

湖南茶陵滑坡空间预警的降雨临界值初步分析

黄 雯,方 琼,王国卫,李明波
(湖南省地质环境监测总站 湖南 长沙 410007)

摘要:湖南省茶陵县位于湖南东部,滑坡是县内分布最广、危害最大的地质灾害类型,且有土质、浅层、规模小、降雨诱发的特点。本文以茶陵县已知发灾时间的滑坡作为样本,建立滑坡灾害的发生与降雨量的统计关系,确定导致茶陵县不同区域滑坡发生的临界降雨量,最后利用地质-气象耦合的预报模式得出茶陵县滑坡灾害气象预警的分级和分区。

关键词:滑坡;降雨临界值;地质-气象耦合

文章编号:1003-8035(2014)03-0038-05

中图分类号:P642.22

文献标识码:A

0 引言

降雨是大部分滑坡主要的诱发因素。相对于其它影响因子,降雨有两个突出的特点:一,降雨具有明显的随机性,不同时间降雨会不同,而其他物质结构条件则是相对稳定的;二,不同物质结构条件下,相同降雨量引发滑坡的概率相差很大^[1]。很多国家的学者都在努力寻找不同条件下降水量与滑坡发生的关系,Onodera 等以降雨过程总量作为发生滑坡的依据,提出日本过程降水量超过 150mm 时大量滑坡会发生滑动;Brand 等对香港的滑坡与降雨资料进行了统计分析,得出香港绝大多数滑坡是由短历时强降雨诱发的,提出以小时降雨量作为发生滑坡的临界值^[2]。一个地区往往有一个临界降雨量,达到或超过这个强度,就会诱发大量的滑坡。本文以茶陵县地质灾害调查的数据为基础,分析导致茶陵县不同区域滑坡发生的临界降雨量,并得出茶陵县地质灾害气象预警区划图,为防灾减灾的实践提供一定的理论依据。

1 茶陵县基本概况

茶陵县位于湖南东部,湘江支流洣水流域,总面积 2507km²。茶陵县多年平均降水量 1467.9mm,降水集中在 4~6 月,三个月降水量占全年总降水量的 46%。日降水量最大为 270.7mm。

茶陵县西北、东南山地矗立,地势逐渐向中部倾斜,形成一个向西南敞开的丘陵性盆地。县内可分为山地、丘陵、平原三个地貌类型,所占面积比例分别为 55.44%、40.44%、4.12%。县内地形切割大、坡陡沟深,小褶皱及其次级断裂较发育,岩体较破碎,构造裂

隙发育,岩石风化严重,碎屑物质丰富,残坡积、重力堆积、冲洪积等成因类型的松散土体分布较广。工程地质岩组主要为较坚硬-软质的厚层红层碎屑岩组,坚硬块状花岗岩组,坚硬至软质厚层-薄层浅变质岩组。

洣水及其大小支流在县内总长 969.15km,流域面积 2495km²,属山区雨源型,80% 的流量靠降水补给,季节性变化大。

随着茶陵县社会经济的快速发展,县内各类工程建设日益增多,人类工程经济活动主要为交通建设、采矿活动、农民住房扩改建及水利建设等。

2 茶陵县滑坡特征

滑坡是茶陵县分布最广、危害最大的地质灾害类型。据全县 20 个乡(镇)的地质灾害调查统计,县内共有滑坡 288 处,面密度 11.49 处/100km²,总体积 591.69 × 10⁴m³。

2.1 滑坡基本特征

县内滑坡以规模小型为主,全县 288 处滑坡中,规模中型 9 处,小型 279 处,分别占滑坡总数的 3.12% 和 96.88%;县内滑坡以土质滑坡为主,全县土质滑坡 245 处,占滑坡总数的 85.07%;碎块石滑坡 29 处,占滑坡总数的 10.07%,岩质滑坡 14 处,占滑坡总数的 4.86%。县内滑坡以浅层滑坡为主,厚度一般 2~6m,共 283 处,占滑坡总数的 98.26%;中

收稿日期:2013-07-19;修订日期:2013-09-22

作者简介:黄 雯(1985—),女,湖南湘潭人,硕士研究生,主要从事地质灾害预警预报与评估工作。

E-mail:454998771@qq.com

层滑坡5处,占滑坡总数的1.74%。

2.2 滑坡的诱发因素

县内滑坡以综合因素诱发为主,共229处,占全县滑坡的79.51%。综合因素包括自然因素和人为因素。人类工程活动破坏了斜坡原有的平衡稳定条件,在降雨作用尤其是暴雨下斜坡上松散残坡积土发生整体下滑^[3]。

3 茶陵县降雨诱发滑坡的临界值初步研究

3.1 年平均降水量与滑坡的关系

从茶陵县年平均降水等值线与滑坡点的叠加图

(图1)可以看出,总体上县年平均降水东南部和北部山地相对较高,中部洣水流域的盆地降水相对较低。茶陵县有2个降水集中区。一个分布在北部的火田镇,年平均降水量在1050~1250mm,另一个分布在东南部的浣溪镇、湖口镇和马江镇,年平均降雨量在1250~1650mm。据统计,降水集中区区间内滑坡发生数量较少,仅有59处,占总数的20.49%;在年平均降雨量小于1050mm的降水区间内滑坡发生数量较多,达239处,占调查点总数的79.51%。这说明多年平均降水量与滑坡发生的数量间无明显的相关性,突发性降水或者持续强降水才是滑坡发生的主要因素^[4]。

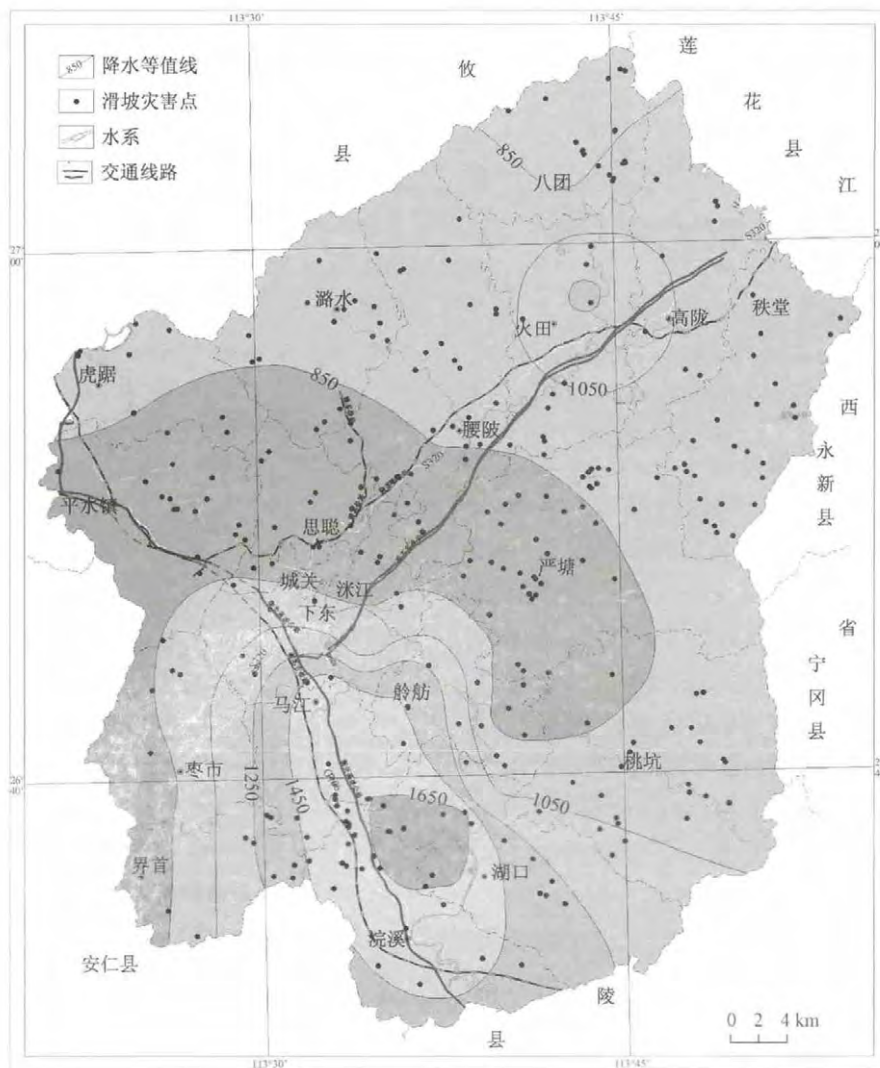


图1 茶陵县年平均降水量等值线与滑坡灾害点分布的叠加图

Fig. 1 The overlay map of average annual rainfall contours and landslide distribution in Chaling county

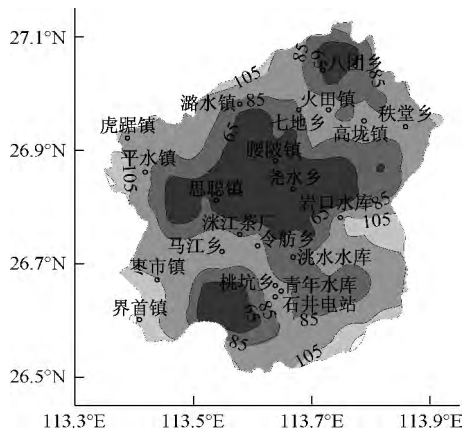


图 4 茶陵县滑坡发生的过程临界降雨量图
 Fig. 4 Process critical rainfall which causes the landslides in Chaling county

4 茶陵县滑坡气象预警区划

4.1 滑坡气象预警模型的建立

本文采用地质 - 气象信息耦合的滑坡气象预警模型, 将地质环境条件与气象条件结合起来^[6], 基本模型见下式:

$$Gw(k) = a(k) \cdot Rc(k) \quad (3)$$

其中 $Gw(k)$ 为第 k 点滑坡气象预警概率量化指标, $a(k)$ 为第 k 点滑坡易发概率量化指标, 其与地层岩性、地形地貌、地质构造、人类活动等因素有关; $Rc(k)$ 为第 k 点滑坡降雨信息因素概率量化指标, 其与临界降雨量以及汛期(4~9月)平均降雨量和日暴雨发生频次有关。

4.2 滑坡气象预警概率量化方法

基于以上的模型, 通过 ArcGIS 进行空间分析, 对茶陵县滑坡气象预警进行量化计算, 形成滑坡气象预警的概率分布图。然后采用 ArcGIS 自然断点法进行分类, 完成了滑坡气象预警不同等级阈值选取^[7] (表 1)。

表 1 $Gw(k)$ 值与预警等级的对照表
 Table 1 The standards of different $Gw(k)$ values in early-warning system

预警等级	三级	二级	一级
$Gw(k)$ 范围	0 ~ 0.38	0.38 ~ 0.65	> 0.65

4.3 滑坡气象预警区划

采用单元网格法, 在 1:10 万行政区图上对全县进行网格化, 每个网格单元面积为 $1\text{km} \times 1\text{km}$, 面积不足一个单元格的, 按标准单元格进行计算处理。将

相同级别的最小单元进行合并, 并对边界进行平滑, 绘制滑坡气象预警分级分区图(图 5)。图 5 将全县分为三个大区, 六个小区域, 其中 Ja 区为一级预警区, 位于茶陵县中南部, 东北部, 主要为人类工程活动强烈的浣溪乡、思聪乡和洣江流域的湖口乡、舂舂乡和严塘镇以及北部花岗岩分布的八团乡, 面积为 367.5km^2 ; Jb 为二级预警区, 主要分布在除 1 级预警区外人类工程活动较强烈的马江乡、腰陂镇以及北部的火田镇, 面积为 732.4km^2 ; Jc 为三级预警区, 主要分布在茶陵县的东部和西部, 面积为 1407.1km^2 。

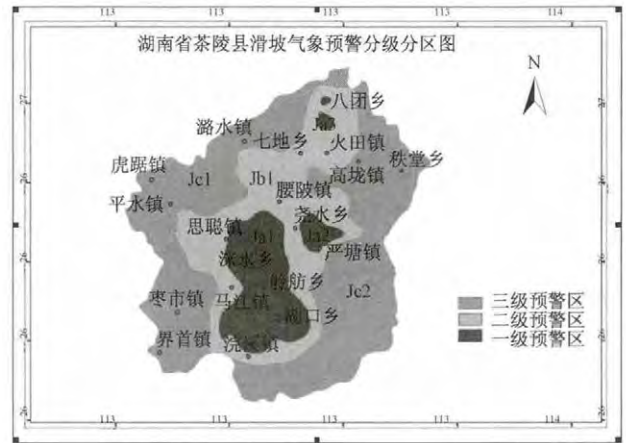


图 5 茶陵县滑坡气象预警分级分区图
 Fig. 5 Zoning map of meteorological-earling warning of landslides in Chaling county

5 结论

(1) 茶陵县小型滑坡地质灾害常常群集发生, 点多面广, 在集中短时强降雨的诱发作用下, 特别是在地质环境条件脆弱的地区, 往往出现即雨即滑。

(2) 将茶陵县地质环境条件与降雨条件相结合, 将临界降雨量分为过程降雨量和短时降雨量两个指标考虑, 通过分析历史滑坡和降雨量的关系, 确定了茶陵县不同区域滑坡的临界降雨量值, 茶陵北部八团乡, 中部腰陂镇、思聪乡、尧水乡及其洣江乡, 西南部的浣溪镇短时降雨量超过 45mm/h 或者过程降雨量超过 65mm 就可能引发滑坡; 而县西部东部边缘地带的界首镇、枣市镇和虎踞镇等地短时降雨量达到 85mm/h 或过程降雨量达到 105mm 才可能引发滑坡。

(3) 利用地质和气象耦合的滑坡预警预报方法, 实现了茶陵县滑坡气象预警的区划, 提高了茶陵县滑坡预测的空间精度。

参考文献:

- [1] 张桂荣,殷坤龙,陈丽霞,等. 滑坡预测预报的地质—气象耦合模型研究[J]. 水利水电技术, 2005, 36(3): 16-18.
ZHANG Guirong, YIN KunLong, CHEN Lixia, et al. Geological condition and weather couple model of landslide hazard forecast [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2005, 36(3): 16-18.
- [2] Brand E. W, Premchitt J, Phillipson H. B. Relationship between rainfall and landslide in Hongkong [J]. Proceeding 4th International Symposium Landslides, Toronto, 1984(17): 377-384.
- [3] 李媛. 四川省雅安市雨城区降雨诱发滑坡临界值初步研究[J]. 水文地质工程地质, 2005, 32(1): 26-29.
LI Yuan. Preliminary study on precipitation threshold of precipitation-induced landslides in Ya'an Yucheng district, Sichuan province [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2005, 32(1): 26-29.
- [4] Lin M. L, Jeng F. S. Characteristics of hazards induced by extremely heavy rainfall in central Taiwan [J]. Engineering Geology, 2000, 58(2): 191-207.
- [5] 谢剑明,刘礼领,殷坤龙,等. 浙江省滑坡灾害预警预报的降雨阈值研究[J]. 地质科技情报, 2003, 22(4): 101-105.
XIE Jianming, LIU Liling, YIN Kunlong, et al. Study on the threshold values of rainfall of landslide hazards for early-warning and prediction in the Zhejiang province [J]. Geological Science and Technology Information, 2003, 22(4): 101-105.
- [6] 宋光齐,李云贵,钟沛林. 地质灾害气象预报预警方法探讨—以四川省地质灾害气象预报预警为例[J]. 水文地质工程地质, 2004, (2): 33-36.
SONG Guangqi, LI Yungui, ZHONG Peilin. Discussion on the early warning of the geo-hazards based on the weather forecast: an example of Sichuan province [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2004, (2): 33-36.
- [7] 徐玉琳,孙国曦,陆美兰,等. 江苏省突发性地质灾害气象预警研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2006, 17(1): 46-50.
XU Yulin, SUN Guoxi, LU Meilan, et al. The weather early-warning research of abrupt geological hazard in Jiangsu province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2006, 17(1): 46-50.

Preliminary study on the critical rainfall for landslide space early warning in chaling county of Hunan province

HUANG Wen, FANG Qiong, WANG Guo-wei, LI Ming-bo

(Hunan province geological environmental monitoring station, Hunan Changsha 410007, China)

Abstract: Chaling county is located in the eastern of Hunan province, landslide is the most widely distributed and the most harmful type of geological disasters, moreover there is soil, shallow, small-scale, rainfall-induced features. This paper make the landslide which is known the specific time as sample to establish the statistical relationship between occurrence of landslides and rainfall, and determine the critical rainfall which causes the landslides in different regions of Chaling county, finally use the forecasting model of geological and meteorological coupling to get meteorological early-warning grading and partitions of landslide in Chaling county.

Key words: landslide; critical rainfall; geological and meteorological coupling