A Meteorological Risk Assessment Model for Geological Disasters of Qinhuangdao

Lihua Sun, Xiuzhi Cao, Weimin Li, Tianyun Zhang

The Meteorological Bureau of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, China

秦皇岛市地质灾害气象因素风险评估

孙丽华, 曹秀芝, 李卫敏, 张天云

河北省秦皇岛市气象局, 秦皇岛 066000, 中国

Abstract

Using Qinhuangdao 1953-2017, 53 cases of geological disasters and disaster 3 to 7 days before the period of 24 h, occur daily rainfall data, analyzed the spatial and temporal distribution of geological disasters and rainfall, rainfall intensity, rainfall duration and the relationship between the geological disasters. The results show that Geological disasters induced by meteorological factors mainly include debris flow. The northern part of Qinhuangdao has more geological disasters than the south and mountainous areas, and the concentration occurred in July and August, especially in late July and early August. Short-term heavy rainfall with a daily precipitation of more than 50mm is the main meteorological influencing factor of geological disaster. Based on the geological disaster and rainfall relationship, disaster meteorological risk zoning is established, and the geological disaster rainfall model is established to provide scientific reference for government decision-making.

Keywords: geological disaster; Meteorological factors; risk assessment; storm

摘要

利用秦皇岛市1953-2017年53例地质灾害资料及灾害发生期24h、发生前3-7天逐日降水资料, 分析了地质灾害发生的时空分布特征及

降水量、降水强度、降水持续时间与地质灾害的关系。结果表明: 气象因素诱发的地质灾害以泥石流为主, 秦皇岛市地质灾害北部多于南部、山区多于平原, 集中发生在7-8月, 尤以7月下旬至8月上旬最多。日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 以上的短时强降雨是引发地质灾害的主要气象影响因素。基于地质灾害与降雨关系进行灾害气象风险区划, 建立地质灾害降雨模型, 为政府决策提供科学参考, 对秦皇岛市地质灾害的提前预警与防治具有重要意义。

关键词: 地质灾害; 气象因素; 风险评估; 暴雨

1. 引言

地质灾害是指自然因素和人为活动引发的危害人民生命和财产安全的与地质作用有关的灾害[1]。地质灾害的发生常给经济建设和人民生命财产造成巨大损失, 是我国最为严重的自然灾害之一。随社会经济发展和人类活动日益增强, 地质灾害发生频率逐渐增高, 造成的人员伤亡和经济损失逐渐增多, 某种意义上, 地质灾害已经成为制约社会经济发展和人类安居的重要因素[2]。随环境问题越来越受到社会各界重视, 地质灾害的提前预警与防治成为了很重要的一项工作。地质灾害的发生是一个多因素共同作用的复杂物理过程, 其形成原因错综复杂。大量研究表明[3-10], 地质灾害的诱发因素分别是降雨、地震和人类工程活动, 其中降雨是地质灾害发生的最主要因素。秦皇岛市北依燕山, 南临渤海, 属燕山山脉东段丘陵地区与山前平原地带, 地势北高南低, 形成北部

山区—低山丘陵区—山前平原区—冲积平原区—滨海平原区的地貌特征。该市地质环境条件复杂,地质灾害种类繁多,是河北省地质灾害易发区之一[11-12]。因此,通过深入调研秦皇岛市地质灾害现状、历史地质灾害的气象统计,分析地质灾害的诱发因素、找出地质灾害与气象要素的相关规律、危险度及对气象要素的适应程度等,建立地质灾害气象因素风险预警模型,为公众防灾自救和政府防灾管理提供科学依据,对有效指导防灾减灾、最大限度地减少地质灾害造成的人员伤亡和财产损失具有重要意义。

2. 秦皇岛市地质灾害概况

秦皇岛市总面积 7812 km², 其中山区面积 5615 km², 平原区面积 2197 km², 地质灾害种类有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝等, 包含了除地面沉降以外的全部地质灾害 7 个种类, 危害较大的主要是泥石流地质灾害。该市地质灾害分布不均匀, 北部山区较集中, 南部沿海较少(见图 1)。北部燕山山区地势险峻, 沟谷纵横, 主要发育崩塌、滑坡、泥石流、采空塌陷、岩溶塌陷及地裂缝等突发性地质灾害, 崩塌、滑坡、泥石流几乎遍及整个山区; 采空塌陷、岩溶塌陷及地裂缝主要分布在柳江盆地; 平原区以渐变性地质灾害为主, 主要发育有海水入侵、海岸侵蚀等[11-12]。《2017 年度秦皇岛市地质灾害防治方案》中提到: 截止到 2017 年 11 月, 全市各类地质灾害隐患点共 250 处(崩塌 125 处、滑坡 35 处、泥石流 61 处、

地裂缝 7 处、地面塌陷 22 处), 直接威胁人口 3683 人, 直接威胁财产约 1.1 亿元。全市山区尤以青龙满族自治县、抚宁区、卢龙县及市区北部山区为泥石流、滑坡、崩塌地质灾害重点防范区, 且泥石流主要分布在青龙境内、抚宁的北部台营、大新寨山区。海港区石门寨镇、驻操营镇柳江盆地是地面塌陷、地裂缝重点防范区。

3. 秦皇岛市地质灾害的时空分布

3.1 时间分布

按发生地质灾害日期统计, 秦皇岛市 1953-2017 年共发生地质灾害 53 起, 平均每年 0.82 起, 其中上世纪 60、70 年代最少, 各为 5 起, 2001-2010 年最多, 为 12 起, 2011-2017 年次多, 为 11 起, 说明随社会进步和工业化发展, 地质灾害的发生频次呈增加趋势。图 2 为秦皇岛市地质灾害各月平均降水量及发生次数时间分布, 由图可见: 秦皇岛市发生的地质灾害出现在 6-9 月, 最早为 6 月 2 日, 最晚为 9 月 1 日, 主要集中期为 6、7、8 月, 尤其是 7 月下旬至 8 月上旬, 共出现地质灾害 27 次, 占总次数的 51%。而降水也主要集中在这 3 个月(即主汛期), 这 3 个月的降水量占全年总降水量的 70%。相关研究表明[3-10]: 降雨既是灾害发生的动力来源, 也是其形成的主要诱发因素。降雨会使地下水位、基质吸力发生改变, 也使岩土体内部结构、含水量、应力状态、强度发生改变, 导致岩土体强度明显降低。从秦皇岛市民政局部门统计的灾情记录看, 53 起地质灾害的发生均与降水关系十分密切, 没有 1 次地质灾害的发生是没有降水的, 因此可以推断降雨是导致地质灾害发生的主要自然诱因, 是引发当地地质灾害的重要原因和充分条件。

3.2 空间分布

按地质灾害发生区域计算, 秦皇岛市所发生的地质灾害以青龙满族自治县最多, 为 28 次, 卢龙次之, 为 19 次, 以上 2 县发生的地质灾害次数占总次数的 62%, 抚宁 8 次, 昌黎最少为 1 次(见图 3)。地质灾害发生次数的多少与地质地理结构关系密切, 因秦皇岛市不稳定斜坡主要分布在青龙和卢龙的矿区、抚宁北部的台营镇部分地区, 当出现暴雨或强降水等有利天气形势时, 应首先考虑以上地区是存在地质

图 1: 秦皇岛市地质灾害隐患地理分布

图2：秦皇岛市 1953-2017 年逐月平均降水量和地质灾害发生次数

灾害隐患的危险区域。

图3：秦皇岛市各县区汛期降水量和地质灾害发生次数

4. 降水对地质灾害的诱发

地质灾害的发生受内因和外因控制，内因是指地质灾害所处的环境地质条件，外因可以通过影响内因来诱发地质灾害的发生。降雨是导致地质灾害发生的主要自然诱因，但不同的降水量、降水强度、降水持续时间、降水累积量会引起不同程度的地质灾害。只有当地质体处于临界稳定状态或接近临界稳定状态时，外因才能诱发地质灾害。对1953-2017年发生的

53起地质灾害对应其发生前24h、前3-7天的雨量作统计分析。结果表明：53起地质灾害均与降水有关，当天为大雨（25≤雨量<50mm）引发地质灾害的有3例，占5.6%。当天为暴雨（雨量≥50mm）引发地质灾害的有14例，占26.4%；当天为大暴雨（雨量≥100mm）引发地质灾害的有22例，占41.5%，当天为特大暴雨（雨量≥250mm）引发地质灾害的有6例，占11.3%，当日降雨量小于25 mm且前3-7天出现连续性降雨发生地质灾害的有8例，占15%（见表1）。也就是说近80%的地质灾害是由24小时内出现暴雨及以上量级的降水引发的，即短时强降雨是引发该区域地质灾害的主要气象影响因素，对地质灾害具有明显的诱发效应，其次分别是持续降雨量和持续降雨日数。降雨量作为诱发滑坡、泥石流地质灾害的重要因素，很大程度上指示了地质灾害发生的可能性，一般来说，在降雨发生当天及前几天，大部分地质灾害的发生都会伴随降雨的发生，并且规律性非常明显。

表1 1953-2017年秦皇岛市不同降水级别下地质灾害发生情况

统计值	降水量级/mm				
	0-50	50-100	100-250	≥250	持续性降水
灾害发生次数	3	14	22	6	8
致灾率/%	5.6	26.4	41.5	11.3	15

5. 秦皇岛市地质灾害气象因素风险评估

5.1地质灾害气象风险区划

根据国土资源部和中国气象局的联合规定，按照未来24小时内地质灾害发生的可能性

大小，将地质灾害气象预警分为五级：F1级：地质灾害发生的可能性很小；F2级：地质灾害发生的可能性较小；F3级（注意级）：地质灾害发生的可能性较大；F4级（预警级）：地质

灾害发生的可能性大; F5 级(警报级): 地质灾害发生的可能性很大, 其中3级及以上为地质灾害气象预警信息发布级。基于秦皇岛市地质、地理及岩土体结构特点, 结合地质灾害发生与降水的关系分析, 对秦皇岛市进行地质灾害气象风险等级区划(图4)。该区划共分为5个级别: 高风险、次高风险、中度风险、次低风险、低风险等级, 北部山区为地质灾害高风险区, 由北向南地质灾害气象风险等级依次降低, 南部沿海为地质灾害低风险区。

5.2地质灾害气象风险评估模型

分析表明, 持续性降水容易造成山体滑坡, 而泥石流是持续性降水和短时暴雨共同造成的, 尤其出现暴雨及以上量级降水时, 滑坡、泥石流灾害发生率高, 也使崩塌、地面塌陷、地裂缝加剧, 给人民生命财产安全带来威胁。对1953~2017年秦皇岛市各种地质灾害共53个个例和代表站雨量进行统计分析, 建立该市地质灾害气象风险评估模型: 当24h达中雨量级

时, 定为1级风险; 当24h达中到大雨量级时, 定为2级风险; 当24h降水量50~100毫米时, 定为3级风险; 日降水量100~150毫米或连续2天降水量大于100毫米时, 定为4级风险; 日降水量大于150毫米或连续3天降水量大于150毫米时, 定为5级风险。其中2级以下为内部监测警示级别, 不对外发布, 当达到3~5级时则由当地气象部门联合国土资源部门在地质灾害气象预报预警中共同对外发布。

气象预报人员可根据天气系统判断主要降水落区、降水量级别, 依据地质灾害气象风险评估模型, 确定地质灾害预警等级。分析表明, 出现华北气旋、冷涡、低槽冷锋、西南涡、副高切变等系统时, 容易在北部山区出现暴雨、强降水天气, 引发泥石流等地质灾害。依据以上系统, 建立相应的天气预报指标, 从而判断当地地质灾害气象风险等级。而台风登陆或台风外围则影响山海关、海港区、北戴河区、抚宁区、昌黎县等沿海地区, 要注意台风引起的

图 4: 秦皇岛市地质灾害气象风险区划

风暴潮灾害。

6. 结论

(1) 秦皇岛市地质灾害以泥石流为主,北部多于南部、山区多于平原,7-8月为该市地质灾害高发期,尤以7月下旬至8月上旬最多。突发性崩塌、滑坡、泥石流地质灾害与短时强降水和持续性降水有极为密切的关系。当天为暴雨引发的地质灾害占26.4%,当天为大暴雨引发地质灾害占41.5%,可以认为短时强降雨是引发该地地质灾害的主要气象影响因素。

(2) 基于秦皇岛市地质、地理及岩土体结构特点,结合地质灾害发生与降水的关系分析,完成秦皇岛市地质灾害气象风险等级区划,确定北部山区为地质灾害高风险区,是存在地质灾害隐患的危险区域。

(3) 运用前期降水与未来降水预报相结合来对地质灾害进行预报预警是可行的,因此,建立地质灾害气象风险评估模型,依据天气系统进行强降水落区预报对预防地质灾害具有指导作用。

(4) 应该指出的是地质灾害气象预报的准确率目前仍然受很多方面的制约,其中降水预报的精确度以及正确判定地质灾害与降雨之间的关系是最主要的问题。气象部门应与国土资源部门合作,收集灾害发生的逐时资料,配合逐时自动站雨量资料,进一步完善地质灾害的预报及风险评估方法。

参考文献

- [1] 张书余.地质灾害气象预报基础.北京:气象出版社,2005:98—104.
- [2] 郑孝玉.滑坡预报研究方法综述.世界地质,2000,19(4):370.
- [3] 黄莉,周云霞,黄君健,等.广西西南部地质灾害气象因素风险评估.防灾科技学院学报,2008,10(4):79—82.
- [4] 景学义,王开宇,贾艳辉,等.哈尔滨市地质灾害气象诱因分析及监测预警.自然灾害学报,2008,17(1):139-142.
- [5] 丁力,彭九慧,谭国明.承德市地质灾害气象预报方法初探.气象科技,2006,34(6):750-753.
- [6] 裴惠娟,陈晋,李雯,等.甘肃省地质灾害风险评估.灾害学,2017,32(2):97-102.

- [7] 尤凤春,史印山,郭丽霞.河北省山区地质灾害气象预警系统.气象科技,2008,36(6):818-821.
- [8] 黄丽,李奇,袁华东.降水对湖北省地质灾害发育程度的影响.资源环境与工程,2012,26(4):369-375.
- [9] Guo S J. The Meteorological Disaster Risk Assessment Based on the Diffusion Mechanism. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2012, 2(2):124-130.
- [10] 章达华,沈永生,刘建国,等.三明市前汛期地质灾害与强降水的关系及其预报.暴雨灾害,2011,30(2):182-187.
- [11] 郝文辉,苏凯,郭巨,等.秦皇岛市地质灾害现状特征及防治体系建设探讨.地下水,2016,38(5):176-178.
- [12] 吕玲玲.秦皇岛市地质灾害风险区划的思考与探索.中国环境管理干部学院学报,2010,20(6):39-41.