

复旦史地丛刊

# 历史时期火山喷发 与中国气候研究

费杰 著

复旦大学出版社



复旦史地丛刊

# 历史时期火山喷 与中国气候研究

费杰 著



复旦大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

历史时期火山喷发与中国气候研究/费杰著. —上海: 复旦大学出版社, 2019.7  
(复旦史地丛刊)  
ISBN 978-7-309-14366-9

I. ①历... II. ①费... III. ①火山喷发-关系-气候-研究-中国  
IV. ①P317.3②P468.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 102271 号

历史时期火山喷发与中国气候研究  
费杰著  
责任编辑/关春巧

复旦大学出版社有限公司出版发行  
上海市国权路 579 号 邮编: 200433  
网址: fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>  
门市零售: 86-21-65642857 团体订购: 86-21-65118853  
外埠邮购: 86-21-65109143 出版部电话: 86-21-65642845  
崇明裕安印刷厂

开本 890 × 1240 1/32 印张 6.375 字数 141 千  
2019 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-14366-9/P · 14  
定价: 40.00 元

---

如有印装质量问题, 请向复旦大学出版社有限公司出版部调换。  
版权所有 侵权必究

**费杰**，中国科学院地球环境研究所第四纪地质学专业博士，现任复旦大学中国历史地理研究所副教授。曾在香港大学、汉堡大学、学习院大学、香港教育大学等高校研修、访问。在国内外高水平学术期刊发表论文数十篇，主持国家自然科学基金、安徽省高等学校优秀青年人才基金等多项基金项目。

## 序

国际上,从事火山地质学研究的科学家很多,得益于火山地质学完整的理论体系以及非常成熟的研究方法和手段,比如岩相分析、化学分析、X光分析、电镜扫描、电子探针分析等。

同样,从事现代火山气候学研究的科学家也很多,成果也颇为丰富。一方面,因为火山气候学在全球气候变化领域具有独特的地位和作用。火山喷发作为全球气候变化重要的外强迫因子,其影响的时空尺度之广,对人类生存环境造成的影响之大,甚至比火山本身更具有研究价值;另一方面,20世纪70年代以后,诊断研究和数值模拟方法的普遍应用,使火山气候学研究更加成熟,水平也大幅度提升。

但是,开展历史时期火山气候学研究的科学家却寥寥无几,不是因为这个方向不重要,而是因为难度太大。首先,从国际上来看,火山喷发的历史文献记载奇缺,与之相对应的气候记录更是难以获取。另外,几乎没有研究积累,更没有现成的研究方法可以借鉴和应用。费杰博士却在这一领域成为极少数的佼佼者,甚至是开拓者之一。《历史时期火山喷发与中国气候研究》是费杰近20年在历史时期火山气候学研究中,持之以恒,艰辛探索,不断创新的结晶,无疑为我国在这一领域的研究增添了新的光彩。

当这本著作的初稿放到我案头的时候,我的确是大大地吃了一惊!这不禁使我想起15年前,他跟随我攻读博士学位时的情景,也又一次触动了我的神经,勾起了我对往事的回忆。几年中,他把全部心思和精力放在了自己的科学研究中,坚此百忍,奋励自强。在博士毕业的时候,他不仅在国际著名刊物上发表了多篇论文,而且获得了中国科学院院长奖。其实可以想象,这个领域的研究成果在国际SCI杂志发表是极其不易的。这些年来,他不怕困难,不断进步,从他身上我的确深深地体会到,艰苦和磨难往往会成就一个人!

费杰博士在近20年的时间里,利用中国历史文献资料,对历史时期火山喷发的气候效应进行了开拓性的探索,一以贯之,未曾间断。他在国际上先后发表的10余篇论文,包括公元626年前后未知名火山喷发、公元934年前后冰岛埃尔加(Eldgjá)火山喷发、1600年秘鲁怀纳普第纳(Huaynaputina)火山喷发以及唐五代时期(618~959)中国气候冷暖变化与火山喷发的可能联系等,主要是对若干典型个案进行的实证研究。如果说这些论文还显得比较零散、孤立,相互之间尚缺乏有机的联系,那么《历史时期火山喷发与中国气候研究》一书,则有力地弥补了这一缺憾,它既展示了实证研究的成果,突出了火山活动对大气圈、水圈和生物圈的影响,例如火山喷发与气候变冷、冰雪灾害、旱灾、蝗灾、海冰变化、牲畜死亡及社会变革之间的联系。同时,还在方法论上有重要突破,如历史文献参数化方法、与树木年轮和冰芯对比方法、长序列趋势分析方法等的应用。将社会科学的材料、对象和手段拓展到自然科学的视野,并运用自然科学的方法分析问题,大大提升了研究的深度和科学水平。尤为重要的是,本书对过去2000年不同时期中国近海海冰灾害与火山喷发的关系、近1000年来中国境内火山喷发及其气候效应进行了系统研讨,获得了系

列成果。应该说,历史时期火山气候学研究的基础架构、方法和科学体系初见端倪。

当然,任何学科,或者具有挑战性的科学探索,在其发展过程中都会存在这样那样的不足和问题,历史时期火山气候学研究也不例外。比如,气候学研究认为火山喷发可能导致降温,也可能由于火山喷出温室气体二氧化碳导致升温,于是有人就提出火山喷发的双重作用假说:短期变冷和长期变暖。那么如何很好地理解和解释历史时期气候变化与火山喷发的关系,这就需要大量的数据、长期的气候序列的支撑以及从气候系统的角度去研究,也需要包括数值模拟等方法的突破。又比如,有地质学家将三叠纪和白垩纪中晚期生物物种灭绝事件和火山喷发联系起来,认为起因于来自上地幔的玄武岩喷发,导致大量温室气体进入大气圈,造成全球温度出现超过 10 摄氏度以上的大幅度升温。那么火山喷发的气候效应,在不同时间尺度上(10 年、百年、万年甚至更长)究竟有什么表现,应该是需要进一步研究的重大科学问题。

周 杰

2019 年 1 月

# 目 录

序 .....	001
<b>第1章 引言 .....</b>	<b>001</b>
1.1 历史时期火山喷发气候效应的研究现状 .....	001
1.2 中国历史气候研究现状 .....	005
1.3 本书架构 .....	007
<b>第2章 约626年火山喷发与627~629年气候变冷 .....</b>	<b>011</b>
2.1 约626年火山喷发及其气候效应研究进展 .....	011
2.2 627~629年黄河流域(唐朝境内)连续三年遭遇 霜灾 .....	013
2.3 蒙古高原一带(突厥汗国)空前严重的雪灾与 霜灾 .....	015
2.4 突厥汗国的覆灭 .....	018
2.5 结论 .....	020
<b>第3章 约934年冰岛埃尔加火山喷发、气候变冷与后晋         王朝的旱灾与蝗灾 .....</b>	<b>022</b>
3.1 约934年冰岛埃尔加火山喷发概述 .....	022



3.2	约 934 年冰岛埃尔加火山喷发后的气候变冷·····	024
3.3	942~943 年后晋王朝的严重旱灾与蝗灾·····	038
3.4	结论·····	055
3.5	讨论·····	056
<b>第 4 章 1600 年怀纳普第纳火山喷发在中国和朝鲜的气候效应····· 060</b>		
4.1	1600 年怀纳普第纳火山喷发概述·····	060
4.2	怀纳普第纳火山喷发气候效应的相关研究·····	067
4.3	怀纳普第纳火山喷发在中国的可能气候效应·····	071
4.4	怀纳普第纳火山喷发在朝鲜的可能气候效应·····	097
4.5	讨论·····	101
4.6	结论·····	106
<b>第 5 章 唐五代时期(618~959)气候冷暖变化与火山喷发的关系····· 108</b>		
5.1	历史文献记录的搜寻与校正·····	108
5.2	历史文献记录文字描述的参数化·····	120
5.3	唐五代时期气候长期变化趋势分析·····	125
5.4	唐五代时期气候冷暖变化与火山喷发的关系·····	129
<b>第 6 章 过去二千年中国近海极端海冰事件及其与火山喷发的关系····· 145</b>		
6.1	中国近海海冰简介与研究现状·····	145
6.2	资料与方法·····	146
6.3	过去二千年中国近海极端海冰灾害·····	147
6.4	与相关资料的对比·····	154

6.5	极端海冰事件的气候背景 .....	157
6.6	极端海冰事件与火山喷发的关系 .....	159
6.7	小结 .....	160
<b>第7章</b>	<b>历史时期中国境内的火山喷发 .....</b>	<b>162</b>
7.1	公元500年前后大同火山喷发 (此处观点存疑) .....	162
7.2	公元1000年前后长白山天池火山“千年大喷发” .....	163
7.3	1597年长白山望天鹅火山喷发 .....	164
7.4	1609年前后云南腾冲打鹰山火山喷发 (此处观点存疑) .....	165
7.5	1720年黑龙江五大连池火山喷发 .....	166
<b>参考文献</b>	.....	<b>168</b>
<b>致谢</b>	.....	<b>192</b>

# 第 1 章

## 引言

### 1.1 历史时期火山喷发气候效应的研究现状

人类对火山喷发气候效应的认识具有悠久的历史。距今约两千年前,希腊的普鲁塔克(Plutarch,约 45~120)等人提出公元前 44 年的埃特纳(Etna, 37.7°N, 15.0°E)火山喷发使阳光被遮挡,造成寒冷的天气,导致农业歉收,引发罗马与埃及的饥荒(Forsyth, 1988 年;Robock, 2000 年)。18 世纪 80 年代,本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin, 1706~1790)推测 1783 年冰岛拉喀基噶(Lakagigar,又名 Laki)火山喷发可能导致欧洲 1783 年夏季和 1783/1784 年冬季的异常寒冷(Franklin, 1784 年)。20 世纪初,有学者指出火山喷发后的气候变冷与喷发后平流层气溶胶的辐射效应有关(Humphreys, 1913 年)。

人们日益深刻地认识到,火山喷发是气候变化的一个重要原因(Lamb, 1970 年;Schneider & Mass, 1975 年;Bryson & Goodman, 1980 年;Kelly & Sear, 1984 年;Sear 等, 1987 年;Mann 等, 1998 年;Robock, 2000 年;Crowley, 2000 年;Zielinski, 2000 年)。

火山喷发后持续数年的全球性或半球性气候变冷是火山喷发气候效应最主要的组成部分。这种气候变冷的主要机制是:

火山喷发在平流层形成气溶胶,并在平流层存在数年,这种气溶胶散射和吸收太阳辐射,减少到达对流层和地表的太阳辐射,影响大气环流,造成对流层和地表持续数年的气候变冷等气候异常现象。气候变冷是相对于全球或半球的年平均气温而言的,并不排除区域性和/或季节性的气候变暖,例如,火山喷发后的冬季变暖现象就是一个备受关注的方面。

研究火山喷发的气候效应,现代气象观测资料是最为理想的。把现代气象观测开始较早的欧洲、北美地区四个温度序列与1740年以来所有大规模的火山喷发对比,可以发现几乎每次大规模的火山喷发后的几年,气温都低于序列平均值或喷发前数年平均值,当把北半球作为整体讨论时,这一现象更为显著(Angell & Korshover, 1985年)。有研究表明,在过去一百多年中,大规模火山喷发后2年,全球平均气温会下降 $0.1\sim 0.2^{\circ}\text{C}$ ,但这种气候效应具有显著的季节差异和区域差异,并且北半球经常会出现异常温暖的冬季(Robock & Mao, 1992年,1995年; Kirchner等,1999年)。

现代气象观测的历史毕竟太短了,在这个时间段内发生的火山喷发在规模和类型等方面都有限,据此获得的对火山喷发气候效应的认识还是很不够的(Zielinski, 2000年)。对于有气象观测以前的火山喷发气候效应的研究,树轮序列是应用较为广泛的资料来源。综合美国西部7个地点的狐尾松(bristlecone pine)霜轮(frost ring)记录,发现在记录比较完整的过去400年,霜轮和火山喷发在时间上相当一致(LaMarche & Hirschboeck, 1984年)。在内华达山脉地区(Sierra Nevada)的上林木线(upper timberline)位置,对温度变化敏感的树轮宽(ring width)变化与火山喷发显著相关,多数显著极小值都可以和重大火山喷发对应(Scuderi, 1990年a)。根据集成的指示过去600年北半球逐年

夏季温度变化的树轮序列,过去600年火山活动和北半球夏季温度变化显著相关,大规模的火山喷发都在不同程度上造成了北半球的气候变冷(Briffa等,1998年)。过去2000年中几次大规模火山喷发后,蒙古和西伯利亚树轮记录的温度变化,多数树轮序列都记录到了显著的降温,但确实也有不少例外(D'Arrigo等,2001年)。

历史文献资料是进行历史时期火山喷发气候效应研究的一种重要而又独特的资料,目前开展研究较多的是基于欧洲和中东等地区的历史文献进行的火山喷发气候效应个案研究。例如:1815年印度尼西亚坦博拉(Tambora)火山喷发气候效应,即1816年出现著名的“无夏之年”(Stothers,1984年a;Harington,1992年);1783年冰岛拉喀基噶(Grattan & Brayshay,1995年;Stothers,1996年,1999年;Demarée and Ogilvie,2001年);1600年秘鲁怀纳普第纳(Huaynaputina,Pyle,1998年);1258年前后未知名火山喷发(Stothers,2000年);934年前后冰岛埃尔加(Eldgjá,Stothers,1998年)火山喷发;626年前后未知名火山喷发(Stothers,1999年);536年前后未知名火山喷发(Stothers,1984年b,1999年)等。

相形之下,基于中国历史文献资料的火山喷发的气候效应研究并不多。张富国与张先恭(1994年a,b)、李靖与张德二(2005年)等研究发现,火山喷发对我国旱涝形势的影响可能相当复杂,在华北地区与在长江中下游地区的影响有很大不同,并且与火山的类型、地理位置、火山喷发的季节等因素有关。Shen等(2007年a)基于过去500年地方志旱涝史料,定义了三次极端干旱事件,发现它们由火山喷发引起,并因为火山喷发与厄尔尼诺(El Niño)事件而加强。Shen等(2007年b)则发现在华北地区和长江中下游地区大范围的干旱与低纬度地区大规模火山喷发可能

显著相关。

国内关于火山喷发对气温的影响研究反而少于对降水的影响研究,这与国外不同。并且,基于气候序列进行的对比研究多于对气候事件的个案研究。不同研究者在分析方法上不断改进,但分析所依据的史料却较少革新,多为地方志的史料,尤其是中国近五百年旱涝等级资料[中央气象局气象科学研究所(1981年)于20世纪70年代对明清时期地方志中的旱涝史料进行了一次整编,编为《中国近五百年旱涝分布图集》]。火山喷发对降水影响的机制非常复杂,目前还很不明确,而且降水的区域分异本身就比气温要复杂,所以这方面的研究只能取得很有限的认识。在国际学术界,学者对火山喷发对气温变化的影响研究的重视程度远高于对降水变化的研究。中国历史文献浩如烟海,除地方志以外还有很多史料也蕴含气象信息。笔者认为,今后尤须努力寻找新的史料,大力加强火山喷发对气温变化的影响研究。

与国外历史文献资料类似,中国历史文献中关于气温的史料分布不均衡,难以建立近数百年的气温序列,因而不利于进行序列对比分析,但可以扬长避短,对部分史料相对丰富的个案进行分析。中国历史文献源远流长、浩如烟海,比世界上大多数国家都有优势,可以解决其他国家受限于历史文献稀少而难以研究的较早历史时期火山喷发气候效应。

就笔者所知,最早的基于中国历史文献的历史时期火山喷发气候效应的个案研究是对公元前40~50年未知名火山喷发气候效应的研究(Bicknell, 1993年)。此外,坦博拉火山喷发与1815~1817年云南等地区的低温灾害的可能联系也有学者进行了探讨(杨煜达等,2005年;Gao等,2017年)。

## 1.2 中国历史气候研究现状

中国历史文献源远流长,中国历史气候研究的厚重积淀为历史时期火山喷发气候效应研究奠定了良好的基础,使其具有独特的优势和美好的前景。

中国历史气候研究可以从《中国近五千年来气候变迁的初步研究》(竺可桢,1973年)这一公认的奠基之作算起(葛全胜,2002年)。中央气象局在20世纪70年代组织整理中国地方志旱涝资料,形成在历史气候学领域具有里程碑意义的《中国近五百年旱涝分布图集》(中央气象局气象科学研究院,1981年)。

2004年,中国气象局研究员张德二等,对过去三十多年发现和整理的历史气候资料进行了一次系统的整编,编成《中国三千年气象记录总集》(张德二,2004年a)。这一成果受到学术界的高度肯定,对历史气候学的研究产生了深远的影响(张家诚,2005年)。

这部总集的问世,使得大量基本历史气候资料的查阅可以按图索骥,大大节省了学者用于查阅历史气候资料的时间。当然,这并不意味着将来历史气候学的研究可以直接引用这部总集的资料,任何一部史料集都不可能囊括某项研究的全部史料,不能替代对原始历史文献资料的查阅和考证。我们相信,今后的历史气候研究必须谋求历史文献资料的新发现和研究思路的创新。

利用历史文献资料研究过去两千年气候变化,建立温度和降水变化的序列是长期以来最受中国历史气候学者关注的研究方向。其奠基之作分别是竺可桢(1973年)建立的5000年冷暖变化序列与《中国近五百年旱涝分布图集》建立的120个站点的旱涝序列。

此外,一些具有较大影响的历史气候成果也大多是降水或温度序列,例如:王绍武与王日昇重建的过去500~600年华北和华东等地区的温度序列(王绍武,1990年;王绍武、王日昇,1990年;王日昇、王绍武,1990年);张德二与刘传志(1986年)建立的过去一千年中国东部6区域干湿序列;清代的气象档案资料——晴雨录和雨雪分寸是中国历史气候研究的极其宝贵的资料来源(张瑾瑜,1982年)。以此为基础,可以较好地建立18世纪以来降水、温度变化的序列(张德二、刘传志,1986年;周清波等,1994年;郝志新,2003年;郑景云等,2003年,2005年)。2003年,葛全胜等充分吸收已有成果,建立了过去二千年中国东部冬半年温度序列,在学术界产生了非常广泛的影响(Ge等,2003年)。

其他气候要素的序列,如张德二(1982年)建立了过去1700年雨土年频数序列;黄嘉佑与王绍武建立了过去五百年西太副高变化序列(Huang & Wang, 1985年);张德二与王宝贯(1990年)建立了18世纪长江下游梅雨活动的序列。

长期以来,建立气候变化序列都是历史气候研究的主流,除此之外的历史气候研究就冷门多了。比较有影响的有:龚高法等(1983年)论述的历史气候研究方法;对竺可桢(1973年)《中国近五千年来气候变迁的初步研究》的再考证与商榷(牟重行,1996年;满志敏,1998年);对一些特征时期(如所谓“隋唐温暖期”与“中世纪温暖期”等)气候冷暖问题的新看法(于希贤,1996年;满志敏,1998年;张德二、张永林,1998年;蓝勇,1998年;Zhang, 1994年);对历史时期气候事件的研究(侯甬坚、祝一志,2000年;张德二,2000年,2004年b);历史气候新资料的发现与研究,比较著名的有前文述及的晴雨录和雨雪分寸资料,近年来的新发现大都是天气日记(蔡万进,2002年;朱晓禧,2004年;方修琦等,2005年;Fei等,2005年)等。我们认识到,在历史气候学领域,建



立历史时期温度和降水序列已经是一个高度成熟的研究方向,必须另辟蹊径,开拓创新。我们相信,将火山学和历史气候学研究结合起来,符合历史气候学学科协调发展的需要。

### 1.3 本书架构

笔者从2000年开始利用中国历史文献资料,对历史时期火山喷发的气候效应进行研究。从硕士研究生(2000~2003)、博士研究生(2003~2006)、博士后(2006~2008)阶段至今,一以贯之,未曾间断。

笔者对若干典型个案进行了实证研究,主要包括626年前后未知名火山喷发(Fei等,2007年;费杰,2008年a)、934年前后冰岛埃尔加火山喷发(费杰,2003年,2006年;费杰等,2004年;Fei & Zhou, 2006年,2016年)与1600年秘鲁怀纳普第纳火山喷发(Fei & Zhou, 2008年;费杰,2008年b, 2008年c;费杰、张志辉,2008年;Fei等,2016年)。笔者还对唐五代时期(618~959)中国气候冷暖变化与火山喷发的可能联系进行了探讨(费杰,2003年;费杰等,2004年a)。此外还对过去二千年中国近海海冰灾害与火山喷发的关系、历史时期中国境内火山喷发等问题进行了研讨(Fei等,2013年)。

本书就是以上述研究为基础,对笔者在这一领域的研究工作进行了系统整理和总结。

第2章介绍约626年前后火山喷发的可能气候效应。约626年存在一次大规模的火山喷发,喷发地点可能在地中海地区。我们发现了627年前后气候变冷在黄河流域(唐朝)和蒙古高原(突厥汗国)的存在。黄河流域在627~629年遭遇了连续的严重霜灾。627年,突厥汗国遭受连续的严重雪灾和霜灾等气象灾害,