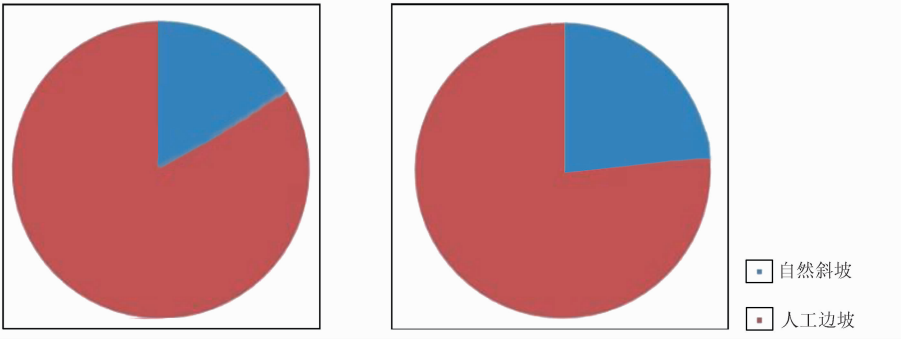


图 7 人类工程活动对滑坡(左)及崩塌(右)发育的影响

Fig.7 Influence on landslides(left) and collapses(right) by human engineering activities

2.2 地质灾害形成机理

2.2.1 滑坡

根据斜坡岩体的风化程度,将滑坡分为全风化层滑坡、强风化层滑坡和顺层岩质滑坡^[16-18]。

(1)全风化层滑坡。滑面位于全风化层中或全风化层与强风化层的分界线处,该类滑坡的滑面主要为圆弧形,其形成机理主要为牵引式(图 8)。

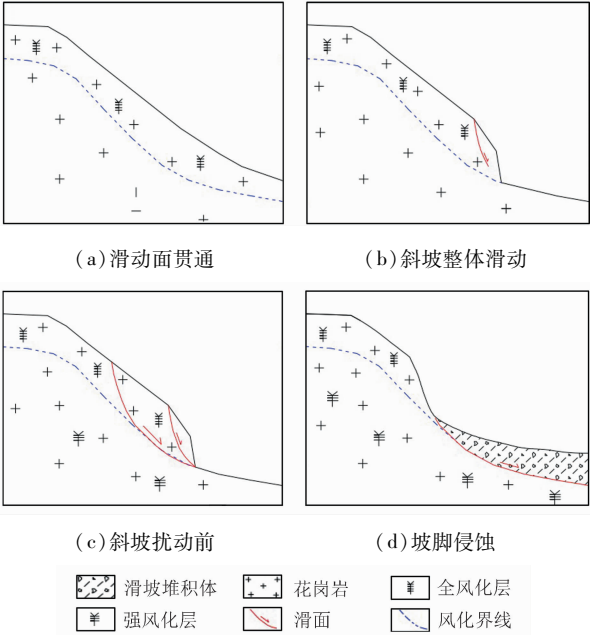


图 8 全风化层滑坡变形破坏过程

Fig.8 Deformation and failure process of all-weathered landslide

该类型滑坡发育于全风化层中,岩体中长石经风化后逐渐黏土化,在降雨的冲刷下运移,导致原岩孔隙度增加,地表水入渗导致黏土化的长石被运移,成为“类土质”岩体,不具备原有的岩体结构,自身强度下降,物理力学性质降低。长石黏土化后,在地下水的的作用下,运移至强风化层与全

风化层分界线处,形成隔水层并逐渐软化、泥化,发育成软弱滑带。在坡脚开挖后,斜坡的原有应力状态发生变形破坏,多发生于屋后切坡或公路切坡中,规模较小。

(2)强风化层滑坡。滑面多位于强风化层与中风化层分界线处,该类滑坡的滑面主要为折线形,其形成机理主要为牵引式(图 9)。

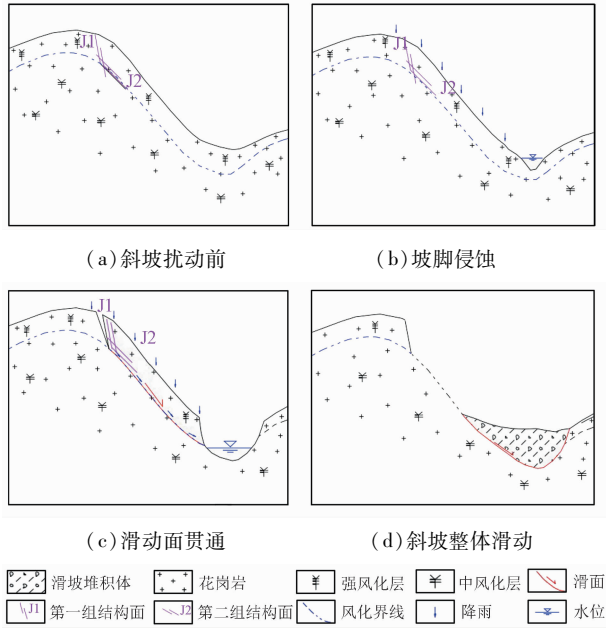


图 9 强风化层滑坡变形破坏过程

Fig.9 Deformation and failure process of strongly weathered landslide

该类型滑坡发育于坡表全风化层较薄或完全侵蚀搬运处,主要由强风化层组成。岩浆岩或变质岩的强风化层,仍具有一定的岩体强度,坡体内岩体结构依然保持完好,多组结构面将岩体切割,呈类似厚层-块状岩体,在块体稳定性受到扰动时,易沿着顺坡向的结构面发生岩质滑坡。该类

滑坡多发生于深切沟谷两侧的岸坡或大规模工程切坡中,滑坡规模一般较大,滑坡发生后一般会发 生局部性堵河。

(3)顺层岩质滑坡。岳西县发育的层状岩质滑坡 主要为顺层岩质滑坡,多发育在片麻岩中。由于片麻 岩中多发育一组与片麻理方向一致的结构面,当该组 结构面顺坡向时,前缘由于切坡建房或河流侵蚀坡脚 时,锁固段被破坏,下滑力大于阻滑力,在降雨、地震等 因素影响下,斜坡可能发生滑动(图 10)。

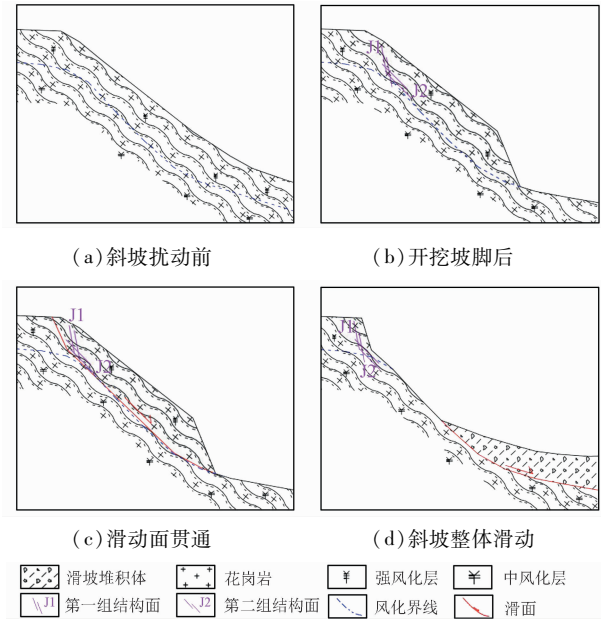


图 10 顺层岩质滑坡变形破坏过程

2.2.2 崩塌

根据破坏方式,将崩塌分为滑移式崩塌、倾 倒式崩塌和坠落式崩塌^[12-14]。崩塌多发育在公路切 坡处或切坡建房处。

(1)滑移式崩塌。该类崩塌形成在发育多组结 构面的斜坡中,其中两组为主控结构面:第一组主控 结构面顺坡向缓倾发育;第二组主控结构面顺坡向 (逆坡向)陡倾发育。多组结构面切割岩体呈块状, 在前缘坡脚开挖条件下,顺坡向结构面被揭露,在降 雨等因素诱发下,易发生滑移式崩塌(图 11)。

(2)倾倒式崩塌。该类崩塌形成在发育多组 结构面的斜坡中,其中两组为主控结构面:第一 组主控结构面近乎直立或逆坡向陡倾发育;第二 组主控结构面近水平发育。多组结构面切割岩体 呈块状,在坡脚开挖条件下,前缘临空,斜坡应力 重分布过程中,在岩体自重和降雨等其他诱发因

素下,陡立岩层逐渐向临空方向弯曲、倾倒变形, 形成倾倒式崩塌(图 12)。

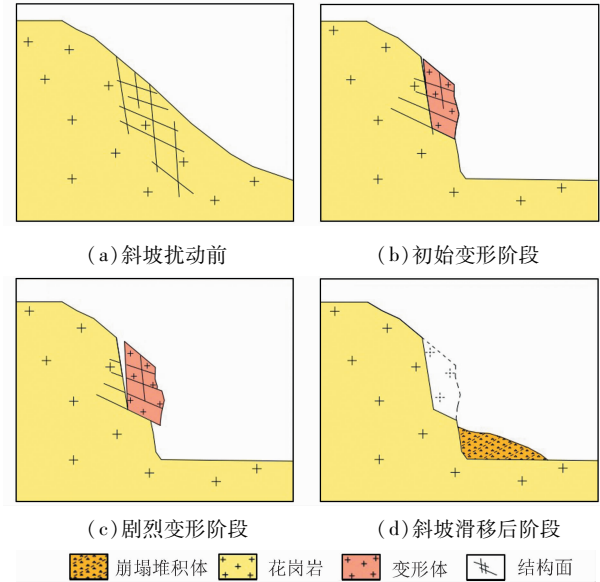


图 11 滑移式崩塌变形破坏过程

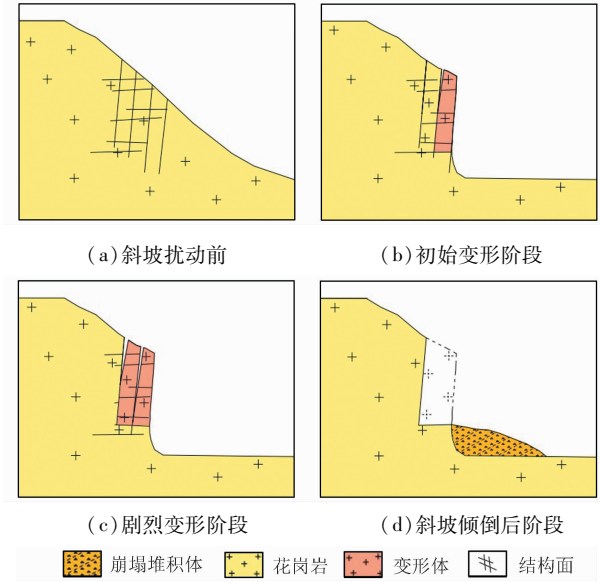


图 12 倾倒式崩塌变形破坏过程

(3)坠落式崩塌。该类崩塌的形成是由切坡 不合理造成的。在发育多组结构面的斜坡中,由 于不合理的切坡或其他因素,造成坡脚形成凹腔。 斜坡的主控结构面顺坡向近乎直立或陡倾发育, 其余两组结构面与主控结构面共同切割岩体呈块 状,斜坡岩体在自重和降雨等诱发因素下,形成坠 落式崩塌(图 13)。

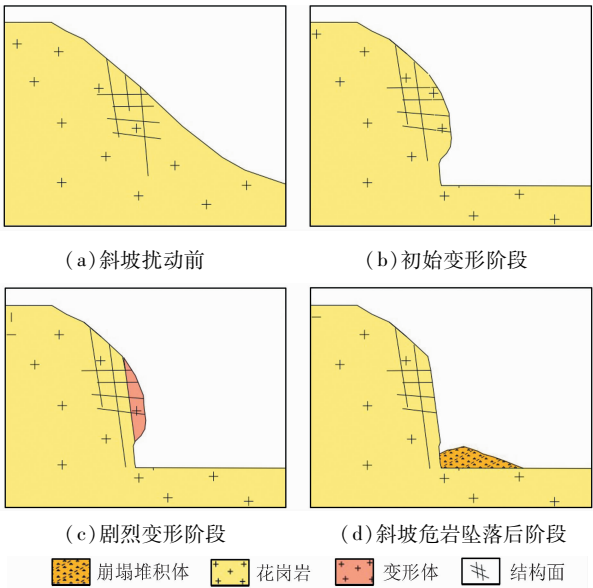


图 13 坠落式崩塌变形破坏过程

Fig. 13 Deformation and failure process of falling collapse deformation

3 斜坡变形破坏演化模式

斜坡的变形破坏是地球内、外动力共同作用的结果^[19-20]。本文从岩性组合、结构面、人工开挖及降雨等角度,阐明了岳西县斜坡变形破坏的成因模式。

3.1 滑坡变形破坏演化模式

岳西县地处大别山东南腹地,构造活动频繁,岩体受多期次构造应力影响,内部发育多组结构面,共同切割岩体呈块状。随着大别山的隆起,该区地下水侵蚀基准面不断下降,导致岩体的风化界线不断加深。斜坡岩体经长期风化作用,表面形成了一层风化壳,自上而下可分为全风化层、强风化层、中风化层、弱风化层和未风化层。

岳西地区滑坡主要发育于全风化层与中风化层之间,可分为全风化层滑坡、强风化层滑坡和顺层岩质滑坡。全风化层滑坡的滑面位于全风化层中或全风化层与强风化层的分界线处,由于全风化层在风化作用下,已经丧失了原有的岩体结构,岩体虽能保持块状特征,但力学强度及结构面强度均已丧失;强风化层滑坡的滑面主要发育于强风化层与中风化层的分界线处,该类滑坡多发育在河谷岸坡中,在斜坡前缘,被河流侵蚀或人工切坡,导致锁固段被破坏,下滑力大于阻滑力,在降雨、地震等因素影响下,斜

坡可能发生整体滑动;顺层岩质滑坡主要发育于片麻岩中,由于片麻岩中的长石经长期风化后形成黏土矿物,在降雨作用下,逐渐发生黏土化,发育成潜在滑带。岳西县滑坡综合成灾模式见图 14。

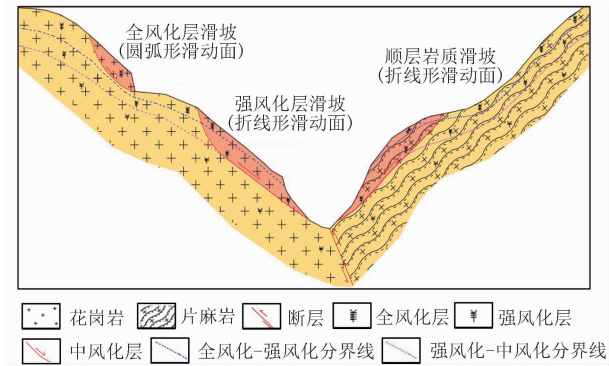


图 14 岳西县滑坡综合成灾模式

Fig. 14 Comprehensive disaster model of landslides in Yuexi County

滑坡多发育在斜坡风化程度剧烈的地区,此类地区风化壳厚度较大,岩体较为松散,结构面强度低,在降雨条件下易发生滑坡。

3.2 崩塌变形破坏演化模式

岳西县的崩塌主要发育在工程切坡中,如切坡建房、切坡修路等高陡边坡中。崩塌类型主要为滑移式、倾倒式和坠落式。滑移式崩塌主要由两组主控结构面控制,一组结构面缓倾坡外,另一组结构面陡倾(坡外或者坡内);倾倒式崩塌也主要由两组主控结构面控制,一组结构面陡倾坡内,另一组结构面近水平发育;坠落式崩塌由一组陡倾或近直立发育的结构面控制。岳西县崩塌综合成灾模式见图 15。

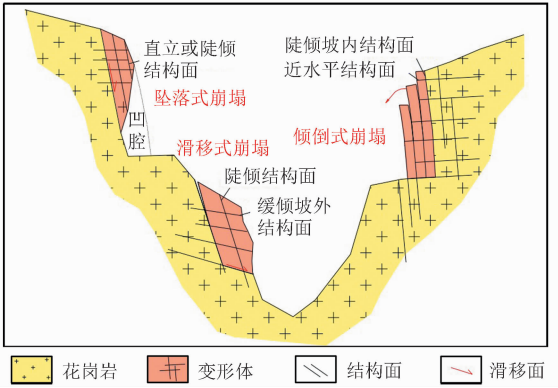


图 15 岳西县崩塌综合成灾模式

Fig. 15 Comprehensive disaster model of collapse in Yuexi County

崩塌在主控结构面和其他结构面的空间组合下,切坡岩体呈块状。当前缘临空时,在降雨作用下,降雨沿结构面入渗至坡内,一方面增加了坡体自重,另一方面降低了结构面强度,斜坡易发生崩塌。崩塌多具有沿公路、沿城镇分布的规律性,由于道路、城市市政建设等人工开挖坡脚,形成诸多高陡边坡,应力不断调整后,坡体内部微小裂隙或闭合节理都会逐渐张开,结构面发展扩大后,会充水、入渗,降低结构面强度,进而发生崩塌变形破坏。

4 结论

(1)大别造山带岳西县斜坡变形破坏类型分为滑坡和崩塌。滑坡可分为全风化层滑坡、强风化层滑坡和顺层岩质滑坡:全风化层滑坡的滑面位于全风化层中或全风化层与强风化层的分界线处;强风化层滑坡的滑面主要发育于强风化层与中风化层分界线处;顺层岩质滑坡主要发育于片麻岩发育的顺向坡中。崩塌可分为滑移式崩塌、倾倒式崩塌和坠落式崩塌:滑移式崩塌的一组结构面缓倾,另一组结构面陡倾;倾倒式崩塌的一组结构面陡倾,另一组结构面近水平;坠落式崩塌的一组结构面陡倾或近直立。

(2)岳西县滑坡主要受节理面和风化界面控制,节理面切割岩体作为地表水入渗通道,风化界面后期多发育为滑带,构成滑坡形成的结构基础;崩塌主要受岩体节理面控制,节理面的不同空间组合切割斜坡,进而形成不同的崩塌。

(3)岳西县滑坡多发育于斜坡风化程度剧烈的地区,风化壳厚度较大,岩体较松散,结构面强度低,在诱发因素触发下,易发生滑坡;崩塌多发育于高陡边坡处,斜坡应力不断调整后,坡体内部微小裂隙或闭合节理逐渐张开,结构面扩大后会充水、入渗,并降低结构面强度,进而发生崩塌变形破坏。

参考文献(References):

[1] 汤加富,钱存超,姜清. 安徽大别山及邻区区域地质调查进展与问题讨论[J]. 中国区域地质,2001,20(2):128-136.
Tang J F, Qian C C, Lou Q. Progress in regional geological surveys in the Dabie Mountains, Anhui, and their adjacent areas: with a discussion[J]. Reg Geol China, 2001, 20(2): 128-136.

[2] 徐红. 安徽岳西县某矿山地质灾害点的形成机制探讨[J]. 世界有色金属, 2021(21): 93-94.
Xu H. Discussion on the formation mechanism of a mine geological

disaster point in Yuexi County, Anhui Province[J]. World Nonferrous Met, 2021(21): 93-94.

[3] 王龙平,肖永红,魏路,等. 安徽省岳西县地质灾害类型及发育特征[J]. 能源技术与管理, 2015, 40(4): 7-9, 45.
Wang L P, Xiao Y H, Wei L, et al. Types and development characteristics of geological hazards in Yuexi County, Anhui Province[J]. Energy Technol Manag, 2015, 40(4): 7-9, 45.

[4] 魏娇娇. 岳西县主簿镇园口河流域崩滑地质灾害调查研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018.
Wei J J. Investigation and Study on the Geological Hazard of Collapse and Landslide in the Yuankou River Basin Yuexi County Zhubutown[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2018.

[5] 吴树仁,石菊松,张永双,等. 滑坡宏观机理研究——以长江三峡库区为例[J]. 地质通报, 2006, 25(7): 874-879.
Wu S R, Shi J S, Zhang Y S, et al. Landslide mechanisms: A case study of the Yangtze Three Gorges Reservoir area [J]. Geol Bull China, 2006, 25(7): 874-879.

[6] 张国栋,谈太溪,徐志华,等. 三峡库区谭家河滑坡变形监测成果分析[J]. 自然灾害学报, 2017, 26(3): 185-192.
Zhang G D, Tan T X, Xu Z H, et al. Analysis for deformation monitoring of Tanjiahe landslide in the Three Gorges Reservoir area[J]. J Natl Dis, 2017, 26(3): 185-192.

[7] 李长江,麻士华,朱兴盛. 降雨型滑坡预报的理论、方法及应用[M]. 北京: 地质出版社, 2008: 1-24.
Li C J, Ma T H, Zhu X S. Forecasting of Landslides Triggered by Rainfall: Theory Methods & Applications [M]. Beijing: Geology Press, 2008: 1-24.

[8] 唐雨生,苏培东,马云长,等. 含软弱夹层的顺层岩质滑坡渐进破坏研究[J]. 自然灾害学报, 2021, 30(6): 155-165.
Tang Y S, Su P D, Ma Y C, et al. Progressive failure of bedding rock landslide with weak interlayer[J]. J Natl Dis, 2021, 30(6): 155-165.

[9] 李子光. 花岗岩类土质边坡特性及稳定性分析[J]. 西部探矿工程, 2021, 33(2): 32-34, 38.
Li Z G. Characteristics and stability analysis of granitic soil slope[J]. West-China Explorat Eng, 2021, 33(2): 32-34, 38.

[10] 黄明. 类土质边坡稳定性及其控制技术探究[J]. 资源信息与工程, 2019, 34(6): 107-109.
Huang M. Study on stability and control technology of soil-like slope[J]. Resour Inf Eng, 2019, 34(6): 107-109.

[11] 杨颖达,崔可锐,崔亮,等. 皖大别山区滑坡的形成机理研究[J]. 安徽地质, 2014, 24(4): 275-279, 307.
Yang Y D, Cui K R, Cui L, et al. Study on formation mechanism of landslide in the Dabie Mt area in Anhui Province[J]. Geol Anhui, 2014, 24(4): 275-279, 307.

[12] 黄德国. 金寨县地质灾害特征及典型灾害形成机理研究[D]. 西安: 长安大学, 2013.
Huang D G. The Research on Characteristics and Formation Mechanism of Geological Disasters in Jinzhai County [D]. Xi'an: Chang'an University, 2013.

[13] 刘广宁,黄长生,齐信,等. 西江上游封开段花岗岩边坡变形破

- 坏宏观判据研究[J]. 人民长江, 2021, 52(1): 96–101, 113.
- Liu G N, Huang C S, Qi X, et al. Research on deformation failure and macroscopic criteria of granite slope in Fengkai section of upper reaches of Xijiang River[J]. Yangtze River, 2021, 52(1): 96–101, 113.
- [14] 邱然, 向传华. 大别山北麓信阳片岩区某崩塌(危岩体)地质灾害形成机制分析及防治建议[J]. 中国金属通报, 2020(10): 243–244.
- Qiu R, Xiang C H. Formation mechanism analysis and prevention suggestion of a collapse (dangerous rock mass) geological disaster in Xinyang area, Northern Dabie Mountain[J]. China Met Bull, 2020(10): 243–244.
- [15] 伍剑波, 孙强, 张泰丽, 等. 地形起伏度与滑坡发育的相关性——以丽水市滑坡为例[J]. 华东地质, 2022, 43(2): 235–244.
- Wu J B, Sun Q, Zhang T L, et al. Research for the correlation between relief amplitude and landslides: A case study of Lishui city[J]. East China Geol, 2022, 43(2): 235–244.
- [16] 徐奕梓, 樊晓一, 张友谊, 等. 四川省汉源县中海村滑坡动力学特征数值分析[J]. 中国地质调查, 2022, 9(4): 102–111.
- Xu Y Z, Fan X Y, Zhang Y Y, et al. Numerical analysis on dynamic characteristics of Zhonghai Village landslide in Hanyuan County of Sichuan Province[J]. Geol Surv China, 2022, 9(4): 102–111.
- [17] 周毅, 丁明涛, 黄涛, 等. 芦山县滑坡灾害影响因素的空间分异性[J]. 中国地质调查, 2022, 9(4): 45–55.
- Zhou Y, Ding M T, Huang T, et al. Spatial heterogeneity of influencing factors of landslide disasters in Lushan County[J]. Geol Surv China, 2022, 9(4): 45–55.
- [18] 雷梦茹, 徐光黎, 张泰丽, 等. 金华市某岩质滑坡成因机制分析及发展趋势预测[J]. 华东地质, 2021, 42(4): 398–408.
- Lei M R, Xu G L, Zhang T L, et al. Genetic mechanism analysis and development trend prediction of a rock landslide in Jinhua[J]. East China Geol, 2021, 42(4): 398–408.
- [19] 吴兴付, 程宏超, 康佳. 岳西山区片麻岩质边坡稳定性浅析[J]. 西部探矿工程, 2016, 28(8): 5–8.
- Wu X F, Cheng H C, Kang J. Stability analysis of gneiss slope in Yuexi Mountain area[J]. West China Explorat Eng, 2016, 28(8): 5–8.
- [20] 张攀, 何明明, 艾广申, 等. 差异风化条件下大别山地区片麻岩边坡局部变形破坏模式及防治对策研究[J]. 资源环境与工程, 2021, 35(5): 719–726, 750.
- Zhang P, He M M, Ai G S, et al. Study on local deformation & failure mode and prevention countermeasures of gneiss slope in Dabie mountains under different weathering conditions[J]. Resour Environ Eng, 2021, 35(5): 719–726, 750.

Evolution model of slope deformation and failure in Yuexi Country of Dabie mountains orogenic belt

SHEN Yidong¹, SONG Zhengyu¹, LI De²

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration Technology, Anhui Geological and Mineral Exploration Bureau, Anhui Hefei 230000, China; 2. No. 326 Geological Team, Anhui Geological and Mineral Exploration Bureau, Anhui Anqing 246003, China)

Abstract: The natural slopes in Yuexi County are prone to deformation and failure under the combined action of the earth's internal and external forces, causing casualties and property loss, which seriously restricts the development of local economy. The characteristics and causes of slope deformation and failure in Yuexi County were identified through systematic engineering geological survey and theoretical analysis, and the evolution model was discussed. The results show that the weathering resistance and mechanical properties of different rock groups in Yuexi County are different, so the mechanisms of the geological hazards of the slopes are also discrepant. According to the characteristics of slope structure, the landslide in Yuexi County can be divided into all-weathered landslide, strong weathered landslide and bedding rock landslide. The sliding surface of all-weathered landslide is located in the full regolith or the interface between full regolith and strong regolith. The slip surface of strongly weathered landslide mainly develops at the interface between strong regolith and middle regolith. The bedding rock landslide is mainly developed in the down-slope of gneiss. The collapse in Yuxi County can be divided into sliding collapse, toppling collapse and falling collapse, according to the deformation and failure model. The sliding collapse is mainly controlled by a group of gently sloping external structural planes and another group of steeply sloping (external or internal) structural planes. The toppling collapse is mainly controlled by one set of structural planes in steep slopes and another set of near-horizontal structural planes. Falling collapse is mainly controlled

by a set of structural planes which are steeply inclined or nearly erect. Landslides in Yuexi Country are mainly developed in areas with thick weathering crust, loose rock mass and low structural plane strength. Collapses are mainly developed in areas with high and steep slopes, low degree of rock weathering and structural plane development. This research has some guiding effect on the investigation and prevention of geological hazards in Dabie mountains and Yuexi Country.

Keywords: Yuexi County; geological disaster; slope; deformation and failure; evolution model

(责任编辑: 刘丹)