

普定县降水致灾指标及灾害影响评估

刘思洋¹, 胡秋红¹, 邓安¹, 方怡瑾¹, 胡伟²

¹贵州省安顺市气象局, 贵州 安顺

²贵州省平坝区气象局, 贵州 安顺

收稿日期: 2023年1月29日; 录用日期: 2023年3月13日; 发布日期: 2023年3月20日

摘要

本文采用概率统计的方法,对安顺市普定县近20年(2000~2020年)已经发生的67个滑坡的降雨资料进行了统计分析,并对普定地区的水文地质环境条件作了较为详细的介绍,然后从滑坡的空间分布、时间分布、滑坡与日降雨量及累计降雨量的关系、滑坡与降雨发生时间的比较、滑坡发生的前10 d内有降雨的天数与连续降雨的天数的比较、滑坡发生最近的1次降雨发生的时间等方面详细研究了降雨与滑坡的关系,得出了几个有益的结论。研究结果表明:滑坡主要分布在普定县的北部边缘;近10 d有一次暴雨就有一定机会诱发滑坡;滑坡的活动强度与累计降雨量的大小成正比;连续降雨的第二天滑坡风险很大;滑坡基本发生在降雨之后的4 d内。

关键词

普定县, 滑坡, 暴雨, 历史资料, 降雨

Disaster Index and Disaster Impact Assessment of Rain in Puding County

Siyang Liu¹, Qihong Hu¹, An Deng¹, Yijin Fang¹, Wei Hu²

¹Meteorological Bureau of Anshun, Anshun Guizhou

²Meteorological Bureau of Pingba, Anshun Guizhou

Received: Jan. 29th, 2023; accepted: Mar. 13th, 2023; published: Mar. 20th, 2023

Abstract

Using the method of probability statistics, this paper makes a statistical analysis of the rainfall data of 67 landslides in Puding County, Anshun City in the past 20 years (2000~2020), and gives a detailed introduction to the hydrogeological environment conditions in Puding area. Then the relationship between rainfall and landslide is studied in detail from the spatial distribution, time distribution, the relationship between landslide and daily rainfall and cumulative rainfall, the compari-

son of the occurrence time of landslide and rainfall, the comparison between the days of rainfall within the first 10 d and the days of continuous rainfall, the occurrence time of the last rainfall and so on, and several useful conclusions are drawn. The results show that landslides are mainly distributed in the northern edge of Puding County. There is a chance of landslide induced by a rainstorm in the last 10 days. The intensity of landslide activity is proportional to the amount of accumulated rainfall. Landslide risk is high on the second day of continuous rain; Landslides generally occur within 4 days of rainfall.

Keywords

Puding County, Landslide, Rainstorm, Historical Data, Rainfall

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

贵州地区造成滑坡的因素比较多,在众多导致滑坡的因素中绝大多数滑坡都与降水有一定关系[1] [2] [3],滑坡与降水的关系已经被众多国内外研究者所关注[4] [5] [6]。

普定县总面积 1091 平方公里,根据普定县地质灾害隐患点的空间分布特征,结合地质环境条件及人为工程活动等致灾要素,普定县主要划分为地质灾害高易发区、中易发区和低易发区。高易发区(面积 375.90 km², 占总面积 34.45%)主要分布在普定县西南、北部、东北部。中易发区(面积 549.43 km², 占总面积 50.36%)主要分布在鸡场坡镇白桥-刘寨,坪上镇对门寨-大那,补郎乡本杰-火田,普定县城区-化处镇水井村,白岩镇魏旗-高管-猫洞乡石板-补那-猴场乡-大地-煤冲一带,马场镇毛栗坡-下坪-三岔一带。其余区域为低易发区(面积 165.67 km², 占总面积 15.19%)。全县目前共有地质灾害隐患点 65 处。

2. 滑坡的空间分布

通过对普定县近 20 年发生的滑坡空间分布(图 1)的统计得出,出现滑坡数最多的乡镇为猫洞共计 16 次,鸡场、马场、补郎出现滑坡数次之,分别为 10 次,其他乡镇均在 10 次以下。由此可知,普定滑坡灾害易发生的区域主要分布在普定县的北部边缘的乡镇。

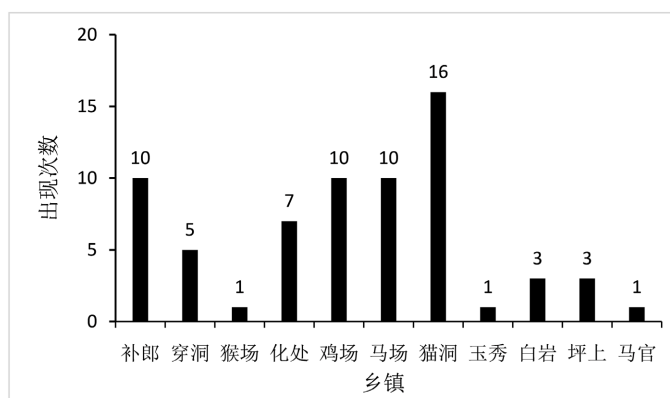


Figure 1. Landslides occur in the spatial distribution of each township
图 1. 滑坡发生在各乡镇的空间分布

3. 滑坡与降雨量关系

3.1. 滑坡与当日降雨量的关系

对滑坡发生当天的降雨量分成无雨、小雨、中雨、大雨以及暴雨五种类型(如表 1), 研究滑坡当天的雨量与产生滑坡数之间是否有一定的关系。

Table 1. Relationship between landslides and intraday rainfall

表 1. 滑坡数目与当日降雨量的关系

当日降雨量	滑坡数目/个	占比/%
0	33	49.2
小雨, (0, 10) mm	24	35.8
中雨, [10, 25) mm	2	2.9
大雨, [25, 50) mm	4	5.9
暴雨, [50, ∞) mm	4	5.9

通过表 1 中可看出, 在滑坡发生的当天没有降雨的滑坡数为 33 个, 在总滑坡数目的占比为 49.2%。当天降小雨的滑坡发生数占总滑坡数的比例为 35.8%, 当天降中雨的滑坡发生数占总滑坡数的比例为 2.9%, 当天降大雨的滑坡发生数占总滑坡数的比例为 5.9%, 暴雨发生的滑坡数同样占总滑坡数的 5.9%。可以看出前期的累计降雨对滑坡的发生有一定的关系, 尽管当天没有降雨占总滑坡发生的 49.2%, 但是在这些滑坡发生的前 10 d 内都有一定的降水发生, 根据数据统计, 滑坡发生前 10 d 内大雨及大雨以上的滑坡占比接近 50%; 另外, 同样有接近 50%的滑坡当天出现降雨天气, 可以看出滑坡与降雨的关系十分密切。

3.2. 滑坡与暴雨的关系

在研究滑坡发生的当天降雨与滑坡的发生是否有关中发现, 发生当天暴雨的情况下对滑坡发生有一定机率, 占滑坡总比为 5.9%, 为了进一步研究暴雨是否利于诱发滑坡, 还对滑坡发生前的 10 d 内的暴雨发生情况做了分析。经统计 67 个滑坡样本中有 11 个在滑坡样本在滑坡发生前的 10 d 内至少降过 1 次暴雨。首先来研究暴雨次数与滑坡数之间的关系, 由表 2 可知, 滑坡发生的前 10 d 内降过 1 次暴雨的滑坡有 9 个 10 d 内降过 2 次暴雨的滑坡有 1 个; 10 d 内降过 3 次暴雨的滑坡有 1 个。可见, 发生一次暴雨就有一定机会诱发滑坡。

Table 2. Number of rainstorm days in ten days before the occurrence of landslide

表 2. 滑坡发生的前 10 d 内降暴雨的天数

滑坡发生的前 10 d 内降暴雨的天数/d	滑坡数/个	暴雨次数出现滑坡的比/%
1	9	81.8
2	1	9.1
3	1	9.1

3.3. 滑坡与 10 d 内累计降雨量的关系

在研究滑坡数与近 10 d 累计降雨量(图 2)关系可以发现, 有 3 个滑坡发生的当天没有降雨, 占总滑坡

数的 4.5%。16.4%的滑坡发生的累计降雨 10 mm 以下，12%的滑坡累计降雨 10~25 mm，16.4%的滑坡累计降雨 25~50 mm，37%的滑坡累计降雨 50~100 mm，13.5%的滑坡累计降雨 100 mm 以上。可见滑坡的发生随着累计降雨量增加而增加，虽然在累计降雨 100 mm 以下有一个峰值，但是整体上大于 50 mm 累计降水量发生的滑坡次数最多，可以看出滑坡与累计降水量的关系十分密切。

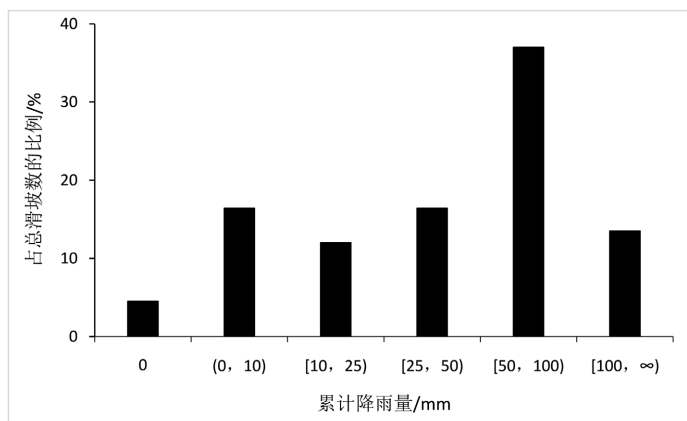


Figure 2. Accumulated rainfall in the first 10 days of landslide
图 2. 滑坡发生的前 10 d 累计降雨量

4. 滑坡与降雨在时间上的关系

4.1. 滑坡的时间分布

普定地区属于喀斯特地貌，加之该地区降雨量充沛，地形地质条件易具备滑坡事件的发生，降雨在滑坡形成和发生过程中有着不能忽略的作用。现对 67 个滑坡样本对各月的发生上进行分类得到滑坡的年内各月滑坡发生时间分布图(见表 3，图 3)。

Table 3. Relationship between landslides and month

表 3. 月份与滑坡数的关系

月份/月	滑坡数/个	占总滑坡数的比例/%
1	1	1.5
2	1	1.5
3	9	13.4
4	7	10.4
5	14	20.9
6	14	20.9
7	11	16.4
8	4	6.0
9	3	4.5
10	0	0
11	3	4.5
12	0	0

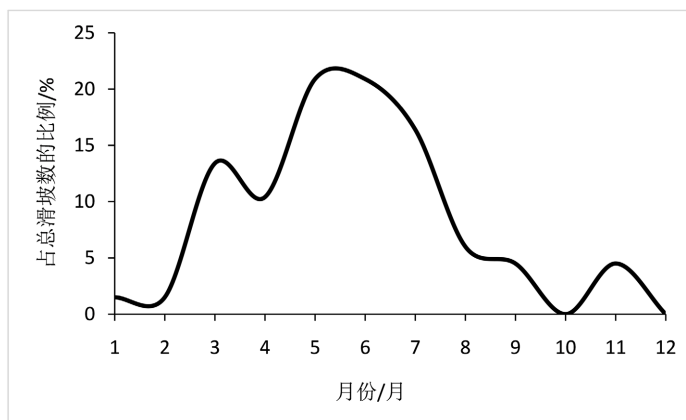


Figure 3. Relationship between landslides and month

图 3. 月份与滑坡数的关系

滑坡数与贵州地区汛期中雨水充沛的月份对应关系较好。由表 3, 图 3 可知, 滑坡在 3~7 月份发生较为频繁, 在总滑坡样本中约占 82%。滑坡绝大多数发生在主汛期(3~10 月)内, 约 92.5%, 其中在 5、6 月份滑坡共发生 28 次, 是最为频发的月份, 在总滑坡样本数中约占 41.8%。滑坡在不同的月份中发生的概率也有所不同, 在不同月中滑坡发生的概率也有一定的规律可循, 最明显的为 5、6 月份最多, 冬季最少, 整年发生的滑坡特征为对称轴的分布规律。同时雨量越大越有利于滑坡发生。文[7] [8]中也对这个观点进行了明确的论证。如上可知, 滑坡与降水较多的月份之间有一定关系。

4.2. 滑坡发生的前 10 d 内有降雨的天数与连续降雨的天数的比较

为研究暴雨天数和滑坡发生之间的关系。研究两方面(图 4), 一方面是滑坡发生的前 10 d 内发生降雨的天数。可看到相应的曲线上有 1 个峰值; 把滑坡发生的前 10 d 内有 6 d 降雨的滑坡最多, 约占滑坡总数的 22.5%, 降雨天数 0~5 d 的时间内, 滑坡数占比逐渐增高, 到 6 d 以后滑坡数占比逐渐减弱; 另一个方面为研究滑坡发生的前 10 d 内连续降雨的天数, 相应的曲线上有 1 个峰值, 在滑坡发生的前 10 d 内连续降雨的天数为 2 d 时, 发生的滑坡最多, 约占滑坡总数的 22.5%, 随着 10 d 内有连续降雨的天数增多, 滑坡的次数也逐渐波动减小, 在 0~2 d 的时间内的滑坡数占比可见, 到了连续降雨的第二天, 滑坡出现概率迅速达到峰值, 在第二天(包含第二天)之后出现滑坡的总概率为 85.3%, 在防灾角度上讲, 普定易发生滑坡地区连续降雨的第二天就该警惕滑坡的风险。

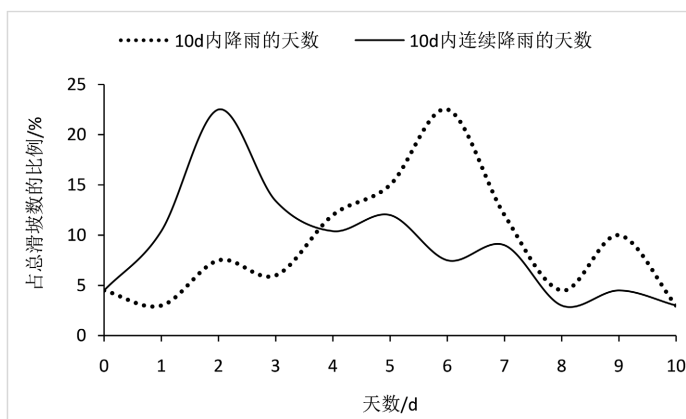


Figure 4. Comparison between the days with rainfall and the days with continuous rainfall

图 4. 有降雨的天数与连续降雨的天数的比较

现在把前 10 d 内有降雨的天数与连续降雨的天数这两个方面联合起来进行研究。综合以上分析，前 10 d 降雨的天数选取最易发生滑坡 4~7 d 的数据，而前 10 d 连续降雨的天数选取降雨连续发生 2~5 d 的数据，从表中(详见表 4)可看出，滑坡出现的机率均在 10 d 内有降雨的天数为 4 d，连续降雨天数为 2 d 的出现次数最多为 5 次，其次是降雨的天数和连续天数分别为 5 d，2 d、6 d，3 d、6 d，5 d 分别为 4 次，可见以上时间发生滑坡的可能性相对来说会比较大。

Table 4. Comparison between the days with rainfall and the days with continuous rainfall

表 4. 有降雨的天数与连续降雨的天数的比较

10 d 内有降雨的天数/d	10 d 内有连续降雨的天数/d	滑坡数/个
4	2	5
5	2	4
5	3	2
5	4	2
5	5	2
6	2	2
6	3	4
6	4	2
6	5	4
6	6	2
7	4	2
7	5	2
7	6	2

4.3. 距离滑坡发生最近的 1 次降雨发生的时间

如图 5，在部分滑坡发生事件上有一定的滞后性，滑坡并未完全在降雨的当天发生，在降雨结束后的几天内也有可能发生。降雨当天发生的样本共有 32 个，在总样本数中约占 48%。有 13 个样本在降雨结束后的第 1 天发生，在总样本数中约占 19%，在降雨结束后 4 天内发生，在总样本数中约占 83%，由此可见，

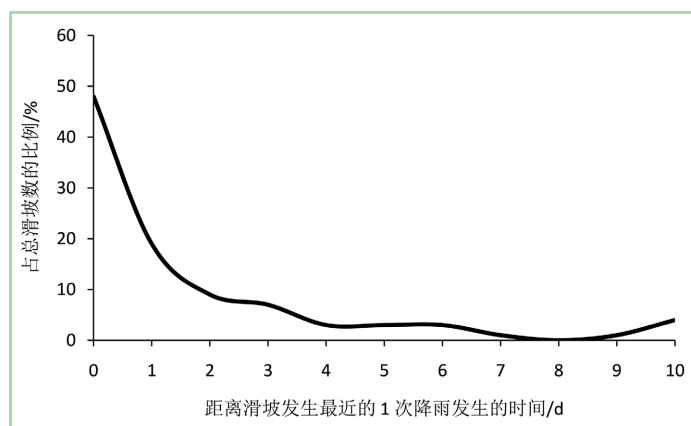


Figure 5. Comparison of the nearest rainfall before the occurrence of landslide

图 5. 距离滑坡发生最近的 1 次降雨的比较

在降雨之后的 4 天内, 滑坡发生的机率最大。可见, 滑坡数与降水事件结束时间间隔成反比, 降水结束后发生滑坡的风险性逐时间增加而逐渐降低。

5. 结论

该研究了普定县已经发生的 67 个滑坡样本和该地区的降雨资料, 经过统计分析, 分别从滑坡和累计降水量, 滑坡和暴雨次数, 滑坡和降雨结束的时间间隔等方面研究普定县滑坡事件与降水之间的关系。得出结论如下: 1) 普定滑坡灾害易发生的区域主要分布在普定县的北部边缘的乡镇; 2) 滑坡事件的发生和降雨的关系十分密切, 滑坡的发生主要集中在雨季, 10 天内的累计降雨量在 50 mm 以上时, 最容易发生滑坡。降雨结束的 4 天内仍需警惕滑坡发生的可能。3) 暴雨与滑坡的发生也有一定的关系, 在暴雨的当天有可能发生滑坡, 也有可能是在暴雨结束后的几天发生。4) 10 天内有降水的天数为 4 天, 连续降雨天数为 2 天的滑坡出现次数最多, 降水的天数和连续降水的天数分别为 5 天和 2 天、6 天和 3 天、6 天和 5 天滑坡出现次数次之。

基金项目

贵州省山地气候与资源重点实验室项目《安顺市冰雹短临预警指标研究》(编号: QHLSSLJ[2022]-02)。

参考文献

- [1] 周创兵, 李典庆. 暴雨诱发滑坡致灾机理与减灾方法研究进展[J]. 地球科学进展, 2009, 24(5): 477-486.
- [2] 林孝松. 滑坡与降雨研究[J]. 地质灾害与环境保护, 2001, 12(3): 1-7.
- [3] 吕希希, 张春菊, 尤子全, 于涵. 基于 GIS 的安义县暴雨洪涝空间特征分析[J]. 矿山测量, 2020, 48(6): 49-64.
- [4] 林孝松, 郭跃. 滑坡与降雨的耦合关系研究[J]. 灾害学, 2001, 16(2): 87-92.
- [5] 姚志勇. 基于 SINMAP 和 TRIGRS 模型的辰溪县暴雨型浅层滑坡易发性评价研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2018.
- [6] 高华喜, 殷坤龙. 降雨与滑坡灾害相关性分析及预警预报阈值之探讨[J]. 岩土力学, 2007, 28(5): 1055-1060.
- [7] Kay, J.N. and Chen, T. (1995) Rainfall-Landslide Relationship for Hong Kong. *Proceedings of Institute of Civil Engineer - Geotechnical Engineering*, **113**, 117-118. <https://doi.org/10.1680/igeng.1995.27592>
- [8] Lumb, P. (1975) Slope Failure in Hong Kong. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **8**, 31-65. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1975.008.01.02>