

文章编号: 1004-4353(2014)03-0265-04

长白山天池火山监测与火山灾害研究动态

冯恒栋¹, 南颖¹, 杜会石²

(1. 延边大学理学院 地理系, 吉林 延吉 133002; 2. 吉林师范大学 旅游与地理科学学院, 吉林 四平 136000)

摘要: 通过对近十年在长白山天池火山监测、喷发历史、火山灾害等领域的研究内容进行梳理,总结了我国长白山天池火山监测与火山灾害研究动态.在此基础上,对未来的研究进行了展望,建议在完善火山监测网络和预警系统、火山灾害导致的生态环境损害的量化、开拓遥感和 GIS 等新技术的应用、加强多国合作等方面进行进一步的深入研究.

关键词: 长白山天池火山; 火山监测; 火山灾害

中图分类号: P317.9 **文献标识码:** A

Current research trends of Changbaishan Tianchi volcano monitoring and volcanic disasters

FENG Hengdong¹, NAN Ying¹, DU Huishi²

(1. Department of Geography, College of Science, Yanbian University, Yanji 133002, China;
2. College of Tourism and Geographical Sciences, Jilin Normal University, Siping 136000, China)

Abstract: We combed the recent researches on Changbaishan Tianchi volcano monitoring, volcano eruption history, and volcanic disasters, and current research trend was also summarized. Based on this, we discussed the future research and recommended more research on volcano monitoring networks, early warning systems, remote sensing and new technologies application, as well as international cooperation.

Key words: Changbaishan Tianchi volcano; volcano monitoring; volcanic disasters

火山喷发是地球内部能量向地表强烈释放的一种正常的地质现象,也是地壳运动的表现形式之一.火山喷发可为人类提供肥沃的土壤养分,但同时也能给人类带来危害和惨重的灾难,因此,研究火山的作用过程、活动规律、喷发机制和喷发预测、防灾减灾等问题,可以帮助人类更好地开发利用火山资源和最大限度地减轻火山灾害的发生^[1-2].长白山天池火山位于我国吉林省东部,是世界公认的具有喷发潜力的活火山,2002—2005 年长白山天池火山的频繁活动曾一度成为国内外关注的焦点.许多国内外学者对长白山天池火山进行了大量研究并取得了丰硕的研究成果,为揭示火山活动的机理和过程以及为防灾减灾决策提

供了科学依据.本文对近期在长白山天池火山监测、喷发历史、火山灾害等领域的研究内容进行了梳理,总结了研究现状和动态,并对未来的研究进行了展望.

1 长白山天池火山喷发历史研究进展

长白山天池火山喷发历史可以分为 3 个阶段:以玄武质岩浆喷发为主的造盾阶段,以粗面岩、碱流岩熔岩为主的造锥阶段和以布里尼式造伊格尼姆岩喷发(爆炸式喷发)为主的近代喷发和历史喷发阶段^{[1]19-28},其中爆炸式喷发是长白山天池火山喷发历史研究的热点.国内外学者通过对长白山天池火山岩石进行系统的 K-Ar 年代学研

究、岩石学研究、碳化木¹⁴C 年代测定等工作认为,大约在 1 000 年前长白山天池曾发生过一次大喷发(即“千年大喷发”),从规模和猛烈程度上是地球上近 2 000 年来最大的喷发事件之一,但对千年大喷发的精确时间一直存在争议. 2000 年,崔钟燮等^[2]通过对大量史料进行考证和分析,将千年大喷发的时间精确为 1199 年(11 月)至 1200 年(5 月)之间,并通过进一步的研究发现在 1201 年 12 月有后续的小规模喷发出现^[3],此结论对于研究长白山天池火山喷发历史意义重大. 崔钟燮等^[4]还根据历史资料,确定长白山天池火山在公元 1014 年到 1019 年之间,也发生过一次较大喷发事件. 对于千年大喷发的火山碎屑堆积物的层序和分布,刘祥^[5]进行了较为详细的论述. 刘强等^[6]利用天池火山周边的钻孔数据,将天池火山的喷发序列分为早期旋回(上新世至早更新世,岩浆演化顺序是粗面玄武岩到粗面岩)、中期旋回(早更新世的玄武岩岩浆演化到粗面岩和粗安岩)和晚期旋回(更新世的玄武岩演化到全新世的粗面岩及碱流岩),揭示了长白山天池火山的喷发序列和岩浆演化过程. 潘波等^[7]通过综合研究天池火山气象站期岩石的岩石化学组成、野外露头特征、岩石结构与颗粒形貌,认为长全新世以来天池火山的 3 期喷发活动均为爆炸式喷发,而非爆炸—溢流—爆炸式喷发. 目前为止,对于千年大喷发以前的大规模喷发时间仍需进一步研究确定.

2 长白山天池火山监测进展

我国对长白山天池火山的监测主要是基于长白山火山地震监测台网进行的. 长白山火山地震监测台网自 1999 年 7 月开始正式运行,至今监测成果显著,为多角度地分析火山活动状态和特征提供了数据支持^[8-12],极大地促进了对长白山天池火山的研究.

监测数据^[13]显示,1999—2002 年 6 月长白山天池火山活动较弱,但 2002 年 7 月至 2005 年 7 月地震活动的频次明显增多,并出现了一系列的火山震群事件,此监测结果引起了国内外学者的广泛关注^[14]. 2005 年 8 月后,天池火山活动逐渐平稳,恢复到 2002 年以前的活动状态. 长白山火山流体监测结果显示,2010 年 5 月有 2 个温泉泉点水温同步上升了 3 ℃. 火山区形变监测结果显示,2010 年长白山北坡垂直位移量打破了火山锥体每年升高 4 mm 左右的规律,火山锥体的位移

在垂向上发生逆转,海拔最高的水准点在 1 年内突降 12.72 mm^[15]. 对于这些异常的监测结果,目前尚无明确的科学解释,也无法仅以此现象推断长白山天池火山将进入新的活跃期.

目前,长白山火山监测系统由地震监测台网、形变监测台网、流体监测台网、电磁观测台等子系统组成. 杨清福等^[16]认为,目前的监测系统虽然已经初具规模,但尚存在很多薄弱环节,如火山地震观测台网的监测能力较弱、GPS 形变观测网和流体观测网不能实时连续观测、火山影像观测系统建设处于空白等,应建设包括火山地震监测台网、火山形变 GNSS 监测台网、以气体地球化学为主的火山流体监测台网和火山影像监测台网在内的天池火山监测网络系统,以对长白山天池火山提供更有效的监测,并满足火山喷发预测预警的需要. 仲广培等^[17]也在天池火山活动监测能力和地震分辨能力、天池火山地理环境特点等方面对长白山天池火山地震预警台网的布局进行了探讨.

随着空间信息技术的发展,遥感和 GIS 等新技术也越来越广泛地应用到地学各个领域,尤其是卫星遥感技术已被有效地应用于火山活动监测. 在早期,单新建等利用 Landsat TM、ERS-1 SAR 遥感影像数据并结合地质考察、测年资料,研究了长白山天池火山近代喷发期次、喷发规模及喷发物的分布特点^[18-19];张学霞等提出了利用 3S 技术监测、预测、评估火山灾害的方法,并建立了火山区地理信息系统^[20-21];薄立群等^[22]也阐述了利用热红外卫星遥感探测突发性地热异常的原理和方法. 近期,许军强等^[23]利用 ASTER 遥感数据反演长白山火山区地表温度并解译了地质构造,他们还结合对水热活动及深源气体释放特征等资料的关联分析,应用地热预测模型对长白山火山区地热资源存在的有利区进行了预测^[23]. 季灵运等^[24]基于长白山天池火山区 Landsat TM/ETM 和 ASTER 热红外遥感数据,反演了 1999—2008 年天池火山区的温度场序列,提取出由火山岩浆活动导致的温度异常,并通过进一步分析再次证明卫星热红外遥感技术监测火山活动的可行性与可靠性.

3 长白山天池火山灾害研究动态

长白山天池火山被认为是世界上最具潜在灾害性喷发危险的火山之一. 一旦发生火山喷发,所引起的火山熔岩流、火山碎屑流、火山泥石流、火

山空降物等将会造成周边地区重大人员伤亡和严重的生态环境破坏,甚至对全球气候产生重大影响。对长白山天池火山灾害进行研究和分析是预防和减轻火山灾害的重要手段和决策依据,具有重要的现实意义。

针对长白山天池火山喷发的各种潜在灾害,刘松雪等^[25]依据历史上最大规模的喷发空降堆积物、火山碎屑流和火山泥流分布范围,编制了火山喷发空降堆积物灾害预测图、火山碎屑流灾害预测图和火山泥流灾害预测图,并提出了防灾减灾的建议。在各种潜在灾害中,火山熔岩流危害极大,能对其流经区域造成毁灭性的灾难。靳晋瑜等^[26]依据不同的熔岩物理参数资料获得长白山天池火山熔岩流流动速度与地表流动时间,以此作为参考数据确定了熔岩流动大致受灾范围和灾害表现,并提出了针对此灾害的建议。

近几年,对长白山火山泥石流流灾害的研究也比较丰富。长白山天池水面海拔高度 2 189.7 m,蓄水量高达 20 亿 m^3 ,是世界上最高的火山湖,一旦发生火山喷发,将会出现溃泄,产生巨量溃湖洪水。根据长白山的地质条件,火山湖水溃泄将必然引发严重的泥石流灾害。很多学者就此问题从多个角度展开了研究。王禹萌等^[27]运用粗糙集理论,对影响长白山天池火山泥石流的因素进行了权重分析,结果表明地形条件对泥石流灾害程度的影响最大,其次为固体物源和植被条件,权重最小的为底层岩性和节理密度。温智虹等^[28]利用层次分析法将影响长白山天池火山泥石流的因素分为地质条件、地形地貌和植被覆盖情况 3 大类 9 个影响因子,并进行了权重分析,结果显示,相对高差和坡纵比对火山泥石流分布的影响最大,高程、堆积厚度和植被覆盖程度也是影响长白山火山泥石流分布的主要因子。盛俭等^[29]对假设的中等和较小规模喷发所引发的火山泥石流平均速度和峰值速度进行了模拟计算,发现火山泥石流流通的速度受火山喷发规模影响较小,其中中等喷发规模引发的火山泥石流从天池火山口流通到下游 28 km 左右的区域需要 140 min 左右。万园等^[30]利用 LAHARZ 软件对长白山 4 条主要河道进行了火山泥石流的数值模拟,根据设定的能量锥最佳阈值和河流最佳阈值,并基于历史上最大规模的喷发设定了不同的体积阈值,并制成了长白山天池火山泥石流模拟灾害区划图。刘俊清等^[31]采用相关水动力学公式及溃坝模型,初步估

算了不同情况下天池火口湖溃坝的最大流量及向下游的洪水演进过程,研究表明若天池火山湖水溃泄一半即 10 亿 m^3 时,距火山口 50 km 处的二道白河镇将全部被淹没,下游的白山水库、丰满水库安全也会受到严重威胁。

长白山天池火山的潜在灾害还包括天池风景区特殊地质地貌条件孕育的崩塌等自然灾害。目前,长白山天池区深沟陡壁的自然景观已经成为重要的旅游资源,而这种地貌类型也是崩塌灾害发生的重要因素。张丽等^[32]采用有限元法对长白山天池地区高陡斜坡稳定性进行了定量分析,结果表明天池地区斜坡整体稳定性较好,但斜坡上缘表层岩体的稳定性较差,易发生崩塌事故,而龙门峰两侧南北向陡崖、瀑布附近东西向陡崖及黑风口以南南北向陡崖分布区是崩塌灾害严重区。王洁玉等^[33]通过分析崩塌灾害的形成机理,对长白山北坡登山长廊边坡危岩体进行了危险性评价。刘永平等^[34]根据 1998 年长白山瀑布西侧观光长廊段边坡崩塌事故事发地点的地质背景和形成条件对崩塌灾害的发生机制进行了阐释,并提出了综合防治措施,取得了较好效果。

根据火山监测数据,结合火山地区基础地理数据,对火山灾害进行预警是减少各种火山灾害危害的有效途径。为了更有效地提高长白山火山灾害预警能力,李征西等^[35]初步建立了长白山天池火山灾害预警基础数据库,该数据库可以实现火山灾害基础数据的查询、显示、分析及数据维护更新,为防灾减灾救灾等工作提供了便利。

4 结束语

近年来,我国逐步完善了长白山火山监测系统,并在多个领域都取得了新的进展,其中千年大喷发时间的精确确定对研究长白山天池火山喷发历史意义重大。为了更加系统深入地研究长白山天池火山,今后应加强以下几个方面:①继续建设和完善长白山火山监测网络,为火山监测提供全面的多角度的基础数据;同时建立和完善火山灾害数据库和预测系统,使监测和预警实现自动化和实时化。②在火山灾害预测的基础上,把火山灾害对生态环境造成的危害进行定量化和空间定位,为防震减灾提供参考数据。③在加强传统研究方法的同时,要加大遥感和 GIS 技术在长白山天池火山研究中的应用。④根据长白山天池火山具有跨国界跨区域的特点,应积极推进与周边

国家的合作机制,共同开展对长白山天池火山的研究.

参考文献:

- [1] 刘若新,魏海泉,李继泰,等.长白山天池火山近代喷发[M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 崔钟燮,金东淳,李霓.长白山天池火山公元 1199—1200 年大喷发历史记载的发现及其意义[J].岩石学报,2000,16(2):191-193.
- [3] 崔钟燮,刘嘉麒,韩成龙.长白山火山公元 1199—1201 年喷发的历史记录[J].地质论评,2008,54(4):557-560.
- [4] 崔钟燮,刘嘉麒.长白山天池火山公元 1014—1019 年大喷发的历史记录[J].地质论评,2006,52(5):624-627.
- [5] 刘祥.长白山火山历史上最大火山爆发火山碎屑物层序与分布[J].吉林大学学报:地球科学版,2006,36(3):313-318.
- [6] 刘强,盘晓东,魏海泉,等.长白山天池火山喷发序列研究[J].中国地震,2008,24(3):235-246.
- [7] 潘波,樊祺诚,仲广培,等.长白山天池火山气象站期喷发类型研究[J].地震地质,2013,35(3):542-552.
- [8] 李克,刘俊清,盘晓东,等.2000—2007 年期间长白山天池火山区地壳变形监测与分析[J].地震地质,2009,35(4):639-646.
- [9] 陈国浒,单新建,Wool M Moon,等.基于 InSAR、GPS 形变场的长白山地区火山岩浆囊参数模拟研究[J].地球物理学报,2008,51(4):1085-1092.
- [10] 崔笃信,王庆良,李克,等.长白山天池火山近期形变场演化过程分析[J].地球物理学报,2007,50(6):1731-1739.
- [11] 胡亚轩,王庆良,崔笃信,等.长白山天池火山区形变监测及火山活动状态分析[J].大地测量与地球动力学,2007,275(5):22-25.
- [12] 高玲,上官志冠,魏海泉,等.长白山天池火山近期气体地球化学的异常变化[J].地震地质,2006,28(3):358-366.
- [13] 刘国明,于洪荏,谭雨文.长白山天池火山监测工作进展[J].岩石学报,2006,22(6):1491-1493.
- [14] 刘国明,张恒荣,孔庆军.长白山天池火山区的地震活动特征分析[J].地震地质,2006,28(3):503-508.
- [15] 刘国明,孙鸿雁,郭峰.长白山火山最新监测信息[J].岩石学报,2011,27(10):2905-2911.
- [16] 杨清福,高金哲,刘俊清,等.长白山天池火山预警系统建设架构 I—火山监测网络建设[J].自然灾害学报,2013,22(5):112-119.
- [17] 仲广培,刘俊清,武成智,等.长白山天池火山地震预警台网布局探讨[J].山西地震,2013(2):15-17.
- [18] 单新建,叶洪,陈国光,等.利用多源数据融合研究长白山天池火山的喷发期次及空间分布[J].自然灾害学报,2001,10(2):107-112.
- [19] 单新建,叶洪,陈国光.利用 ERS-2 SAR 图像纹理分析方法揭示长白山天池火山近代喷发物空间分布特征[J].第四纪研究,2002,22(2):123-130.
- [20] 张学霞,薄立群,张树文,等.自然灾害信息系统体系结构初探—以长白山火山灾害信息系统为例[J].灾害学,2001,16(1):2-6.
- [21] 张学霞,薄立群,常丽萍.火山信息系统建立方法研究—以长白山火山区为例[J].地质灾害与环境保护,2000,11(3):226-229.
- [22] 薄立群,华仁葵.长白山火山热红外卫星遥感监测原理与框架设计[J].地质灾害与环境保护,2003,14(1):38-43.
- [23] 许军强,白朝军,刘嘉宜.基于遥感技术的长白山火山区地热预测研究[J].国土资源遥感,2008(1):68-71.
- [24] 季灵运,许建东,林旭东,等.利用卫星热红外遥感技术监测长白山天池火山活动性[J].地震地质,2009,31(4):617-627.
- [25] 刘松雪,刘祥.长白山火山灾害及其对大型工程建设的影响[J].世界地质,2005,24(3):289-292.
- [26] 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.
- [27] 王禹萌,邹春红,吕晗.基于粗糙集理论的长白山火山泥石流影响因子权重分析[J].防灾减灾学报,2013,29(2):28-32.
- [28] 温智虹,万鲁河,盛俭.长白山火山泥石流分布影响因子权重分析[J].灾害学,2012,27(1):64-67.
- [29] 盛俭,万鲁河,温智虹,等.长白山天池火山泥石流数值模拟[J].重庆大学学报,2013,36(2):85-90.
- [30] 万园,许建东,林旭东,等.基于数值模拟的长白山天池火山泥石流灾害展布范围分析及预测[J].吉林大学学报:地球科学版,2011,41(5):1638-1645.
- [31] 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.
- [32] 张丽,李广杰.长白山天池地区斜坡稳定性分析[J].世界地质,2005,24(4):378-381.
- [33] 王洁玉,张以晨,汪茜.长白山北坡边坡危岩体形成机理及危险性评价[J].地质与资源,2010,19(4):315-318.
- [34] 刘永平,李广杰,仵磊.长白山天池观光长廊段边坡崩塌灾害——原因分析及其综合防治[J].自然灾害学报,2007,16(3):128-131.
- [35] 李征西,盘晓东,康力.长白山天池火山灾害预警基础数据库的初步建立[J].东北地震研究,2007,23(2):70-75.