

王禹萌, 张羽, 贺奇, 等. 基于长白山火山灾害情景构建技术的灾害动态预测[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 137–140. [WANG Yumeng, ZHANG Yu, HE Qi, et al. Disaster Dynamic Prediction Based on Scenario Construction Technology of Volcanic Disaster in Changbai Mountain[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 137–140]

基于长白山火山灾害情景构建技术的灾害动态预测

王禹萌, 张羽, 贺奇, 张仁鹏

(吉林省地震局, 长春 130117)

Disaster Dynamic Prediction Based on Scenario Construction Technology of Volcanic Disaster in Changbai Mountain

WANG Yumeng, ZHANG Yu, HE Qi, ZHANG Renpeng

(Jilin Earthquake Agency, Changchun 130117, China)

关键词: 情景构建; 灾害动态预测; 仿真模拟; 长白山

Keywords: Scenario construction; Disaster dynamic prediction; Analog simulation; Changbai Mountain

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0137-04

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.50

0 研究背景

在目前长白山火山监测研究基础上, 借鉴国内外自然灾害情景构建案例, 基于突破层级和业务领域的统一风险管控框架的情景构建技术, 以我国最具有喷发可能的休眠式活火山——长白山为研究目标, 开展火山灾害情景构建技术研究。对可能发生的火山重大喷发灾害事件及可预期风险, 在假设火山灾害背景条件和现有能力水平下, 研究结果可作为火山区防灾规划、经济建设布局规划, 应对火山灾害事件的科学依据。同时, 补充震灾防御基本业务——评估业务方向, 提升吉林省防御综合自然灾害的能力, 建立我国第一个

火山灾害情景构建技术应用平台。我国已查明有14座活动火山, 具有潜在喷发危险(表1)。曾造成不同规模的熔岩流灾害、空降堆积灾害、涌浪堆积灾害、火山碎屑流灾害、火山泥石流灾害和洪水灾害等。尤其是长白山火山千年前大喷发, 是全球2000年来最大喷发规模之一。2000年7月, 时任国际火山学与地球内部化学学会主席 Sparks 教授考察长白山火山后, 认为长白山火山是中国最危险的活动火山, 潜伏巨大灾害。长白山火山于2002—2005年出现强烈扰动。长白山火山地震数量明显增加, 2003年发生1293次地震。2002—2005年累积垂直形变为68 mm, 水平形变可达38 mm, 聚龙温泉和锦江温泉的气体地球化学参数出现异常高值。2020年12月22日长白山火山发生震

收稿日期: 2024-10-10

作者简介: 王禹萌(1986-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事灾害模拟工作。

E-mail: 66099291@qq.com

通信作者: 张羽(1980-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事灾害风险评估工作。

E-mail: 28620273@qq.com

群活动，共记录到火山地震 38 次，最大震级达到 1.1 级。2021 年 6 月 27 日再次发生震群事件，发生火山地震 11 次，最大震级达到 1.4 级。以上表明 2020 年 12 月以来，长白山火山活动性明显增强，有再次活跃的迹象。韩国学者曾预测长白山火山

将在 2014 年喷发。日本学者预测长白山火山在 2019 年、2034 年可能喷发。刘嘉麒院士认为，长白山火山迟早是会喷发的。因此，开展我国主要活动火山的火山灾害情景构建研究，是应对火山潜在喷发危险的迫切需要。

表 1 中国活动火山最新喷发年代统计表
Table 1 Statistics on the latest eruption dates of active volcanoes in China

序号	火山名称	最新喷发年代
1	长白山天池火山	1903 年(存疑)
2	龙岗火山	~ 1600 年前
3	五大连池火山	1720 ~ 1776 年
4	镜泊湖火山	~ 1000 年前
5	科洛火山	~ 7500 年前
6	诺敏河火山	<10 000 年
7	阿尔山火山	~ 1900 年前
8	阿巴嘎火山	<10 000 年
9	乌兰哈达火山	<1000 年
10	阿什库勒火山	1951 年(存疑)
11	腾冲火山	明成化、正德、嘉靖、万历年间
12	琼北火山	8000 年前
13	大屯火山	无最后喷发时间记录,有温泉、喷气、地震活动
14	龟山岛火山	<7000 年

1 技术路线

1.1 火山灾害仿真模拟

火山灾害模拟是一个复杂的过程，本文的火

山灾害模拟模型以吉林省地震局与中国地震局地质研究所多年技术合作为基础，以长白山千年大喷发的野外调整结果为参考，勾绘出火山 4 类灾害的分布范围，仿真灾害模拟的主要输入和产出指标如表 2 所示。

表 2 火山灾害仿真模拟参数表
Table 2 Volcano disaster simulation parameters table

灾害类别	能量规模	输入变量	产出主要指标
洪水 ^[1]	容量	1、2、5、10 亿 m ³	时间、距离、流量、影响范围
	流速	10 ~ 120 m/s	
	路线	10 条洪水通道	水道两侧各 500 m
熔岩流 ^[2]	强度	1 ~ 10 级	时间、距离、温度、厚度、影响范围
	岩性	碱性玄武岩(5%)、拉斑玄武岩(5%)、碱性玄武岩(30%)、拉斑玄武岩(30%)	
	路线	10 条熔岩通道	熔岩两侧各 1000 m
碎屑流 ^[3]	喷发柱高度	10、15、20、25、30 km	喷发速度、传播速度、体积、温度、密度

(转下表)

(接表2)

灾害类别	能量规模	输入变量	产出主要指标
	路线	模拟计算范围:坡度、粒度、岩性、温度、VEI指数、类型等	面状灾害
空降碎屑物	喷发柱高度	10、15、20、25、30 km	风向、风速、传播速度、地表火山灰厚度
	路线	模拟计算范围:坡度、粒度、岩性、温度、VEI指数、类型等	面状灾害

1.2 构建6个火山综合灾害典型情景

结合长白山火山历史喷发特征和目前全球火山指标的通用定义，如图1所示构建6个典型的火

山综合灾害情景，每个情景对4类直接火山灾害都有确定的输入变量，如表3所示为各情景下的主要指标。

表3 火山综合灾害典型情景主要指标

Table 3 Main indicators of typical volcanic comprehensive disaster scenarios

情景	类型	VEI	地震	洪水	熔岩流	碎屑流	空降碎屑物
1	火山扰动	0	⊙	⊙			
2	夏威夷式	1	⊙	⊙	⊙		
3	斯特朗博利式	3			⊙		⊙
4	武尔卡诺式	4					⊙
5	培雷式	5				⊙	⊙
6	普林尼式	6	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

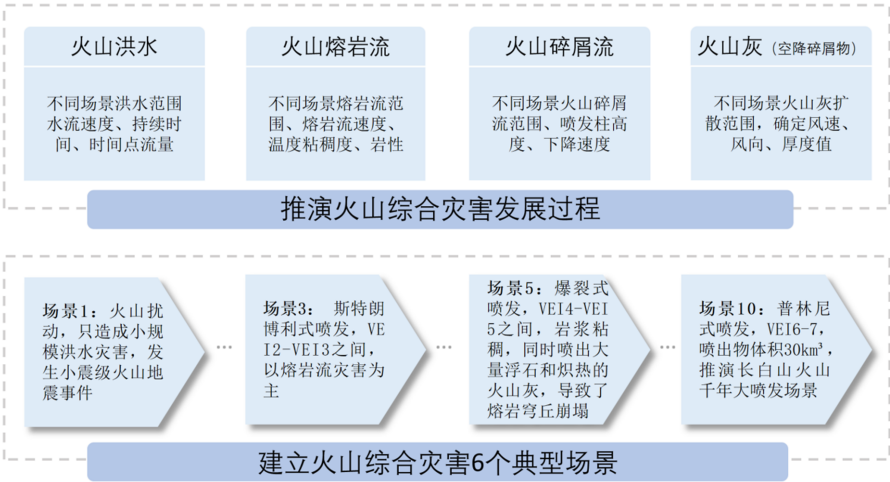


图1 典型情景框架图

Fig.1 The typical framework diagram based on scenario construction technology

2 火山灾害动态预测实现

本文拟选定一款国产化地理信息软件作为研发平台，以往也积累了诸多开发基础，使用全三维地理信息环境进行灾害仿真与可视化实现。下图2是火山直接灾害的模拟效果，但本文要实现基

于情景的可视化实现在技术难度上提高许多，要实现本文目标拟解决如下问题，这个技术问题也可本文的研究内容。

- (1)程序设计方面需要实现多线程并行运算；
- (2)3D-GIS显示界面需要显示多类模拟结果数据，设计好符号化、层序、空间位置、属性标注等主要参数；

(3)统一时间指标,4类直接火山灾害发展速度是不同的,需要在前期火山灾害仿真模拟环节,确定统一的时间指标;

(4)解决4类直接火山灾害的诱发关系,如普林尼式火山喷发(长白山火山千年大喷发的方式),

可能灾害的先后顺序是火山震、洪水、碎屑流、空降碎屑、熔岩流;

(5)设置多倍速模拟可视化,基于情景的火山综合灾害持续时间可能需要1~10 h,需要设计10~100倍数的快速模拟仿真。



(a)火山洪水模拟控制界面;(b)火山洪水模拟演示;(c)火山熔岩流模拟控制界面
(d)火山熔岩流模拟演示;(e)火山碎屑流+空降模拟控制界面;(f)火山碎屑流+空降模拟演示

图2 火山4类直接灾害动态预测

Fig.2 Dynamic prediction of four types of volcanic disasters

参考文献

[1] 刘俊清,孙继财,武成智,等.长白山天池火山溃湖洪水最大流量的初步估算及影响分析[J].地震地质,2013,35(1):85-91.
[2] 靳晋瑜,魏海泉,盘晓东,等.长白山天池火山造盾熔岩流流动速度的恢复与溢流性灾害讨论[J].地震地质,2006,28(3):381-390.

[3] 王新茹,赵波,万园,等.长白山天池火山碎屑流灾害区划[J].震灾防御技术,2015,10(2):262-270.