

湖南湘西红层分布地区滑坡地质灾害致灾因素及特征研究

湖南省地质灾害调查监测所 张海锋 刘明超

摘要: 湖南省地质灾害易发, 灾害类型较多, 因地质灾害造成重大的经济损失、人员伤亡以及严重的环境、社会问题, 湖南湘西红层分布地区滑坡地质灾害尤为严重, 红层分布地区滑坡地质灾害的成灾机理十分复杂。基于此, 本文通过收集、分析该区域滑坡致灾因素的特征及关联性, 旨在为湖南湘西红层分布地区滑坡地质灾害的防治与气象预警提供参考。

关键词: 地质灾害; 滑坡; 致灾因素

湖南湘西红层(红色陆相沉积为主的碎屑沉积岩层, 岩性以砂岩、泥岩、粉砂岩为主)分布较大的区域主要集中在泸溪县、凤凰县、吉首市三个地区。由于红层其形成条件的独特性, 千百万年演化形成的地貌特征、构造特征以及岩土体成分组成导致的成灾机理较复杂。该类型岩土体边坡在暴雨、人工切坡等条件下极易产生滑坡地质灾害, 通过收集和分析该地区现存的滑坡资料, 可以初步得到湖南湘西红层分布地区滑坡地质灾害诱发因素及特征。

一、红层分布地区土质滑坡分析

总体上, 湖南湘西红层分布地区岩体表层风化较为严重, 风化形成的残坡积土、全风化层覆盖层厚度达 20 ~ 30 m, 残破积土主要以粉质黏土为主, 且大多数具有密度低、压缩性低、透水性强等特性, 整体表现为抗剪强度低、遇水崩解性强、水稳定性差。红层残破积土天然状态下具有一定的抗剪强度, 但受强降雨的影响, 抗剪强度会迅速降低, 引发土质滑坡。

统计分析收集的历年来湘西红层分布地区包括泸溪县洗溪镇洞底坪滑坡、凤凰碧桂园滑坡、吉首丹青中学滑坡等 72 个土质滑坡从边坡地表坡度、土层厚度、边坡前缘切坡高度三个常规致灾因素。

边坡发生滑坡时, 主要集中在地表坡度 30 ~ 45° 之间的边坡, 占比约为 62.2%, 边坡地表坡度与滑坡个数如图 1 所示。主要原因有: 第一, 红层风化形成的残破积土抗剪强度低, 难以形成高陡土质边

坡, 因此该区域高陡土质边坡样本相对较少, 边坡地表坡度主要集中在 0 ~ 60°。第二, 受降雨影响, 地表水在 30 ~ 45° 坡体间冲刷流速、渗透时间最易达到边坡滑动的临界状态, 引发边坡滑动。翻阅边坡地表坡度在 0 ~ 15° 间的 2 个土质滑坡报告, 发现全部为浅层的岩土交界面平面滑坡, 非沿着土体内部形成的滑坡。故红层地区残破积土边坡坡度在 30 ~ 60° 时更易产生土体内部滑动。同时, 在 0 ~ 60° 坡度范围内, 滑坡发生的个数与坡度呈正相关, 表明滑坡受边坡坡度的影响较大。

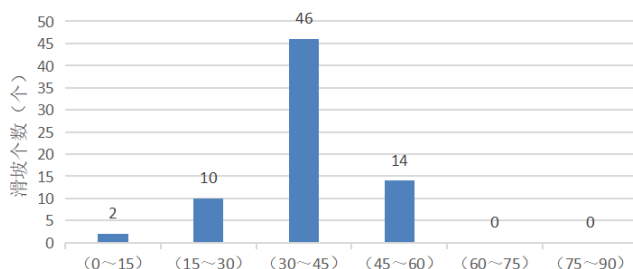


图1 边坡地表坡度与滑坡个数

根据统计发生滑坡的 72 个土质边坡中有 68 个前缘有被人工开挖切坡, 甚至部分还有挡墙支护, 切坡度多在 45 ~ 90° 之间。由图 2 可知, 随着切坡高度的增加, 滑坡发生的个数也会增加, 原因是切坡改变了原始坡体的应力平衡, 在边坡前缘坡度相差不大的前提下, 边坡越高, 稳定性越差。统计表明, 边坡切坡高度在一些特定条件下与滑坡形成具有一定的相关性。

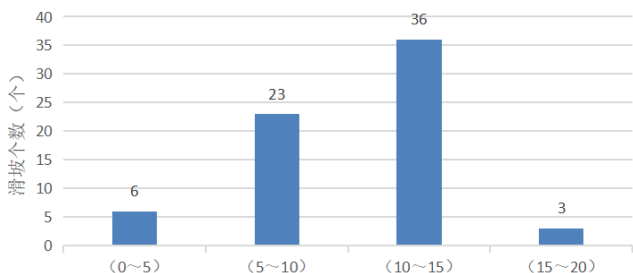


图2 边坡前缘切坡高度与滑坡个数

通过对 72 个滑坡边坡土层厚度分析发现,发生滑坡的边坡厚度主要集中在厚度为 10 ~ 20m 之间,边坡土层厚度与滑坡个数如图 3 所示,主要原因有:第一,区域内该类型土质边坡样本相对较多。第二,厚度的边坡体风化侵蚀程度严重、残坡积土具有疏松的微观结构,易在雨水条件下崩解,抗剪强度急剧降低引发滑坡。本文由于收集的样本不够,很难找出边坡土质厚度与滑坡发生之间的关联性,表明单一的土层厚度因素与滑坡成灾关联性不强。

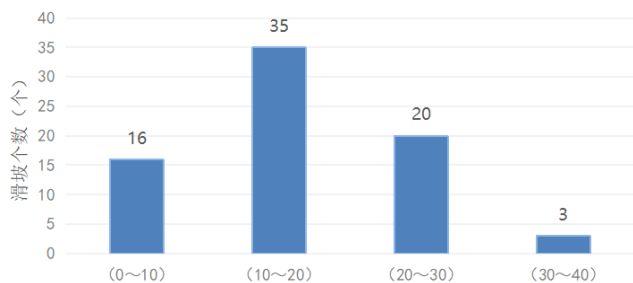


图3 边坡土层厚度与滑坡个数

二、红层分布地区岩质滑坡分析

湘西红层岩体多为砂岩、泥岩、粉砂岩或其相间,一般来说,产状较为平缓,但受地质构造影响也存在部分产状较陡的边坡,岩体多呈现薄层状且多孔疏松,同时易破碎,岩层间剪切带发育,砂、泥岩互层,成岩作用较差,有的呈半胶结状,强度较低,岩石具有较强的亲水性以及流变性,遇水易膨胀崩解、泥化、软化。总体上,属软岩类,且大部分存在软硬岩层面相间。雨水可以快速通过层间裂隙、节理渗透进岩体内,形成软弱泥化夹层,层间的抗剪强度迅速降低,形成岩质滑坡。

统计分析收集的历年来湘西红层分布地区包括凤凰领创滑坡、吉首太平村滑坡、泸溪城南安置房滑坡等 102 个岩体滑坡从边坡岩层走向、顺向产状坡度、切坡高度三个常规致灾因素。

岩层倾向与坡向夹角与滑坡个数如图 4 所示,边坡岩体产状倾向角与坡向为 0 ~ 30° 的边坡,发生滑坡数量占 50%,岩质滑坡以顺向坡滑动为主,总体上边坡滑动个数从顺向坡→切向坡→横向坡→逆向坡逐渐减少。原因是红层岩体层状明显,产状构造清晰,软弱泥化夹层层层相间。顺向边坡坡体很容易在切坡、暴雨等影响下沿着软弱层面、产状面滑动,而随着岩层倾向与坡向夹角不能增大,变成斜交、逆交坡,边坡滑动的主要控制因素变成了节理构造控制,只有多组节理或断层等综合作用下才能形成岩体滑坡。所以根据图 4 可知,滑坡发生个数与边坡岩层倾向同坡向夹角呈负相关。

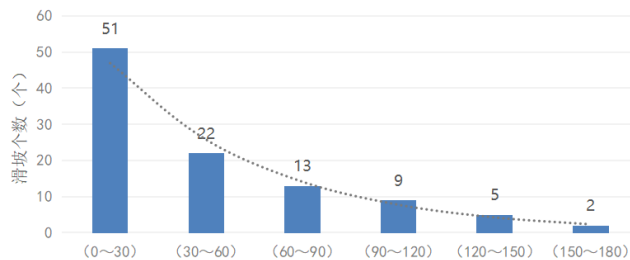


图4 岩层倾向与坡向夹角与滑坡个数

顺向滑坡岩体产状倾向角与滑坡个数如图 5 所示,顺向边坡(顺向滑坡岩体产状倾向角与坡向为 0 ~ 30°)总数为 51 个,其中,发生滑坡的边坡产状倾向角主要集中在 30 ~ 60° 之间为 35 个,占 68.6%,而产状倾向角较缓或较陡的边坡发生滑坡的数量较少,原因是产状平缓的边坡总体数量虽然很多,但岩层产状平缓会大大降低边坡失稳的可能性,发生滑坡的次数较少,又由于红层独特的形成条件,产状较陡的岩质边坡很难形成,导致收集此类型边坡的样本太少,是产状较陡边坡产生滑坡数量少的主要原因。但总体上,在一定的边界条件范围内,顺向滑坡岩体产状倾向角与滑坡个数存在一定关联,如果样本充足,顺向滑坡岩体产状倾向角与滑坡个数将呈正相关。

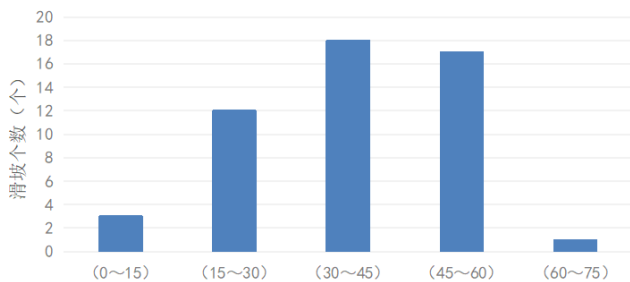


图5 顺向滑坡岩体产状倾向角与与滑坡个数

根据统计发生滑坡的 102 个岩质边坡中有 89 个前缘有被人工开挖切坡,切坡度在 75 ~ 90° 之间。顺向滑坡岩体产状倾向角与滑坡个数如图 6 所示,切坡高度与发生滑坡的个数关联性不强,证明单一切坡高度与的岩质边坡滑动关系不大。因此,要综合考虑其他影响因素或在特定条件下与滑坡形成具有的相关性。

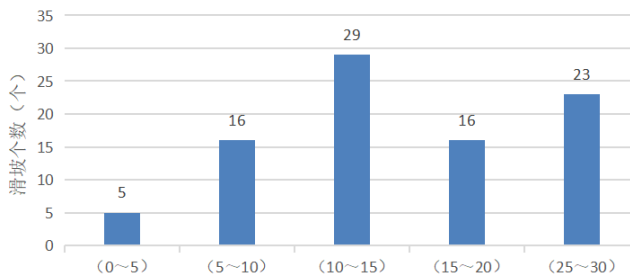


图6 岩体边坡高度与滑坡个数

三、降雨量对红层分布地区滑坡影响分析

降雨是滑坡产生最重要的因素之一,湘西红层分布地区发生滑坡 95% 以上都在雨天。尤其边坡受强降雨的影响,大气降水渗入土层内部或岩体软弱夹层中,会增加岩土体重,同时降低岩土体、软弱结构面的物理力学强度,最终使边坡产生沿土体内部或软弱结构面滑动,形成滑坡。

24h 累计降雨量与滑坡累计发育个数如图 7 所示, 24h 累计降雨量与滑坡灾害累计个数大体上呈正相关性, 24h 降雨量可根据降雨量分成多个等级, 当 24h 累计降雨量达到 75mm 左右(暴雨区间) 时滑坡地质灾害发灾个数明显增加, 其中, 在 24h 累计降雨量 75 ~ 180mm (暴到大暴雨区间) 段时发灾数量集中, 此时, 天然状态下稳定性相对较好的边坡在雨水作用下陆续发生发育成滑坡; 在湘西大部分地区 24h 累计降雨量达到 220mm 以上的降雨情况相对较少, 故该红层分布区域收集的样本相对较少, 但在稳定性较好的部分斜交、逆交岩质边坡也可能发生滑动, 形成滑坡。

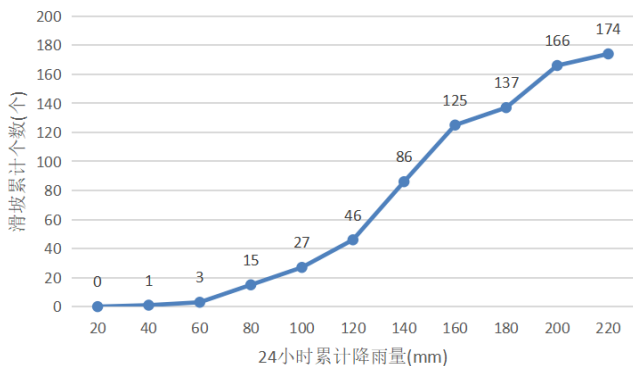


图7 24小时累计降雨量与滑坡累计发育个数

过程降雨量与滑坡累计发育个数如图 8 所示, 统计曲线大致分为三个阶段, 对应三个降雨量值。过程降雨量小于 75mm 阶段, 滑坡发灾数量随降雨量增加而增加的趋势平缓, 主要是一些稳定性很差的边坡点发育成滑坡; 在 75 ~ 150mm 阶段, 边坡发育成滑坡数量随降雨量增加的趋势加快; 在 150 ~ 275mm 阶段, 边坡发育成滑坡数量随降雨量快速提升, 一些稳定性较好的边坡也发育形成滑坡;

大于 275mm 后, 边坡发育成滑坡数量随降雨量增加而又趋于平缓, 主要是稳定好的边坡在持续雨水作用下陆续发育成滑坡。

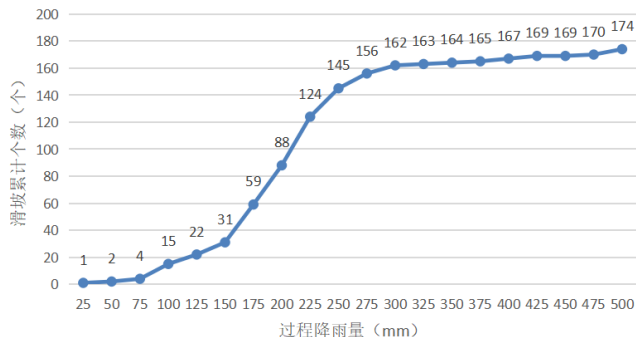


图8 过程降雨量与滑坡累计发育个数

四、结语

综上所述, 本文主要研究湖南湘西红层分布地区土质滑坡、岩质滑坡成灾因素与该地区滑坡发育数量的关系特征, 同时研究在不同降雨频率条件下滑坡地质灾害发生的特点, 对该地区滑坡地质灾害的监测、气象预警以及治理而言具有重要意义, 可以为具有类似特征的其他红层分布地区的滑坡地质灾害研究提供参考。

参考文献:

- [1]曾锋,彭静.红层地区软弱夹层地质问题研究[J].人民长江,2011,42(22):15-17.
- [2]李畅,任光明,韩爱果,等.第三系缓倾角红层滑坡基本特征及形成机制研究[J].水利与建筑工程学报,2017,15(04):112-116.
- [3]程强,周永江,黄绍宾.近水平红层开挖边坡变形破坏特征[J].岩土力学,2004,25(08):1311-1314.
- [4]杨旭,周翠英,刘镇,等.华南典型巨厚层红层软岩边坡降雨失稳的模型试验研究[J].岩石力学与工程学报,2016,35(03):549-557.
- [5]邓华锋,周美玲,李建林,等.水-岩作用下红层软岩力学特性劣化规律研究[J].岩石力学与工程学报,2016,35(A2):3481-3491.
- [6]卢远航,王森,熊然,等.红层滑坡滑带土结构强度试验研究[J].科学技术与工程,2015,15(21):177-181.