

低纬和中高纬度火山爆发 与我国旱涝的联系*

刘永强 李月洪 贾朋群

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

根据500年旱涝等级资料,采用时序迭加方法,分析了低纬和中高纬火山爆发对我国降水的影响。此外,还对1600—1979年南方涛动指数(SOI)的变化进行了类似的分析。结果表明,低纬和中高纬火山爆发后全国旱涝分布型和部分地区降水变化趋势有很大差异。爆发当年华北就可能明显变旱,而次年长江流域才出现明显的降水异常。计算还表明,1991年皮纳图博火山及云仙岳火山爆发与江淮特大洪涝有直接联系的可能性不大。

关键词: 火山爆发 旱涝 SOI

引 言

1991年夏,我国江淮流域出现了特大洪涝;与此同时,菲律宾皮纳图博火山数次猛烈喷发,日本云仙岳火山也两次喷发。这两个火山爆发与我国江淮严重洪涝之间有何内在联系,它们对今后几年我国气候又可能产生什么影响,是目前人们十分关注的问题。

已有一些统计和个例研究揭示了火山爆发与我国旱涝之间相互联系的观测事实。张先恭等分析了近500年来强火山爆发前后我国旱涝的特征,指出火山爆发前一年多为南涝北旱,爆发后一年则相反^[1]。徐群认为,1980年 St. Helens 火山爆发与该年我国严重的北旱南涝气候异常有一定联系^[2]。最近,又有一些分析指出火山爆发会引起赤道东太平洋增温^[3-5],而后者与我国的旱涝有密切的联系。这一结果揭示了火山影响我国旱涝的一条可能的途径。

另一方面,也有一些研究结果指出了不同纬度爆发的火山对气候影响的区别。Oliver认为,北半球平均温度对北半球中高纬的火

山爆发最敏感,而低纬火山爆发的影响较慢^[6]。徐群指出,位于北半球中纬、低纬和南半球低纬爆发的火山分别在火山爆发当年、次年和第二年对我国降水产生影响^[2]。近年来关于火山活动与赤道东太平洋海温关系的一些研究结果也表明,低纬和中高纬火山爆发对海温的影响不同^[3]。根据这些研究结果可以推测,不同纬度的火山爆发,对我国旱涝的影响也存在一定的区别。由于1991年爆发的菲律宾火山和日本火山分别位于低纬度和中纬度,因而比较不同纬度火山与我国旱涝之间相互联系的区别,对于了解这两个火山影响的综合效应具有现实的意义。

为此,本文进一步比较低纬和中高纬火山爆发对我国旱涝影响的特点,及与南方涛动指数变化之间的可能联系,对1991年皮纳图博火山和云仙岳火山爆发与江淮流域特大洪涝之间可能的联系进行讨论。

1 方法和资料

采用时序迭加法分析火山爆发前后降水的异常。从理论上讲,当火山样本很多时,

* 国家气象局“八五”重点课题“短期气候预测的理论和预测方法的研究”

迭加分析可以消除其它因子的影响,因而这种方法常被用于辨别火山这样一系列离散事件产生的存在于有噪声的资料中的弱信号[2,7]。

参照文献[1],选取1500—1979年30个火山灰尘幕指数 $DVI > 1000$ 的强火山爆发事件组成火山序列,将其作为迭加分析的关键年(超过一年时间集中喷发的火山事件以第一年作为关键年)。此外,与文献[4]类似,将 $25^{\circ}N$ 和 $25^{\circ}S$ 之间的火山爆发作为低纬度火山(L类火山),其它地区的火山爆发作为中高纬度火山(MH类火山),L类火山和MH类火山同时爆发时作为LMH类火山。从火山序列年表(表略)中可知,L类、MH类和LMH类火山爆发次数分别为19、7和4次。

张德二曾将我国 $100^{\circ}E$ 以东地区划分为16个区域[8],根据《中国近五百年旱涝分布图集》[9]计算了每个区域的旱涝指数。这里应用其中14个区域的资料进行分析(东北和云南区缺资料,故未作分析)。SOI(1601—1979年逐季)根据美国树木年轮测量值重建[10]。

2 旱涝迭加分析结果

2.1 旱涝型

图1和图2分别为L类和MH类火山爆发前1年至爆发后2年(依次记为-1,0,+1,+2年)旱涝指数 t 值的地理分布,且

$$t = (M - m) / (S / \sqrt{n - 1}) \quad (1)$$

为服从自由度为 $(n-1)$ 的 t 分布随机变量,其中 M 和 S 分别为 n 次火山爆发迭加分析时段内某一年旱涝指数的平均值和标准差, m 为母体均值(以整个旱涝序列的均值作为近似)。图中a—d分别为火山爆发-1年至+2年,粗实线为0,细实线和细虚线分别为 $t < 0$ (降水正距平)和 $t > 0$ (降水负距平),斜线表示 $|t| > t_{\alpha=0.1}$,即 M 和 m 具有信度为0.1显著性差异的区域。对于 $n=19,7$ 和 $30, t_{\alpha=0.1}(n-1)$ 分别为1.735,1.943和1.6991。此外,点划线为计算区界线。

L类火山爆发-1年江南多雨,华南降水正常略偏少,长江以北以少雨为主,其中江淮为较强的偏旱区。文献[1]中将五百年旱涝分

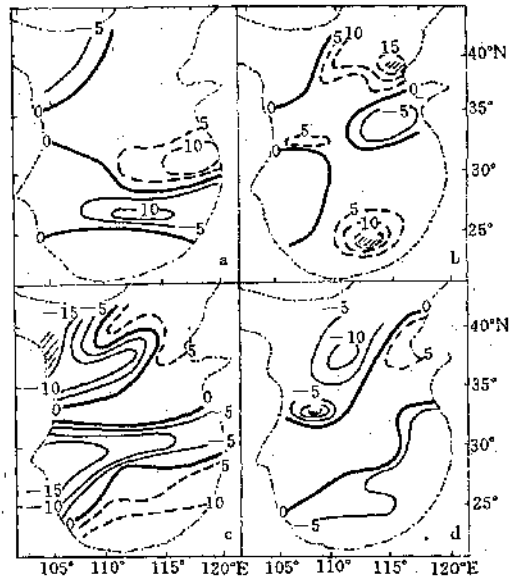


图1 低纬火山爆发前1年至后2年(a—d)旱涝指数 t 迭加值的地理分布
斜线区信度超过0.1(单位:0.1)

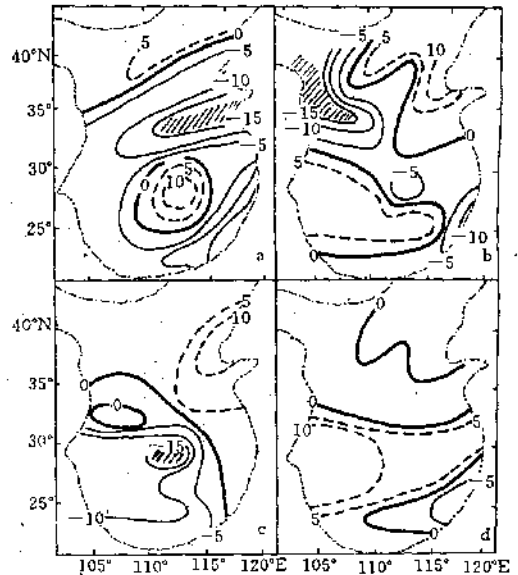


图2 中高纬火山爆发前1年至后2年(a—d)旱涝指数 t 迭加值的地理分布
斜线区信度超过0.1(单位:0.1)

布归纳为6种类型,其中Ⅱ型为南北偏涝,长江流域偏旱;Ⅲ型为南涝北旱;Ⅳ型和Ⅴ型分别与Ⅲ型和Ⅱ型相反。可见,-1年旱涝分布接近于Ⅲ型。MH类火山爆发-1年,华南和华北偏涝,长江及黄河中上游偏旱,接近于Ⅱ型。从-4年至-2年旱涝型与-1年类似(图略),即L类火山爆发均为南涝北旱(Ⅲ型),而MH类火山爆发华南和华北降水偏多,黄淮至江南偏少(Ⅱ型)。可见两类火山爆发前降水异常除华南均以偏多为主外,华北和长江流域的降水异常几乎相反。

L类火山爆发0年,华南和华北变旱,江淮和黄淮降水增加,其中黄淮旱涝 t 值已变为负距平(降水正距平),江淮仍为正距平(降水负距平)。到了+1年,华北和华南仍维持降水偏少,而长江流域(尤其是上游)和西北区域出现强的降水正距平。这两年旱涝分布接近于Ⅴ型。+2年华北旱区和长江涝区南压,华南干旱区减弱消失。MH类火山爆发0年和+1年,华北和华东旱情发展,长江中上游及华南地区变涝;至+2年整个长江流域均为偏旱区,旱涝分布类似于Ⅲ型。

L类火山爆发+3年与+2年类似,+4年为南旱北涝(Ⅳ型);MH类火山爆发+3年与+2年几乎相反(接近Ⅴ型),而+4年与+3年又几乎相反(图略)。

从上面的讨论可知,与两类火山爆发对应的旱涝型有所不同。至于所有火山爆发(包括L、MH和LMH类火山爆发)与我国旱涝的关系,张先恭等曾作过分析^[1],这里不再讨论。

2.2 演变过程

两类火山爆发前后,各区域旱涝演变过程也有所不同。图3给出了3种类型。图中自上至下分别为晋陕、两广和长江下游区域火山爆发-4年至+4年旱涝指数 t 值,a,b和c分别与低纬、中高纬和全球火山爆发对应。图3表明,两类火山爆发导致的旱涝变化几乎相反。对于L类火山爆发,降水基本上由少变多,而对于MH类火山爆发,降水由多变少。从两广的情况可见,两类火山爆发均使降水减少,变化趋势较为一致。长江下游则在火山

爆发前后降水变化趋势可以不同。L类火山爆发前降水减少,爆发后又增加;MH类火山爆发与此基本相反,降水先增后减。从图中可见,两类火山爆发前后对我国晋陕地区的影响尤为明显。其它区域火山爆发前后降水变化趋势大多也有所不同(图略)。

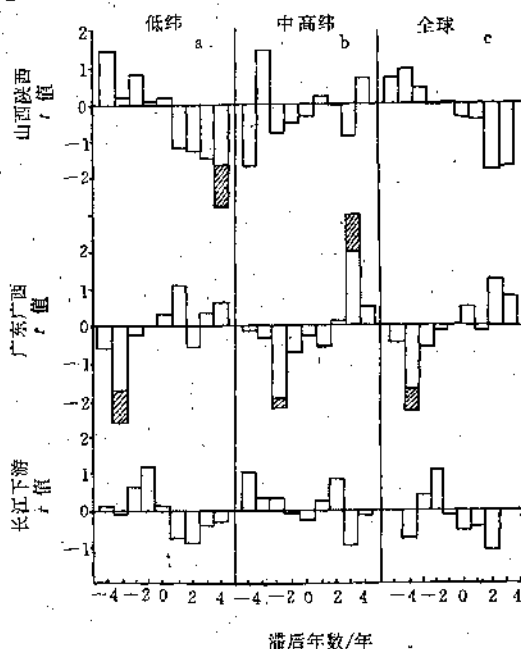


图3 火山爆发前后旱涝指数 t 透加值的变化
a、b和c分别与低纬、中高纬和全球火山爆发对应,斜线区信度超过0.1

2.3 降水响应的强度和过程

分析图1至图3的数值可以看出,虽然火山爆发对我国降水确有一定的影响,但从统计的意义上来说,影响的强度一般并不大。两类火山均是如此。

不过,在火山爆发的不同时期,也有一些区域出现了超过0.1信度的降水异常。比较火山爆发0年至+2年(图1和图2)及+3至+4年(图略)可见,两类火山爆发对降水的主要影响区及传播方向明显不同。L类火山爆发后,较强的降水扰动先出现在华南和华北,至+1年长江流域和黄河中上游变为较强降水扰动区。MH类火山爆发后,强的降水响应首先出现在北方,然后有向南移动的趋势。

在易出现干旱的华北地区,两类火山爆发当年就迅速变旱或干旱加强,+1年和+2年也持续干旱;在易出现洪涝的长江流域,L类火山爆发当年降水有增加的趋势,不过距平值很小,至+1年降水才明显增强.MH类火山爆发后,长江流域当年降水变化也不大,+1年和+2年下游降水偏少,中上游+1年降水明显增加,+2年又减少。

3 SOI 迭加分析结果

图4是火山爆发年 SOI(t 值) -4 年至 $+4$ 年的迭加值。a、b 和 c 分别与低纬、中高纬和全球火山爆发对应。斜线表示超过 0.1 信度。由图可见,对 L 类火山爆发,0年 SOI 通常为正值,此后呈下降趋势,在+2年达到极小值。这意味着火山爆发后2年内有较大可能发生 ENSO 事件。

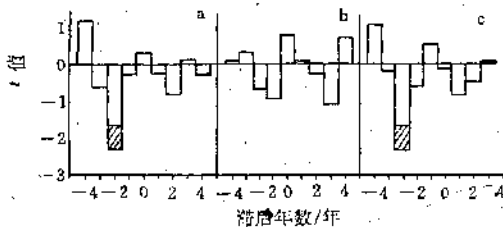


图4 火山爆发前后年 SOI(t 值)迭加值的变化
a、b、c 分别与低纬、中高纬和全球火山爆发对应,
斜线区信度超过 0.1

就火山爆发后 SOI 值减少这一结果而言,它与过去的一些研究结果^[4]是类似的。不过,在火山爆发-2年也有负的极小值(其强度超过爆发后的极小值)。这两个极小值的出现一方面反映了 ENSO 准3—4年周期性振荡的特性,另一方面也表明火山爆发与 SOI 变化之间的因果关系可能是复杂的,难以确定。在某种意义上来说,这为 Nicholls 的观点(即火山爆发可能不是厄尔尼诺的一个原因^[11])提供了一个佐证。春、夏、秋、冬各季 SOI 的迭加分析结果与 SOI 年平均值的结果类似(图略)。

中高纬火山爆发当年 SOI 明显增加,次年为弱正值,到+3年出现负的极小值。而在

爆发前一年也出现了负极小值。在四季 SOI 迭加分析中,冬、春季没有明显的爆发前极小值(图略)。全球火山爆发前后 SOI 变化(c 部分)与 L 类的结果更为接近。

上述迭加分析的火山序列是以 DVI 值作为指标构造的。此外,另有一个指标——火山爆发指数(VEI)也常用来构造火山序列。王绍武曾对这两个指数进行了比较,并给出了一个1500—1982年 $VEI > 4$ 的火山序列(其中补充了几次 $VEI < 4$ 但 $DVI > 1000$ 的火山爆发)。这里也采用这一序列分别进行了低纬和中高纬火山爆发前后逐季的 SOI 迭加分析。分析中未包括距前次爆发时间不到2年以及无爆发月记载的火山事件(表略)。图5给出了火山爆发-8季至+8季的 SOI(t 值)迭加值,其中 a 和 b 分别对应于 L 类和 MH 类火山爆发,超过 0.1 信度部分以斜线表示[对于 $n=32$ 和 45 , $t_{\alpha=0.1}(n-1)$ 约为 1.68 至 1.69]。由图可见,L 类火山爆发后,SOI(t 值)逐渐减小,爆发前1年为弱正值,前2年则为较强的负值。MH 类火山爆发时(0季)SOI 突然由负值变为正的极大值,爆发1年后转为负值;在爆发前1—2年也出现较强的负值。这些结果与根据 DVI 构造的火山序列进行的迭加分析结果基本一致。

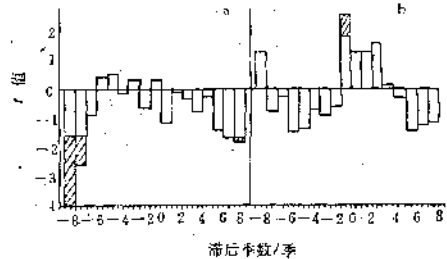


图5 低纬(a)和中高纬(b)火山爆发前后季 SOI(t 值)迭加值的变化
斜线区信度超过 0.1

4 结语

4.1 低纬和中高纬火山爆发前后全国旱涝分布型和一些区域降水变化趋势有一定区别,这说明这两类火山爆发对我国旱涝有着不同的影响。

4.2 低纬火山爆发当年,华北及华南降水就

可能出现较大的负距平,而长江流域降水在火山爆发次年可能明显偏多。中高纬火山爆发当年华北也明显变干,且此后两年少雨区有南扩的趋势;爆发当年长江流域降水异常不明显,次年下游变旱,中上游变涝。

4.3 低纬火山爆发后2—3年内 SOI 逐渐减小,中高纬火山爆发时 SOI 先增加,约1年后逐渐减小。此外,两类火山爆发前1—2年也存在 SOI 负的极小值,因而火山爆发与 SOI 变化之间的因果关系较为复杂,难以确定。

上述第2点结论表明,无论是低纬还是中高纬火山,爆发当年我国江淮流域发生较大洪涝的可能性不大。由此可以认为,从统计的意义上来说,1991年6月菲律宾皮纳图博火山和日本云仙岳火山爆发与该年汛期江淮特大洪涝之间无直接的联系。

这两个火山(特别是皮纳图博火山)爆发对该年可能出现的 ENSO 事件和此后几年我国的旱涝会有一定的影响。不过,仅根据上述迭加分析结果,尚不足以对我国实际降水变化进行预测。这一方面由于火山爆发对我国降水影响的信号较弱(它仅仅是我国降水变化的影响因子之一),另一方面目前还难以清楚地分辨火山的影响。为了解决这一问题,有必要构造能更客观地反映火山对气候影响的火山序列,同时进一步研究火山爆发与大气和海洋过程(ENSO)之间的相互联系。

参考文献

- 1 张先恭,张富国,火山活动与我国旱涝、冷暖的关系. 气象学报,43(2),1985,196—207.
- 2 徐群,1980年夏季我国天气气候反常和 St. Helens 火山爆发的影响. 气象学报,44(4),1986,426—431.
- 3 Handler, P., Possible association between the climatic effects of stratospheric aerosols and sea surface temperatures in the eastern tropical Pacific ocean. J. climatol., 1986, 6, 31—41.
- 4 Handler, P. and Andsager K., Volcanic aerosols, El Nino and the southern oscillation. Int. J. Climatol., 1990, 10, 413—424.
- 5 徐群,近年来非洲热带 Sahel 地区持续干旱和厄尼诺现象增多的主要原因. 热带气象, 3(3), 1987, 274—280.
- 6 Oliver, R. C., On the response of hemispheric mean temperature to stratospheric dust: an empirical approach. J. Appl. Met., 1976, 15, 933—950.
- 7 Taylor, B. L., Cal-chen, T and Schneider, S. M., Volcanic eruptions and long-term temperature records: an empirical search for cause and effect. Q. J. Roy. Meteor. Soc., 1990, 106(447), 175—200.
- 8 张德二,我国近五百年各区域旱涝变化及其与冬季冷暖的关系. 气象科学集刊(4), 气象出版社, 1983, 40—46.
- 9 中央气象局气象科学研究所等.《中国近500年旱涝分布图集》.北京:地图出版社, 1982.
- 10 Lough J. M. and Fritts M. C., The southern oscillation and tree rings; 1600—1961. J. clim. Appl. Meteor., 1985, 24, 952—966.
- 11 Nicholls N., Low-latitude volcanic eruptions and the El Nino-southern oscillation. J. clim., 1988, 8, 91—95.
- 12 王绍武,强火山爆发对气候的影响. “科威特大火、菲律宾火山与气候变化研讨会”材料, 1991, 7.

A Comparative Analysis of Effect of Volcanic Eruptions at Low and Mid-High Latitudes on Drought/Flood in China

Liu Yongqiang · Li Yuehong · Jia Pengqun
(Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081)

Abstract

Superposed-epoch analyses of drought/flood index in China for the past 500 years show substantial differences in spatial pattern and temporal evolution of the drought/flood with respect to low and mid-high volcanic eruptions. Drought events might appear more frequently in the key years (that is, eruption years) in North China, while significant rainfall anomalies might occur with great probability only in the following years. Finally, it is inferred that there would not be direct relationships between both eruptions of Pinatuebo in the Philippines and Unzendake in Japan and the extraordinarily catastrophic flood in Changjiang-Huai river valley in summer of 1991.

Key Words: volcanic eruptions drought/flood SOI