

历史文献记录的中国境内火山喷发辨析

费杰

复旦大学 中国历史地理研究所, 上海 200433

摘要: 摸清历史时期中国境内火山喷发的分布和规律, 是一项对火山学和相关学科都非常重要的基础性工作。文章以历史文献资料为基础, 结合地质资料, 就此进行了系统梳理和辨析。结果表明, 1719—1721年黑龙江五大连池火山喷发是最早被中国历史文献详细记录下来的中国火山喷发。朝鲜历史文献记载, 1597年因深源地震诱发长白山望天鹅火山小规模喷发; 长白山第四纪火山群天池火山曾多次喷发, 其中, 公元946年前后的天池火山“千年大喷发”, 应当是历史时期中国境内最大规模的火山喷发; 历史时期云南腾冲火山群有过喷发, 但公元1609年是否喷发存疑; 历史时期大同火山群是否曾喷发目前还存疑; 台湾北部第四纪火山群的大屯火山群和龟山岛在历史时期有火山活动; 昆仑山西段阿什库勒火山群阿什火山、小黑沟火山等在历史时期可能有喷发。地质资料显示, 长白山龙岗、镜泊湖火山群和内蒙古东部阿尔山火山群等也曾在历史时期喷发。

关键词: 长白山; 五大连池火山; 望天鹅火山; 阿什库勒火山群; 大同火山群; 腾冲火山群; 大屯火山群; 历史文献

Examination of the volcanic eruptions in China recorded by historical documents

FEI Jie

Institute of Chinese Historical Geography, Fudan University, Shanghai 200433, China

Abstract: Background, aim, and scope A complete and exact list of the volcanic eruptions in China in historical times is fundamentally important for volcanology and related subjects. Here we conducted a systematic survey of historical records as well as geological data. **Materials and methods** This study is based on a careful and systematic examination of Chinese and Korean historical documents and geological evidences. **Results** The eruption of Wudalianchi volcano in 1719—1721 could be the first volcanic eruption in China recorded by Chinese historical documents. Korean historical documents recorded that the Wangtian'e volcano in the Changbaishan Mountain erupted mildly in 1597, which was triggered by a deep-focus earthquake. The Tianchi volcano, Changbaishan Mountain, erupted successively in historical times, and the ‘millennium eruption’ around AD 946 was the greatest volcanic eruption in Chinese history. The Tengchong volcano group erupted in historical times, whereas it is uncertain whether it erupted around 1609. The possible historical eruption of Datong volcano group is still unresolved. The Tatun volcano group and the Kueishantao Island volcano were still active in historical times. In the western Kunlun Mountain, the Ashikule volcano group erupted in historical times. Geological data indicates that the Longgang and Jingpohu volcano groups in the Changbaishan Mountain and the

收稿日期: 2023-08-12; 录用日期: 2023-10-16; 网络出版: 2026-01-06

基金项目: 国家社会科学基金重大项目 (23&ZD255)

作者简介: 费杰, 47岁, 教授, 第四纪地质与历史地理学专业, E-mail: jiefei@fudan.edu.cn

引用格式: 费杰. 2026. 历史文献记录的中国境内火山喷发辨析 [J]. 地球环境学报, 17(1): 1–12. <https://cstr.cn/32259.14.JEE2023160>.

Citation: Fei J. 2026. Examination of the volcanic eruptions in China recorded by historical documents [J]. Journal of Earth Environment, 17(1): 1–12. <https://cstr.cn/32259.14.JEE2023160>.

Arxan volcano group in eastern Inner Mongolia also erupted in historical times. **Discussion** This study is based on an extensive search and careful examination of Chinese, Korean, Japanese and European historical documents, which proves to be a promising and effective approach. Historical records are ambiguous, and a comparison of various records and scientific interpretation is of key importance for this study. **Conclusions** After a careful examination, a complete list of volcanic eruptions in China in historical times is established. **Recommendations and perspectives** Future researches could focus on a more extensive searching of various historical documents. On the hand, accurate dating is the bottle neck of historical volcanic eruption researches. Geological studies, particularly accurate dating of volcanic eruptions is important. A complete and accurate list of historical volcanism needs a combination of historical and geological studies of volcanic eruption.

Key words: Changbaishan Mountain; Wudalianchi volcano; Wangtian'e volcano; Ashikule volcano group; Datong volcano group; Tengchong volcano group; Tatun volcano group; historical records

建立完整的历史时期火山喷发目录是一项非常重要的基础性地质工作(刘嘉麒, 1999; Siebert等, 2011)。对历史时期火山喷发的辨析, 有助于更好地认识中国境内火山的活动性, 更好地辨识活火山, 从而为活火山的监测和火山灾害的预防工作提供历史资料支撑。历史时期喷发的火山, 属于活火山的范畴。活火山, 也称活动火山, 一般定义为在全新世(11.7 ka BP以来)有喷发的火山(Siebert等, 2011)。本文将历史时期定位为有历史文献资料以来的时段, 即大约过去3000年。

另一方面, 火山与地震是两种有密切联系的地质灾害, 也是新构造运动和岩浆活动的表现。历史时期火山喷发的辨析, 有助于更好地认识新构造运动和岩浆活动的规律, 对增进历史地震研究也是很有意义的。相对于历史时期地震史料的整理和辨析而言(谢毓寿和蔡美彪, 1983; 国家地震局和复旦大学, 1990), 历史时期火山史料整理与研究远远不足。

1 材料与方法

以历史文献资料为基础, 进行历史时期火山研究, 是火山学的重要分支(Siebert等, 2011), 也被称为史料火山学(小山真人, 1995)。相对于日本、冰岛、意大利等火山活动频繁、历史文献记载丰富的地区, 中国境内活火山较少, 历史时期火山喷发的记载非常零散, 搜集整理工作远远不够, 还有很长的路要走。虽然中国火山史料搜集整理和研究工作在民国时期就已经开始, 但这一工作犹如大海捞针, 非常不易。

另一方面, 地质资料也是历史时期火山喷发的重要资料库, 可以与历史文献记载互为补充、

互相印证(刘若新等, 1999; 洪汉净等, 2007; 白志达等, 2011)。在已有相关工作的基础上(尹赞勋, 1937; 刘若新等, 1999; 魏海泉和刘若新, 2001; 费杰, 2019; Chen和Chen, 2021), 本文以历史文献资料的进一步搜集整理考证为基础, 结合地质资料和近年的研究进展, 对历史时期中国境内的火山喷发事件进行比较系统的考证、辨析。

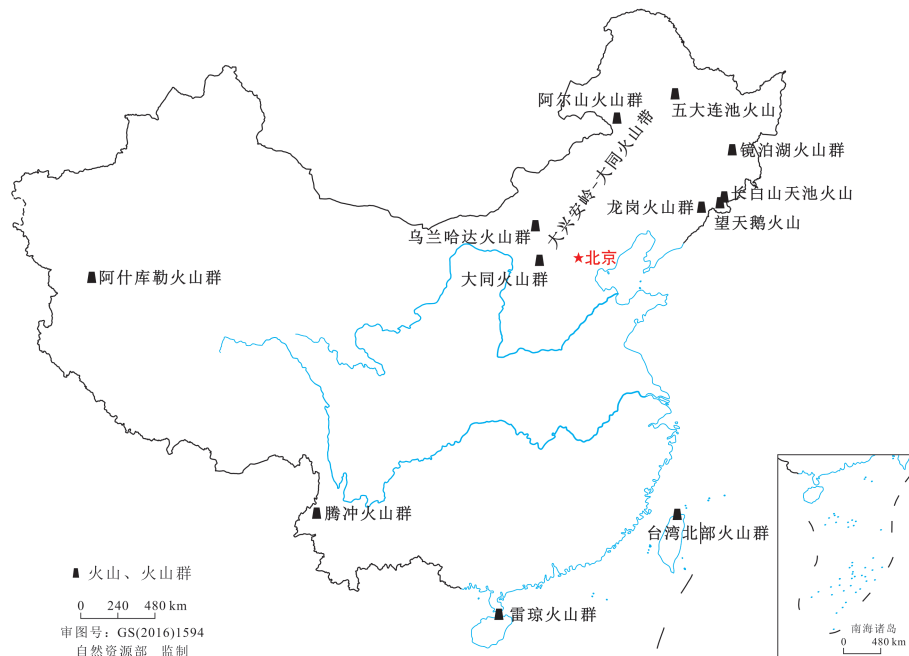
系统地查阅历史文献, 可以对历史时期中国境内火山喷发的记录进行整理考证和研究。有些历史文献记载了疑似火山喷发, 但其所在地区没有活火山或第四纪火山的构造背景, 因而予以排除。对于中国历史文献记录的与境外火山喷发有关的资料, 不在本文讨论的范围。另外, 历史时期中国境内火山喷发大都规模很小, 喷出的火山灰较少, 多局限于火山附近, 不会到达两极地区, 因而没有在两极地区的冰川沉积记录下来, 而且, 火山喷发柱一般也达不到平流层, 不会造成明显的气候效应; 不过, 长白山天池火山千年大喷发是一个例外, 规模很大, 将另行论述。

历史文献记录到的中国境内有喷发的火山空间分布示意图1, 下文将其按照年代由近至远、由精确至模糊的顺序分述。

2 结果与分析——历史时期中国境内火山喷发的逐一辨析

2.1 1720—1721年黑龙江五大连池火山喷发

1720—1721年黑龙江五大连池火山喷发是最早被中国历史文献详细记录下来的中国境内火山喷发。早在20世纪上半叶, 尹赞勋(1937)就关注了此次火山喷发; 此后五大连池火山的地貌、



本图基于自然资源部标准地图服务网 (<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/>) 下载的审图号为GS(2016)1594号的标准地图制作, 底图无修改。

This figure is based on the standard map with the approval number GS(2016)1594 downloaded from the Standard Map Service website of the Ministry of Natural Resources (<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/>), with no modifications made to the base map.

图1 历史时期中国境内火山喷发的空间分布

Fig. 1 Distribution of the volcanic eruptions in China in historical times

地层等问题也得到关注(王承祺, 1979; 孙文昌, 1980)。目前, 对1720—1721年火山喷发历史文献资料的整理较为系统和深入, 满文、汉文历史文献的记载都已经整理出来(尹赞勋, 1937; 任锦章等, 1999; 吴雪娟与陈洪洲, 2002; 陈洪洲, 2004)。例如, 《黑龙江外记》记载了火山喷发的过程: “默尔根东南, 一日地中忽出火, 石块飞腾, 声震四野, 越数日火熄, 其地遂成池沼。此康熙五十八年(1719年2月19日至1720年2月7日)事, 至今传以为异。”^①

《宁古塔记略》是这样记述的: “又一千里至圃魁, 木城沙地, 都统镇守。离城东北五十里有水荡, 周围三十里。于康熙五十九年六、七月(1720年7月5日至9月1日)间, 忽烟火冲天, 其声如雷, 昼夜不绝, 声闻五六十里。其飞出者皆黑石硫磺之类。经年不断, 竟成一山, 直至城郭。热气逼人三十余里, 只可登远山而望。今热气渐衰, 然隔数里之中, 人仍不能近。天使到彼查看,

亦只远望而已。嗅之, 惟硫磺气, 至今如此, 亦无有识之者。”^②

其中, 默尔根位于今黑龙江省嫩江市, 五大连池火山位于嫩江东南约80 km; 宁古塔位于今黑龙江省海林市。综合历史文献记载, 比较普遍的看法是, 五大连池火山喷发发生于1719—1721年; 另外, 有学者提出, 五大连池火山可能在1776年也有喷发(陈洪洲等, 2004), 但还缺少第一手历史文献的支持。

2.2 1597年长白山望天鹅火山喷发

长白山望天鹅火山, 与长白山天池火山同属一个构造单元, 位于天池火山西南50 km, 吉林省长白朝鲜族自治县境内, 与朝鲜隔鸭绿江相望。1597年10月6日, 望天鹅火山喷发的情形被《朝鲜王朝实录》记载下来(李裕澈等, 2012; 李裕澈, 2013)。这是关于中国火山喷发最早的确切的记载, 不过来自于朝鲜历史文献。

《朝鲜王朝实录·宣祖大王修正实录》^③ 记载:

①西清. 黑龙江外记. 成书于1810年, 初刊于1894年。

②吴振臣. 宁古塔记略. 初刊于1721年。

③《朝鲜王朝实录·宣祖大王修正实录》. 见: 学习院东洋文化研究所[日本]印行, 1961。

“咸镜道观察使宋言慎书状，去八月二十六日（1597年10月6日）辰时，三水郡境地地震，暂时而止；二十七日未时，又为地震，城子二处颓圮，而郡越边甑岩，半片崩颓，同岩底三水洞中川水色变为白，二十八日更变为黄；仁遮外堡东距五里许，赤色土水涌出，数日乃止；八月二十六日辰时，小农堡越边北德者耳迁绝壁人不接足处，再度有放炮之声，仰见则烟气涨天，大如数抱之石，随烟拆出，飞过大山后，不知去处；二十七日酉时，地震，同绝壁，更为拆落，同日亥时、子时，地震事。”

《朝鲜王朝实录》，又称《李朝实录》，由朝鲜王朝春秋馆负责编纂，记载朝鲜王朝的历史，是非常重要的朝鲜历史文献，入选《世界记忆名录》。《宣祖大王修正实录》^①是《朝鲜王朝实录》的一部分，记载朝鲜王朝宣祖（李昖，1567年至1608年在位）时期的史事。朝鲜王朝咸镜道三水郡位于鸭绿江上游，望天鹅火山南方20余千米。这段史料对火山喷发的记载相当明确、详实。由此可见，1597年10月6日望天鹅火山喷发，规模较小。李裕澈等（2012）提出这次火山喷发是由同日今吉林省长白县境“汪清-珲春深震区”一次 $M_s \geq 8$ 级深源地震诱发。本区具有深源地震的构造背景，此次地震，未在极震区附近造成很大破坏，但有感范围很广，符合深源的特征。此次深源地震，不仅诱发了望天鹅火山喷发，还诱发了朝鲜境内火山在两天后（1597年10月8日）小规模喷发（李裕澈等，2012）。

2.3 历史时期长白山火山群火山喷发与天池火山“千年大喷发”

长白山天池火山在历史时期曾多次喷发。从地质证据看，整个全新世都有喷发（魏海泉，2014）。就历史时期而言，虽然不同学者给火山喷发活跃期的命名各不相同，但大致可得到，在0.1—0.3 ka BP、1.0 ka BP、3.4 ka BP前后为火山喷发活跃期（许东满等，1993；金伯录与张希友，1994；崔钟燮等，1997）。

遗憾的是，历史时期早期长白山一带文献匮乏，鲜有火山喷发被记载下来。较早的有记载的是1 ka BP左右的“千年大喷发”，下文将专门论

述。除此以外，历史文献记载到的主要是19世纪末以来的喷发。清末《长白山江岗志略》^②记载了长白山火山群多次小规模喷发，譬如，1900年长白山天池火山小规模喷发：“抚宁黄献廷言，光绪二十六年（1900年）春，自沙河沿回敦化县署，乘马过大猪圈岭。约更余，月色暗淡，忽有狂风从岭西陡起，山鸣谷应，松涛浪涌，势如万马奔腾。心骇惧间，霎时天红如血，见万千火球，忽上忽下，形如星动，转若风驰，盘旋岭上，周有三匝。马战栗，汗如水浇。约半钟许，风稍定。驱走至岭底，犹见火球顺岭而去，直奔南下，鸣鸣然声闻百里。”这里，敦化县即今吉林省敦化市，位于长白山天池北侧100余千米；又如，1908年春，吉林省临江市某座火山小规模喷发：“戊申四月，余与李石臣太守、李择臣大令，过柳条边门，夜半见火球于岭上。在临江于重阳夜，同史育廷别驾，见火球于鸭绿左岸。”此外，该书还记载了长白山天池火山的火山喷发，时间约为1908年的前几年。“仙阜，在白云芝盘两峰之间。……月夜三更时分，往往见阜上无数火球，起落高下不一状。”上述的仙阜、白云和芝盘都是长白山天池周围各山峰的名称。

《长白山江岗志略》的下面这条记载，则可能指示的是梅河口市附近，吉林龙岗火山群某座火山的喷发。“犹忆三十一年八月，在海龙郡署（今吉林省梅河口市海龙镇），同族兄鹤峰，见火球于署后之九龙口。”^②

历史时期最富神秘色彩的一次喷发，是长白山主峰天池火山在距今1000年前后的“千年大喷发”。该次火山喷发规模很大，但没有留下明确的关于喷发的历史文献记载，至今喷发年代尚不确定。目前主要依靠 ^{14}C 年代测定，结合地层相对年代和历史文献记载等。杨清福等（1996）对炭化木的 ^{14}C 测年结果主要集中在公元750—960年，倾向把这个结果作为天池火山喷发的年代；Horn和Schmincke（2000）对天池南部白头山一个炭化木测定的 ^{14}C 年代为公元（969±20）年；刘若新等（1997）通过炭化木 ^{14}C 测年得到的年代是公元（1215±15）年。近年，通过对火山喷发过程中死亡树木的 ^{14}C 测年，得到公元923—939年或（946±3）年的测年结果（Yin等，2012；Xu等，2013），

①《朝鲜王朝实录·宣祖大王修正实录》。见：学习院东洋文化研究所[日本]印行，1961。

②刘建封. 长白山江岗志略. 成书于1909年（一说1910年）。

Oppenheimer等(2017)则通过对火山碎屑流掩埋的落叶松进行¹⁴C测年,得到长白山千年大喷发的年代为公元946年。

对于最新的公元946年前后这一测年结果,日本和朝鲜历史文献有相关记录可以提供旁证,分别是:(1)(天庆九年)十月七日(公元946年11月3日)夜,白灰散如雪(日本奈良)(早川由纪夫和小山真人,1998);(2)(高丽定宗元年,946年)是岁,天鼓鸣,赦(早川由纪夫和小山真人,1998)。以上这2条资料中都可能与火山喷发有关,但无法肯定,只能作为旁证(Oppenheimer等,2017)。

朝鲜历史文献中有3条资料,被认为是支持长白山天池火山“千年大喷发”发生于公元1200年的证据(崔钟燮等,2000)。这3条资料分别是:(1)《海东杂录》卷二:“高丽神宗二年(1199年)夏五月,南部井水赤沸,声如牛鸣,凡十余日。冬十月雷,俄而有怪气赤黑从鹄岭出,弥满京都,遂雨雹,黑气下地,咫尺不见人。”^①(2)《海东杂录》卷二:“三年春,四方昏蒙,雨土凡二日。”(3)《东国文献备考》记载:“神宗三年闰二月戊申(1200年4月7日),四方昏蒙,雨土二日。庚午雨土,四方昏蒙竟日。”^②

其实,上述3条资料的效力值得商榷,第1条资料可能指示的是长白山某座火山喷发,但不能肯定是长白山天池火山喷发;第2、3条资料指示的更可能是沙尘暴天气。张德二(1982)提出中国历史文献中的“雨土”是指沙尘暴,并建立了过去3000年雨土年表;Chun等(2008)也提出朝鲜历史文献中的“雨土”是指沙尘暴,并建立了过去2000年朝鲜半岛雨土年表。

《宋史·五行志》记载:“(宋宁宗庆元六年)闰二月丁未(1200年4月6日),雨土。”^③也就是说,1200年4月6日南宋行在临安(杭州)附近出现雨土,次日朝鲜雨土,时间上一致,可以互相印证。

长白山千年大喷发规模很大,火山灰见于西侧120 km的龙岗火山群四海龙湾玛珥湖(Sun等,2015)。大规模火山喷发对气候的影响应该是半球

性甚至全球性的,火山灰应该能沉积到格陵兰冰原,但或许是因为冰川沉积的分辨率不足,抑或是有沉积间断,并未发现于格陵兰Crête和GISP2等冰芯(Hammer等,1980;Zielinski等,1994),不过被新近的研究证实发现于格陵兰NGRIP和NEEM-2011-S1冰芯(Sun等,2014)。

模拟结果显示(李晓东等,1996),此次火山喷发具有强烈的气候效应,估计产生的平流层气溶胶维持3年,降温持续6年左右,北半球最大降温幅度达0.85℃;但是,也有学者基于冰芯证据,认为此次火山喷发气候效应不显著(Sun等,2014)。因为千年大喷发的年代难以确定,其气候效应尚未被历史文献或其他古环境指示计所证实。

2.4 1609年前后云南腾冲打鹰山火山喷发辨析

1639年,徐霞客考察了云南腾冲打鹰山,在其《徐霞客游记》记述道:“土人言,三十年前(1609年前后),其上皆大木巨竹,蒙蔽无隙,中有龙潭四,深莫能测,足声至则涌波而起,人莫敢近。后有牧羊者,一雷而震毙羊五六百及牧者数人,连日夜火,大树深篁,燎无孑遗,而潭亦成陆。……山顶之石,色赭赤而质轻浮,状如蜂房,为浮沫结成者,虽大至合抱,而两指可携,然其质仍坚,真劫灰之余也。”^④

这条历史文献,是关于此次腾冲火山最原始的史料,可能描述了火山喷发的场景,但因为不是亲眼所见,究竟是不是火山喷发,不好确定。不过它描述的火山喷发的产物——浮石“色赭赤而质轻浮……”,是准确可信的。另一方面,地质学证据可以证明(皇甫岗和姜朝松,2000),腾冲火山群有20多座火山在全新世有过小规模喷发,其中包括打鹰山。腾冲中、小规模地震频繁,地热资源丰富,温泉众多,但遗憾的是,目前还没有发现1609年前后打鹰山火山喷发的熔岩,暂时无法确定这次喷发是否真实存在。

1609年前后腾冲打鹰山火山是否喷发,或者说过去2000年腾冲火山群是否有过喷发?这是一个重要的科学问题,是判定腾冲火山群活动性的直接证据。还有待将来找到新的历史学、考古学和地质学证据。由于全新世腾冲火山喷发规模都

①权鏊(朝鲜).海东杂录.成书于17世纪.

②洪风汉(朝鲜).东国文献备考.成书于1770年.

③脱脱,阿鲁图.宋史.成书于1345年,卷六十一至六十七为《五行志》.

④徐霞客(徐宏祖,1587—1641).徐霞客游记.初稿成书于1640年.

较小,留下的熔岩流等地质遗迹较少;而且这些地质遗迹上覆在较老的熔岩流上,更容易被各种地质作用和人类活动破坏。

中国古代的历史文献,记载了腾冲火山的一些特征,但是与科学意义上的火山学研究,还有距离。1868—1875年,英国柏郎探险队从缅甸非法进入云南探险。探险队成员之一的英国人J. Anderson首次提出腾冲市和顺镇马鞍山火山是死火山,这是关于腾冲火山群最早的近代科学考察和研究(Anderson, 1876)。

此后,匈牙利人L. Loczy于1879年到此进行了简短的考察,指出马鞍山和打鹰山等都是火山(尹赞勋, 1937); 1907—1901年,英国人J. C. Brown则对腾冲进行了比较广泛的考察,首次指出腾冲附近是一处比较年轻的火山群(尹赞勋, 1937)。在中国,地质学家章鸿钊(1929)对前人关于腾冲火山的研究进行了总结;尹赞勋(1937)首次对腾冲火山群进行了比较系统的考察和研究,并绘制了地质图。

最新的研究表明,腾冲火山活动开始于晚中新世至上新世;其后,火山活动有多幕活跃期,断断续续,一直持续到全新世(赵昕炜等, 2020; Cheng等, 2020)。全新世火山活动还至少包括约11.6—11.1 ka BP、11.4—10.3 ka BP、5.9—5.7 ka BP、5.0—4.8 ka BP、3.5—2.5 ka BP和2.0 ka BP等多幕(黄昶等, 2025)。有意思的是,腾冲火山活动活跃期与青藏高原东南缘的阶段性隆升有很好的对应关系(段毅等, 2019);腾冲火山群地下4—25 km深处存在多个岩浆囊,表明地下岩浆依然在活动(王书兵等, 2015)。以上这些证据都表明,腾冲地区断层和岩浆活动很活跃,火山还在活动,有再度喷发的可能性。

2.5 历史时期大同火山群喷发辨析

大同第四纪火山群,属于大兴安岭-大同第四纪火山带,早在民国时期就受到关注(Yin, 1933; 杨杰, 1936; 尹赞勋, 1937)。中国历史文献关于大同火山喷发的记述,或许可以追溯到公元500年前后。郦道元《水经注》有如下一段记述:“黄水又东注武周川,又东历故亭北,右合火山西溪水。水导源火山,西北流,山上有火井,南北六七十步,广减尺许,源深不见底,炎势上

升,常若微雷发响,以草爨之,则烟腾火发。”^①

苏联火山学家列别金斯基(1959)最先发现《水经注》的上述文字,并指出其描述的是大同地区的火山活动;但中国的地质学家(Yin, 1933; 杨杰, 1936; 尹赞勋, 1976)认为大同火山在晚更新世已终止活动。遗憾的是,在1970年代特殊的历史背景下,这场学术争论逐渐偏离了纯粹的科学范畴(冯培正, 1976; 山西雁北地区革命委员会文化局, 1976)。

《水经注》的此段文字描述较为模糊,从字面上看,接近小规模火山喷发,也可能是煤层自燃。但从地理位置上看,《水经注》所记在大同西侧,而火山位于大同东侧。因而,要么是《水经注》记载的是火山活动,但把火山位置记错了,要么记载的是煤层自燃。大同地区有大量煤炭资源,确实存在煤层自燃的可能性。此外,17世纪末,法国传教士李明(2004译)(Le Comte, 1696)在其《中国近事报道》介绍中国自然地理,提到“山西的那座山也不逊色,它迸发火花,喷着火焰”。不知道是不是指大同火山喷发,若是的话,则是指17世纪末再度喷发。当然,这条资料所指的那座山地点不详,不排除是山西其他地方的煤层自燃。

大同火山群本身的地质资料显示其第四纪火山活动年代为中晚更新世(0.9—0.09 Ma BP),其中分为4至5个活跃期,最后喷发于晚更新世(距今约0.09 Ma BP)(胡小猛等, 2017; 张帆等, 2023);但是,大兴安岭-大同第四纪火山带东北段的阿尔山火山群更在距今2000年前有喷发,西南段的乌兰哈达第四纪火山群也在全新世有喷发(白志达等, 2005, 2008, 2012; 韩江涛等, 2018)。所以,从构造背景看,不排除全新世大同火山群也曾喷发的可能性。期待今后有新证据的发现,厘清历史时期大同火山喷发这个迷案。

2.6 历史时期中国台湾北部火山群喷发辨析

中国台湾北部第四纪火山群,包括大屯火山群和台湾岛北侧的北方三屿以及东北侧的龟山岛。中国台湾岛东北方向的钓鱼岛及其附属岛屿,也是广布火山岩,年代更老(刘嘉麒, 1999),与台湾北部火山群共同组成一个新生代火山群。其中,最受关注的是大屯火山群,位于中国台湾岛北部

^①郦道元. 水经注. 成书于公元500年前后.

台北市一带,其喷发年代为2.8—0.35 Ma (刘若新等,1999)。但是历史时期乃至现代,该火山不断喷出含硫气体,似乎仍有活动性。例如:17世纪初郑燮所著《东西洋考》^①记载:“璜山,硫磺气每作火光,沿山躲躲。”此处,璜山是台北大屯山。龟山岛位于冲绳海槽南缘,最后一次大规模喷发发生于约7 ka BP (Chen等,2001);另外,龟山岛周围水深10—30 m范围,分布有超过30处的热液喷口,是中国近海非常稀见的还在活动的浅海黑烟囱(热液喷口)之一(Chen等,2001;曾志刚等,2007)。有些历史文献记载的龟山岛类似火山活动,不易区分是黑烟囱的强烈活动还是小规模火山喷发,例如:19世纪中叶屠文照所作《龟山屿歌》^②记载:“霹雳一声流血股,惊走生番驰无还。”这首诗篇写实和写意结合,实中有虚。

2.7 历史时期新疆阿什库勒火山喷发

阿什库勒第四纪火山群位于昆仑山西段,新疆西南部,部分火山为全新世有喷发的活火山(尹赞勋,1937;许建东等,2014)。其中,阿什火山在现代可能有小规模喷发(刘嘉麒,1990;刘嘉麒和买买提·依明,1990)。据《新疆日报》^③记载:“(1951年)5月27日上午9时50分发生火山喷发。第一次喷发时只见一个山头上发出轰隆巨响,接着烟灰像一条大烟柱似地自山顶冒出;接着又连续爆发了3次,每次间隔几分钟,未发出巨响,只有烟灰上冒;以后几天又看到火山冒烟,证明火山仍然活着。火山口下的岭上完全盖了一层沙土,但在山顶突出的一大块地方全是岩山,看情形是不久前自地下喷出的岩石。这个火山的高度大约有5100 m,比昆仑达坂低200 m。”

不过,此次1951年喷发是否存在还有争议。这条资料源自附近筑路工人的描述,从文字描述看,喷发规模较小,文末提到的“不久前自地下喷出的岩石”其实不能确定是否为那次喷发的熔岩。熔岩和火山灰测年没有证实此次喷发,但证实阿什库勒火山群阿什、小黑沟等部分火山在全新世有喷发(季灵运等,2013;冯民等,2014)。所以,不排除阿什库勒火山群在历史时期有喷发,

①郑燮.东西洋考.卷五.东蕃考.成书于1617年

②屠文照.龟山屿歌.约作于19世纪中叶.见:陈淑均,纂修.李珪生,补纂.1852年刊.《噶玛兰厅志》卷八.

③《新疆日报》.1951年7月5日.

④魏收.魏书.卷一零二.西域传.成书于554年.

只是因为当地人迹罕至,没有被文献记录下来而已。

2.8 北魏时期天山一带火山喷发辨析

中国历史文献里面较早的关于火山喷发的记录来自北魏(公元386—534年)正史《魏书·西域传》^④:“悦般国……其国南界有火山,山傍石皆焦熔,流地数十里乃凝坚,人取为药,即石硫磺也。”从这段文字看,非常像是火山喷发,时代为4—6世纪,但这座火山的地点很难确定。“悦般国”,其南界在天山一带,其中东段在今新疆,西段则在今哈萨克斯坦和吉尔吉斯斯坦境内(谭其骧,1996)。

2.9 长白山地区龙岗、镜泊湖火山群的火山喷发

长白山地区的第四纪火山群,除了前述天池火山、望天鹅火山等以外,还有龙岗、镜泊湖等火山群。吉林龙岗第四纪火山群位于长白山脉西麓,辉南、靖宇、浑江(今白山市)等县市境内,其中最年轻的火山锥是金龙顶子,¹⁴C年龄在1.5—1.7 ka BP (樊祺诚等,2002)。遗憾的是,由于当时本区历史文献资料匮乏,缺少记载。黑龙江镜泊湖第四纪火山群,位于长白山脉北麓,黑龙江省牡丹江市宁安市境内,在全新世有多次喷发,¹⁴C测年结果显示有两期喷发发生于2.5—3.5 ka BP (张招崇等,2000a,2000b;李明涛等,2022)。

2.10 阿尔山与乌兰哈达火山群的火山喷发

大兴安岭-大同第四纪火山带是一个沿北东向延伸上千千米的火山带(白志达等,2012)。如前文所述,其在全新世有活动。内蒙古东部阿尔山火山群(大兴安岭-大同第四纪火山带东北段哈拉哈河-绰尔河第四纪火山群的一部分),在全新世有大规模活动(樊祺诚等,2011)。阿尔山火山群有火山地震和温泉分布,地下也确实存在未冷凝或正在聚集的岩浆房(韩江涛等,2018),其中,焰山和高山两座火山最新的熔岩流掩埋的炭化木的¹⁴C年龄是2.0 ka BP (白志达等,2005,2012);另外,焰山这个名称似乎也可能与历史时期火山喷发有关。此外,大兴安岭-大同第四纪火山带西南段的乌兰察布乌兰哈达第四纪火山群,也在全

新世有活动(白志达等, 2008), 不过目前尚未发现相关历史文献资料。

2.11 雷琼火山群的火山喷发

雷琼第四纪火山群位于雷州半岛和海南岛北部, 其中有不少火山在全新世有喷发活动(章鸿钊, 1929; 尹赞勋, 1937)。雷琼火山群南部的马鞍岭-雷虎岭全新世火山群(海口市境内)和洋浦火山海岸一带(儋州市)最新一期(通称马鞍岭期)的火山喷发年龄为 4.0 ka BP(胡久常等, 2009), 特别值得关注的是, 公元 1605 年海南琼山 Ms 7½ 地震与岩浆活动有关, 提示本区火山还有很强的活动性(胡久常等, 2009)。雷琼火山群中北部的涠洲岛(含斜阳岛)是中国最年轻的火山岛, 位于北部湾, 广西北海市境内, 其火山活动贯穿整个第四纪, 其中, 最近一期火山喷发的年代可能在全新世早期, 约(6.9±0.1) ka BP(李昌年与王方正, 2004), 不过另一项研究则将涠洲岛火山最近一次火山喷发的年代定在 13—33 ka BP(许建东等, 2020)。

3 结论

历史时期(过去 3000 年)中国境内火山喷发较少, 历史文献记载非常零散。经过系统搜寻和辨析, 梳理出如下火山喷发:

(1) 1719—1721 年黑龙江五大连池火山喷发, 这是最早被中国历史文献详细记录下来的中国火山喷发。

(2) 朝鲜历史文献记载, 1597 年因深源地震诱发长白山望天鹄火山小规模喷发。

(3) 长白山第四纪火山群天池火山曾多次喷发, 龙岗、镜泊湖等火山群也曾在历史时期喷发。其中, 公元 946 年前后的天池火山“千年大喷发”, 应当是历史时期中国境内最大规模的火山喷发。

(4) 云南腾冲火山群在历史时期有喷发, 但 1609 年是否喷发还存疑。

(5) 台湾北部第四纪火山群的大屯火山群和龟山岛在历史时期有火山活动。

(6) 新疆昆仑山西段阿什库勒第四纪火山群阿什火山、小黑沟火山, 在历史时期可能有过喷发。

(7) 历史时期大同火山群是否喷发还存疑。

(8) 北魏时期, “悦般国”的火山喷发地点在新疆至哈萨克斯坦和吉尔吉斯斯坦一带。

(9) 长白山龙岗、镜泊湖等火山群也曾在历史时期喷发。

(10) 内蒙古东部阿尔山火山群, 在全新世有大规模活动, 其中焰山和高山两座火山最新一期喷发的 ¹⁴C 年龄是 2.0 ka BP; 乌兰察布乌兰哈达火山群可能也有喷发。

(11) 雷琼第四纪火山群有不少火山在全新世有喷发活动, 其中马鞍岭-雷虎岭全新世火山群(海口市境内)和洋浦火山海岸一带(儋州市)最新一期(通称马鞍岭期)的火山喷发年龄为 4.0 ka BP。

历史时期火山喷发的历史文献资料太过零散, 且记载经常是模糊的, 需要艰苦的搜寻和考证工作, 但这是一项基础性的工作, 其地质学意义是不言而喻的, 今后还应加大历史文献搜寻考证工作力度。地质学方面, 若能进一步发现火山喷发的地质学证据, 并进行高精度测年, 也可以为寻找历史文献资料提供线索。

参考文献

- 白志达, 谭庆伟, 许桂玲, 等. 2012. 内蒙东部晚第四纪火山活动与新构造 [J]. 岩石学报, 28(4): 1099–1107. [Bai Z D, Tan Q W, Xu G L, et al. 2012. Late Quaternary volcanic activity and neotectonics in the eastern Inner Mongolia [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 28(4): 1099–1107.]
- 白志达, 田明中, 武法东, 等. 2005. 焰山、高山——内蒙古阿尔山火山群中的两座活火山 [J]. 中国地震, 21(1): 113–117. [Bai Z D, Tian M Z, Wu F D, et al. 2005. Yanshan, Gaoshan: two active volcanos of the volcanic cluster in Arshan, Inner Mongolia [J]. *Earthquake Research in China*, 21(1): 113–117.]
- 白志达, 王剑民, 许桂玲, 等. 2008. 内蒙古察哈尔右翼后旗乌兰哈达第四纪火山群 [J]. 岩石学报, 24(11): 2585–2594. [Bai Z D, Wang J M, Xu G L, et al. 2008. Quaternary volcano cluster of Wulanhada, Right-Back-Banner, Chahaer, Inner Mongolia [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(11): 2585–2594.]
- 白志达, 徐德斌, 许桂玲, 等. 2011. 中国 2007 年以来全新世火山地质研究的主要进展 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 30(4): 365–374. [Bai Z D, Xu D B, Xu G L, et al. 2011.

- Progress of Holocene volcanology research in China since 2007 [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 30(4): 365–374.]
- 陈洪洲, 刘永顺, 高峰. 2004. 五大连池老黑山火山的两次喷发活动 [J]. *自然灾害学报*, 13(1): 94–99. [Chen H Z, Liu Y S, Gao F. 2004. Two-stage eruptions of Laoheishan volcano in Wudalianchi [J]. *Journal of Natural Disasters*, 13(1): 94–99.]
- 陈洪洲. 2004. 五大连池火山喷发史料研究概述 [J]. *国际地震研究动态*, 30(4): 33–35. [Chen H Z. 2004. Research review of the historical sources of the eruption of the Wudalianchi volcano [J]. *Recent Developments in World Seismology*, 30(4): 33–35.]
- 崔钟燮, 金东淳, 李霓. 2000. 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*, 16(2): 191–193. [Cui Z X, Jin D C, Li N. 2000. The historical record discovery of 1199—1200 AD large eruption of Changbaishan Tianchi volcano and its significance [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 16(2): 191–193]
- 崔钟燮, 张三焕, 田景. 1997. 长白山全新世以来的火山喷发活动与森林火灾研究 [J]. *地理研究*, 16(1): 92–97. [Cui Z X, Zhang S H, Tian J. 1997. The study on volcanic eruption and forest conflagration since Holocene, Quaternary in Changbai Mt [J]. *Geographical Research*, 16(1): 92–97.]
- 段毅, 危自根, 杨小林, 等. 2019. 腾冲火山结构研究进展和展望 [J]. *地球物理学进展*, 34(4): 1288–1297. [Duan Y, Wei Z G, Yang X L, et al. 2019. Research progress and prospect of structure in Tengchong volcanic area [J]. *Progress in Geophysics*, 34(4): 1288–1297.]
- 樊祺诚, 隋建立, 刘若新, 等. 2002. 吉林龙岗第四纪火山活动分期 [J]. *岩石学报*, 8(4): 495–500. [Fan Q C, Sui J L, Liu R X, et al. 2002. Periods of Quaternary volcanic activity in Longgang area, Jilin Province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 8(4): 495–500.]
- 樊祺诚, 赵勇伟, 李大明, 等. 2011. 大兴安岭哈拉哈河-绰尔河第四纪火山分期: K-Ar年代学与火山地质特征 [J]. *岩石学报*, 27(10): 2827–2832. [Fan Q C, Zhao Y W, Li D M, et al. 2011. Studies on Quaternary volcanism stages of Halaha River and Chaoer River area in the Great Xing'an Range: evidence from K-Ar dating and volcanic geology features [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(10): 2827–2832.]
- 费杰. 2019. 历史时期火山喷发与中国气候研究 [M]. 上海: 复旦大学出版社. [Fei J. 2019. Volcanic eruptions and climate in China in historical times [M]. Shanghai: Fudan University Press.]
- 冯民, 黄杰, 涂勇, 等. 2014. 新疆于田阿什库勒火山群若干新的野外地质证据 [J]. *岩石学报*, 30(12): 3512–3520. [Feng M, Huang J, Tu Y, et al. 2014. New field evidence from the Ashikule volcano field in Yutian, Xinjiang, NW China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 30(12): 3512–3520.]
- 冯培正. 1976. 关于大同火山问题的座谈纪要 [J]. *文物*, (2): 57–65. [Feng P Z. 1976. Symposium summary of the problem of volcanoes in Tatong [J]. *Cultural Relics*, (2): 57–65.]
- 国家地震局, 复旦大学. 1990. 中国历史地震图集(共3卷) [M]. 北京: 中国地图出版社. [State Seismological Bureau, Fudan University. 1990. Atlas of the historical earthquakes in China (three volumes) [M]. Beijing: China Cartographic Publishing House.]
- 韩江涛, 王天琪, 刘文玉, 等. 2018. 阿尔山火山群深部“拱桥式”岩浆系统及其稳定性分析 [J]. *地震地质*, 40(3): 590–610. [Han J T, Wang T Q, Liu W Y, et al. 2018. Deep arch-bridge magmatic system of the Aershan volcanic group and its stability analysis [J]. *Seismology and Geology*, 40(3): 590–610.]
- 洪汉净, 吴建平, 王庆良, 等. 2007. 中国火山危险性等级与活动性分类 [J]. *地震地质*, 29(3): 447–458. [Hong H J, Wu J P, Wang Q L, et al. 2007. Volcanic threat levels and classification of volcanic activity in China [J]. *Seismology and Geology*, 29(3): 447–458.]
- 胡久常, 郭明瑞, 刘伟, 等. 2009. 海口地区火山活动初步研究 [J]. *地震地质*, 31(4): 647–654. [Hu J C, Guo M R, Liu W, et al. 2009. Primary research on the volcanic activity in Haikou area [J]. *Seismology and Geology*, 31(4): 647–654.]
- 胡小猛, 周天航, 蔡顺, 等. 2017. 大同火山活动在区域沉积中的记录和阶段性历史研究 [J]. *地理学报*, 72(9): 1669–1679. [Hu X M, Zhou T H, Cai S, et al. 2017. The sedimentary record of Datong volcano eruption and its active stages [J]. *Acta Geographica Sinica*, 72(9): 1669–1679.]
- 黄昶, 汪椿鑫, 范安川, 等. 2025. 火山烘烤沉积物光释光测年重建中国西南地区腾冲火山全新世喷发历史 [J]. *中国科学: 地球科学*, 55(12): 4363–4379. [Huang C, Wang C X, Fan A C, et al. 2025. Luminescence dating of lava-baked sediments constraints on the high frequency of Holocene eruptions in the Tengchong volcanic field, southwestern China [J]. *Science China Earth Sciences*, 68(12): 4202–4217.]

- 皇甫岗, 姜朝松. 2000. 腾冲火山研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社: 39-57. [Huangfu G, Jiang C S. 2000. Study on Tengchong volcanic activity [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press: 39-57.]
- 季灵运, 许建东, 赵波, 等. 2013. 利用 InSAR 技术研究新疆阿什库勒火山群现今活动性 [J]. 地震地质, 35(3): 532-541. [Ji L Y, Xu J D, Zhao B, et al. 2013. Present day activity of Ashikule volcanic group from InSAR [J]. Seismology and Geology, 35(3): 532-541.]
- 金伯录, 张希友. 1994. 吉林省长白山全新世火山喷发期及火山活动特征 [J]. 吉林地质, 13(2): 1-12. [Jin B L, Zhang X Y. 1994. The Changbai Mountain Holocene Epoch eruptive stages and its active features [J]. Jilin Geology, 13(2): 1-12.]
- 李昌年, 王方正. 2004. 广西北海涠洲岛 (含斜阳岛) 全新世火山喷发及其地质意义 [J]. 矿物岩石, 24(4): 28-34. [Li C N, Wang F Z. 2004. Holocene volcanic effusion in Weizhou Island and its geological significance [J]. Journal of Mineral Petrology, 24(4): 28-34.]
- 李明[法]. 2004. 中国近事报道 (1687—1692) [M]. 郭强, 龙云, 李伟, 译. 北京: 大象出版社. [Le Comte L. 2004. New memories on the present state of China (1687—1692) [M]. Guo Q, Long Y, Li W, translated. Beijing: Elephant Press.]
- 李明涛, 王婵, 杜海涛, 等. 2022. 黑龙江镜泊湖新生代火山岩成因机制研究 [J]. 矿物岩石, 42(4): 44-59. [Li M T, Wang C, Du H T, et al. 2002. Study of the genetic mechanism of Cenozoic volcanic rocks in the Jingpohu area, Heilongjiang Province [J]. Mineralogy and Petrology, 42(4): 44-59.]
- 李晓东, 李明, 刘若新. 1996. 长白山天池火山喷发的气候效应 [J]. 地震地磁观测与研究, 17(4): 12-18. [Li X D, Li M, Liu R X. 1996. The climate effects of Changbaishan-Tianchi volcano [J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 17(4): 12-18.]
- 李裕澈, 时振梁, 曹学锋. 2012. 1597年10月6日“珲春-汪清深震区” $M \geq 8$ 地震触发的湖震和火山喷发 [J]. 地震学报, 34(4): 557-570. [Li Y C, Shi Z L, Cao X F. 2012. The seiches and volcanic eruption triggered by the 6 October 1597 earthquake with $M \geq 8$ in the Hunchun-Wangqing, Northeastern China, deep focus seismic zone [J]. Acta Seismologica Sinica, 34(4): 557-570.]
- 李裕澈. 2013. 1597年10月6日望天鹅火山喷发史料考 [J]. 地震地质, 35(2): 315-321. [Li Y C. 2013. The textual research on the Wangtian'e volcano eruption on October 6, 1597 [J]. Seismology and Geology, 35(2): 315-321.]
- 列别金斯基. 1959. 中国东北部的近期火山 [J]. 北京地质学院学报, 3(8): 3-7. [Lebedinskiy B. 1959. The recent volcanoes in north-eastern China [J]. Journal of Beijing Institute of Geology, 3(8): 3-7.]
- 刘嘉麒, 买买提·依明. 1990. 西昆仑山第四纪火山的分布与 K-Ar 年龄 [J]. 中国科学 (B 辑), (2): 180-187. [Liu J Q, Maimaiti Yiming. 1990. The distribution of Quaternary volcanoes in the Western Kunlun Mountain and K-Ar dating [J]. Sciences in China (Series B), (2): 180-187.]
- 刘嘉麒. 1990. 西昆仑山近代火山的分布与 K-Ar 年龄 [J]. 矿物岩石地球化学通报, (1): 19-21. [Liu J Q. 1990. The distribution of recent volcanoes in the western Kunlun Mountain and K-Ar dating [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, (1): 19-21.]
- 刘嘉麒. 1999. 中国火山 [M]. 北京: 科学出版社: 1-125. [Liu J. 1999. Volcanoes in China [M]. Beijing: Science Press: 1-125.]
- 刘若新, 樊祺诚, 魏海泉, 等. 1999. 中国活火山研究 [J]. 地质论评, 45(S1): 3-15. [Liu R X, Fan Q C, Wei H Q, et al. 1999. Study on active volcanoes of China [J]. Geological Review, 45(S1): 3-15.]
- 刘若新, 仇士华, 蔡莲珍, 等. 1997. 长白山天池火山最近一次大喷发年代研究及其意义 [J]. 中国科学 (D 辑), 27(5): 437-441. [Liu R X, Qiu S H, Cai L Z, et al. 1997. The dating research and scientific significance of the latest eruption of the Tianchi volcano, Changbaishan Mountain [J]. Sciences in China (Series D), 27(5): 437-441.]
- 任锦章, 陈洪洲, 吴雪娟. 1999. 五大连池火山新史料及对火山喷发过程的讨论 [J]. 东北地震研究, 15(1): 46-52. [Ren J Z, Chen H Z, Wu X J. 1999. New historical data of Wudalianchi volcanic and discussion on eruption process [J]. Seismological Research of Northeast China, 15(1): 46-52.]
- 山西雁北地区革命委员会文化局. 1976. 贫下中农发现古代文物证实大同火山群是死火山 [J]. 文物, (2): 47-50. [Bureau of Culture, Revolutionary Committee of the Yanbei Region, Shanxi Province. 1976. The ancient cultural relics discovered by poor peasants proved that the Datong volcano group are distinct volcanoes [J]. Cultural Relics, (2): 47-50.]
- 孙文昌. 1980. 五大连池地区火山自然地理景观 [J]. 东北师大学报 (自然科学版), (4): 84-96. [Sun W. 1980. Natural geographical landscape of volcano in the area of

- Wudalianchi [J]. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), (4): 84–96.]
- 谭其骧. 1996. 中国历史地图集(第四册): 东晋十六国南北朝时期 [M]. 北京: 中国地图出版社. [Tan Q X. 1996. Historical atlas of China (Vol. 4): Eastern Jin, Sixteen Kingdoms and the Southern and Northern Dynasties periods [M]. Beijing: Sinomaps Press.]
- 王承祺. 1979. 黑龙江省五大连池火山地质特征 [J]. 哈尔滨科学技术大学学报, (1): 1–29. [Wang C Q. 1979. Some particularity of volcanic geology of Wudalianchi volcanic groups, De Du County, Heilungkiang Province [J]. Journal of Harbin University of Science and Technology, (1): 1–29.]
- 王书兵, 傅建利, 李朝柱, 等. 2015. 滇西南腾冲地块新构造运动阶段初步划分 [J]. 地质通报, 34 (1): 146–154. [Wang S B, Fu J L, Li C Z, et al. 2015. Preliminary division for neotectonic episode of Tengchong block, south-west Yunnan [J]. Geological Bulletin of China, 34(1): 146–154.]
- 魏海泉, 刘若新. 2001. 从神话、传说与文字记录中探索中国活火山喷发的信息 [J]. 岩石矿物学杂志, 20(3): 337–343. [Wei H Q, Liu R X. 2001. Clues of volcanic eruption in China from myths, legends and written records [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 20(3): 337–343.]
- 魏海泉. 2014. 长白山天池火山 [M]. 北京: 地震出版社: 1–448. [Wei H Q. 2014. Tianchi volcano of the Changbaishan Mountain [M]. Beijing: Seismology Press: 1–448.]
- 吴雪娟, 陈洪洲. 2002. 满文档案与五大连池火山研究 [J]. 满语研究, 35(2): 68–75. [Wu X J, Chen H Z. 2002. Research on the Manchu archives and Udalianchi volcanoes [J]. Manchu Studies, 35(2): 68–75.]
- 小山真人. 1995. 史料火山学ワーキンググループ初年度の活動と成果 [J]. 日本火山学会講演予稿集, 2: 122. [Koyama M. 1995. First year activities and products of the VSJ (the Volcanological Society of Japan) working group on historical volcanology based on ancient modern literature [J]. Journal of the Volcanological Society of Japan, 2: 122.]
- 谢毓寿, 蔡美彪. 1983. 中国地震历史资料汇编 [M]. 北京: 科学出版社(共5卷, 先后出版于1983至1986年). [Xie Y S, Cai M B. 1983. Compilation of the historical materials in China (Volumes 1, 2, 3, 4, 5. Published in 1983–1986) [M]. Beijing: Science Press.]
- 许东满, 郑祥身, 许湘希. 1993. 长白山天池地区全新世以来火山活动及其特征 [J]. 第四纪研究, 13(1): 85–94. [Xu D M, Zheng X S, Xu X X. 1993. Holocene volcanic activities and their features in Tianchi area, Changbaishan Mountains [J]. Quaternary Sciences, 13(1): 85–94.]
- 许建东, 于红梅, 赵波, 等. 2020. 广西北海涠洲岛火山最后喷发活动时代 [J]. 岩石学报, 36(7): 2111–2115. [Xu J D, Yu H M, Zhao B, et al. 2020. The chronology of last eruption of Weizhou Island volcano in Northern Bay of Guangxi Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 36(7): 2111–2115.]
- 许建东, 赵波, Sindney H, 等. 2014. 西昆仑阿什库勒火山群地质特征和活动分期 [J]. 岩石学报, 30(12): 3521–3530. [Xu J D, Zhao B, Sindney H, et al. 2014. Geological features and eruption history of Ashikule volcano clusters in western Kunlun Mountain [J]. Acta Petrologica Sinica, 30(12): 3521–3530.]
- 杨杰. 1936. 中国东北部几个近期火山 [J]. 地质论评, 1(6): 691–696. [Yang J. 1936. The recent volcanoes in north-eastern China [J]. Geological Review, 1(6): 691–696.]
- 杨清福, 李继泰, 刘若新, 等. 1996. 长白山天池火山公元750—960年浮岩流搬运与堆积的物理机制 [J]. 地震地磁观测与研究, 7(6): 11–19. [Yang Q F, Li J T, Liu R X, et al. 1996. Physical mechanism of 750—960 AD pumice-flow transport and deposit of Tianchi volcano, Changbaishan [J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 7(6): 11–19.]
- 尹赞勋. 1937. 中国近期火山 [J]. 地质论评, 2(4): 321–337. [Yin T H. 1937. Recent volcanoes in China [J]. Geological Review, 2(4): 321–337.]
- 尹赞勋. 1976. 大同火山的活动时代 [J]. 文物, (2): 51–56. [Yin T H. 1976. Dating of the volcanic activities in Datong [J]. Cultural Relics, (2): 51–56.]
- 早川由纪夫, 小山真人. 1998. 日本海をはさんで10世紀に相次いで起こった二つの大噴火の年月日——十和田湖と白頭山 [J]. 火山, 43(5): 403–407. [Hayakawa Y, Koyama M. 1998. Dates of two major eruptions from Towada and Baitoushan in the 10th century [J]. Bulletin of the Volcanological Society of Japan, 43(5): 403–407.]
- 曾志刚, 刘长华, 陈镇东, 等. 2007. 台湾岛东北部龟山岛热液区自然硫烟囱体的成因 [J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 37(8): 1134–1140. [Zeng Z G, Liu C H, Chen Z D, et al. 2007. The formative cause of native sulfur chimney near Kueishan Island off northeastern Taiwan [J]. Science in China (Series D: Earth Sciences), 37(8): 1134–1140.]
- 张德二. 1982. 历史时期“雨土”现象剖析 [J]. 科学通报, 27(5): 294–297. [Zhang D E. 1982. Analysis on the phenomena of dust falls in historical times [J]. Chinese Science Bulletin, 27(5): 294–297.]

- 张帆, 贺茂勇, 李斌, 等. 2023. 许家窑-侯家窑遗址年代学研究进展 [J]. 地球环境学报, 14(3): 272–283. [Zhang F, He M Y, Li B, et al. 2023. Research progress on age of Xujiayao-Houjiayao site [J]. Journal of Earth Environment, 14(3): 272–283.]
- 章鸿钊. 1929. 火山 [M]. 上海: 商务印书馆. [Zhang H Z. 1929. Volcanoes [M]. Shanghai: The Commercial Press.]
- 张招崇, 李兆鼎, 李树才, 等. 2000a. 黑龙江镜泊湖地区全新世玄武岩的地球化学特征及其深部过程探讨 [J]. 岩石学报, 16(3): 327–336. [Zhang Z Z, Li Z D, Li S C, et al. 2000a. Geochemistry of the Jingpohu Holocene basaltic rocks, Heilongjiang Province, and discussion on their deep processes [J]. Acta Petrologica Sinica, 16(3): 327–336.]
- 张招崇, 李兆鼎, 李树才, 等. 2000b. 黑龙江镜泊湖地区全新世火山岩 ^{14}C 测年及其源区特征 [J]. 地质学报, 74(3): 279–286. [Zhang Z Z, Li Z D, Li S C, et al. 2000b. ^{14}C dating of Holocene volcanic rocks of the Jingpohu region, Heilongjiang Province, and characteristic of their source regions [J]. Acta Geologica Sinica, 74(3): 279–286.]
- 赵昕炜, 周晶, 马芳, 等. 2020. 激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年数据高斯数学模型分析与腾冲火山喷发的分期 [J]. 中国科学: 地球科学, 50(6): 807–818. [Zhao X W, Zhou J, Ma F, et al. 2020. Using a Gaussian mathematical model to define eruptive stages of young volcanic rocks in Tengchong based on laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating [J]. Science China Earth Sciences, 63(5): 662–673.]
- Anderson J. 1876. Mandalay to Momien [M]. London: Macmillan.
- Chen Y G, Wu W S, Chen C H, et al. 2001. A date for volcanic eruption inferred from a siltstone xenolith [J]. Quaternary Science Reviews, 20(5/6/7/8/9): 869–873.
- Chen Z Q, Chen Z. 2021. Identifying references to volcanic eruptions in Chinese historical records [J]. Geological Society, London, Special Publications, 510: 271–289.
- Cheng Z H, Guo Z F, Dingwell D B, et al. 2020. Geochemistry and petrogenesis of the post-collisional high-K calc-alkaline magmatic rocks in Tengchong, SE Tibet [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 193: 104309. DOI: 10.1016/j.jseae.2020.104309.
- Chun Y, Cho H K, Chung H S, et al. 2008. Historical records of Asian dust events (Hwangsa) in Korea [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 89(6): 823–827.
- Hammer C U, Clausen H B, Dansgaard W. 1980. Greenland ice sheet evidence of post-glacial volcanism and its climatic impact [J]. Nature, 288(5788): 230–235.
- Horn S, Schmincke H-U. 2000. Volatile emission during the eruption of Baitoushan volcano (China/North Korea) ca.969 AD [J]. Bulletin of Volcanology, 61: 537–555.
- Le Comte L. 1696. Nouveaus mémoires sur l'état présent de la Chine (1687—1692) [M]. Originally published in Paris.
- Oppenheimer C, Wacker L, Xu J, et al. 2017. Multi-proxy dating the 'Millennium Eruption' of Changbaishan to late 946 CE [J]. Quaternary Science Reviews, 158: 164–171.
- Siebert L, Simkin T, Kimberly P. 2011. Volcanoes of the world [M]. 3rd edition. Berkeley: University of California Press.
- Sun C Q, Plunkett G, Liu J Q, et al. 2014. Ash from Changbaishan millennium eruption recorded in Greenland ice: implications for determining the eruption's timing and impact [J]. Geophysical Research Letters, 41(2): 694–701.
- Sun C Q, You H T, He H Y, et al. 2015. New evidence for the presence of Changbaishan millennium eruption ash in the Longgang volcanic field, Northeast China [J]. Gondwana Research, 28(1): 52–60.
- Xu J, Pan B, Liu T, et al. 2013. Climatic impact of the millennium eruption of Changbaishan volcano in China: new insights from high-precision radiocarbon wiggle-match dating [J]. Geophysical Research Letters, 40(1): 54–59.
- Yin J, Jull A J T, Burr G S, et al. 2012. A wiggle-match age for the millennium eruption of Tianchi volcano at Changbaishan, Northeastern China [J]. Quaternary Science Reviews, 47: 150–159.
- Yin T H. 1933. Les volcans Quaternaires de Tatung, Shansi [J]. Bulletin of the Geological Society of China, 12(1/2): 355–374.
- Zielinski G A, Mayewski P A, Meeker L D, et al. 1994. Record of volcanism since 7000 B.C. from the GISP2 Greenland ice core and implications for the volcano-climate system [J]. Science, 264(5161): 948–952.