四川省汉源县大渡河干热河谷区清代洪涝灾害特征

侯雨乐[1], 刘 瑞[2], 赵景波[3]

(1. 阿坝师范学院 资源与环境学院, 四川 汶川 623002; 2. 武警工程大学 基础部, 西安, 710078; 3. 中国科学院 地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710061)

摘 要: [目的] 分析四川省汉源县清代洪涝灾害特征及成因,为防灾减灾等工作提供科学支持。[方法] 通过对大渡河干热河谷区汉源县清代洪灾等资料的搜集整理,运用数理统计分析等方法,探究了该地区清代洪灾的等级、频次、周期以及成因等问题。[结果] 清代汉源县洪涝灾害共计发生 55 次,平均 4.87 a 发生 1 次。轻度洪灾、中度洪灾、大洪灾和特大洪灾各占洪灾总数的 14.55%,60.00%,21.82%和 3.64%,以中度洪灾为主。从清代早期到晚期,洪灾呈波动增加的趋势且有明显的阶段性,1644—1739 年和 1770—1809 年是洪灾少发期,1740—1769 年和 1810—1911 年是洪灾高发期,并出现了 5 次重大洪灾事件。清代汉源县洪灾存在约 5 a,10 a 的震荡周期。[结论] 在太阳黑子极值年、印度夏季风强盛期及南方涛动(ENSO)事件年前后出现洪灾的机率极大。清代中期以后的人口快速增长、农业垦殖、森林破坏等人为无序开发加剧了洪灾频次和严重程度。

关键词: 汉源县; 清代; 洪灾等级; 太阳黑子; 印度夏季风; ENSO 事件

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2019)01-0271-07 **中图分类号**: P426.616

文献参数: 侯雨乐, 刘瑞, 赵景波. 四川省汉源县大渡河干热河谷区清代洪涝灾害特征[J]. 水土保持通报, 2019,39(1):271-277. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.01.043; Hou Yule, Liu Rui, Zhao Jingbo. Characteristics of flood disasters in dry-hot valley of Dadu River in Hanyuan County, Sichuan Province in Qing Dynasty[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019,39(1):271-277.

Characteristics of Flood Disasters in Dry-Hot Valley of Dadu River in Hanyuan County, Sichuan Province in Qing Dynasty

Hou Yule[1], Liu Rui[2], ZhaoJingbo[3]

(1. *College of Resources and Environment, Aba Teachers University, Wenchuan, Sichuan* 623002, *China*; 2. *Department of Basic, Engineering University of PAP, Xi'an, Shaanxi* 710078, *China*; 3. *Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Xi'an, Shaanxi* 710075, *China*)

Abstract: [Objective] To analyze the characteristics and causes of flood disasters in Hanyuan County, Sichuan Province in Qing Dynasty, in order to provide scientific support for disaster preventions and mitigations. [Methods] The flood disaster data of Hanyuan County in Qing Dynasty was collected. Mathematical statistics analysis methods were used to study the level, frequency, period and causes of the flood disasters in Qing Dynasty. [Results] There were 55 flood disasters with an average frequency of once per 4.87 years in Hanyuan County in the Qing Dynasty. Mild floods, moderate floods, major floods and catastrophic floods accounted for 14.55%, 60.00%, 21.82% and 3.64% of the total flood disasters, respectively, with moderate floods being the main events. Flood disasters showed a fluctuated increasing trend and obvious stages. The periods during 1644—1739 and 1770—1809 were the stage of frequent flood disasters, the periods during 1740—1769 and 1810—1911 were the stage of high-risk flood disasters, and there were five major flood events. The flood disasters in Hanyuan County in Qing Dynasty were marked by a shock period of about

收稿日期:2018-09-13 **修回日期**:2018-10-06

资助项目:阿坝师范学院校级重点项目"岷江干旱河谷气温、降水变化与生态环境保护研究"(ASA18-02);黄土与第四纪地质国家重点实验室项目(SKLLQG1428);教育部人文社会科学研究青年资助基金(18YJC840020)

第一作者:侯雨乐(1983—),男(汉族),山西省交城县人,副教授,硕士,主要从事区域自然地理研究。E-mail:512570915@qq.com。

通讯作者:赵景波(1953—),男(汉族),山东省滕州市人,教授,博士生导师,主要从事区域环境研究。E-mail:zhaojb@snnu.edu.cn。

5 years and 10 years, and the flood frequency was high. [Conclusion] There is a high probability of flood disasters in the extreme years of the sunspot, the prosperity period of India summer monsoon and the year of the ENSO events. The rapid of population growth, agricultural reclamation, forest destruction and human-made disorderly development aggravated the frequency and severity of flood disasters.

Keywords: Hanyuan County; Qing Dynasty; flood disaster grades; sunspot; India summer monsoon; ENSO events

IPCC 第五次气候变化科学评估报告指出[1-3]，全球正在变暖，未来也将持续变暖。面对全球变暖事实及其带来的危害，我们要尽可能务实地做好延缓气候变暖步伐及减灾防灾等工作，同时继续深挖气候变化成因，注重研究古气候变化规律，借古鉴今，这对认识现代气候变化及未来气候预测都有着重要现实意义。在气候变化和人类活动干扰下，中国极端气候现象、洪涝灾害频率及带来的损失都呈现出增加趋势[4]。研究气候变化、分析旱涝灾害规律逐渐成为地区防灾减灾工作的重点。万红莲等[5]，张倍蓓等[6]研究表明，明清关中地区旱涝灾害链有明显阶段性且是对小冰期气候变化的响应；旱涝灾害周期与太阳活动、气候冷暖波动有较好的对应关系。李栋梁等[7]对 1616—1911 年间河南省洪涝灾害时空分异规律进行了探讨，认识到洪涝灾害的发生是太阳活动与东亚夏季风共同作用的结果。南方涛动(ENSO)事件影响东亚冬、夏季风强弱，是全球气候波动的信号，全球旱涝与 ENSO 明显关联[8]。ENSO 事件发生年长江流域夏季降水可能会出现显著异常。李敏敏[9]通过对长江流域 1961—2012 年旱涝灾害的统计灾害学研究，认为长江流域出现旱涝灾害的大部分年份中均有 ENSO 事件发生，且大涝年发生 ENSO 事件的机率更大。前人对洪涝灾害时空分布特征及变化趋势等的研究取得了丰硕成果，但主要是对中国大部或东部季风区、青藏高原区的气候变化与旱涝灾害间关系等进行了研究。针对大渡河流域历史时期洪涝灾害特征规律研究少有报道。本文拟通过研究清代大渡河中游河谷地区的洪涝灾害变化特征，分析洪灾周期变化等规律并探讨引发洪灾的可能原因，以期为下进一步揭示大渡河流域洪涝规律及其成因、重建历史时期气候具有重要理论价值，也为预测气候变化提供科学依据。

1 研究材料与方法

1.1 研究区概述

大渡河是岷江最大支流，于乐山市草鞋渡汇入岷江，径流集中在 6—10 月，约占全年的 70%。大渡河河谷深切，岭谷高差达 1 000～2 000 m，横断山和邛崃山脉不仅阻挡了东南和西南季风带来的水汽，还产生焚风效应，形成了干热河谷气候，年蒸发量远超降水量。大渡河干热河谷区主要包括丹巴县、泸定县，石棉县、汉源县和金口河区 1 800 m 以下的河谷地带[10]。汉源县处在雅安市西南部的攀西河谷地带，位于 102°16′—103°00′E，29°05′—29°43′N 间，历代为川西交通咽喉之地。汉源县地处横断山脉北段东缘，大相岭之南，小相岭、大凉山以北，地形以山地为主，西北高东南低，海拔在 4 021～550 m[11]。大渡河横穿县域东西，流沙河纵贯南北，形成了四周高山环绕，中部河谷低平的地势。汉源县属亚热带季风湿润气候的四川盆地西部边缘分区，干湿季分明，高地寒冷，河谷炎热，年均降雨量仅 741.8 mm，为雅安市各区县年降水最低值。汉源县降水变率大，且多暴雨，加之大渡河及其支流汛期的影响，该地洪涝灾害较多。在水资源比较充足的亚热带气候区，影响该区农业生产的主要自然灾害是洪涝而非干旱，该地区历史上深受洪灾所害。

1.2 数据来源及分析方法

本文的洪灾资料主要来源自《汉源县志》[11]《四川省近五百年旱涝史料》[12]《中国气象灾害大典·四川卷》[13]《长江流域水旱灾害》[14]等史料。并通过不同史料数据记载的相互对照，保证统计数据的准确性。为了解清代大渡河干热河谷区汉源县的洪涝灾害轻重程度，参照历史文献中对受灾严重程度及政府赈灾措施等描述，参考已有成果[15-16]，将清代汉源县洪涝灾害划分为 4 个等级序列(表 1)。比照长江上游洪枯水题刻[17]、施雅风等[18]重建的 1840—2000 年长江大洪水序列，在 1840 年、1870 年、1896 年汉源县灾都发生了中度洪灾，1869—1870 年汉源县连续大洪灾。1870 年长江大洪水是中国洪水刻痕最多的一次历史洪水，给长江中下游地区带来了灭顶之灾，符合上下游洪灾变化的连贯性，这些佐证说明本文所采集数据有很高可信度。

根据以上分级标准对清代汉源县洪灾进行分级统计，并以所统计的 55 次洪灾为研究对象，运用数理统计方法、SPSS，MATLAB 等软件去分析各级洪涝灾害分布特征，并应用小波分析洪灾周期特征，分析与气候变化之间的关联性，以期更好解译汉源县洪灾的内在成因与规律。

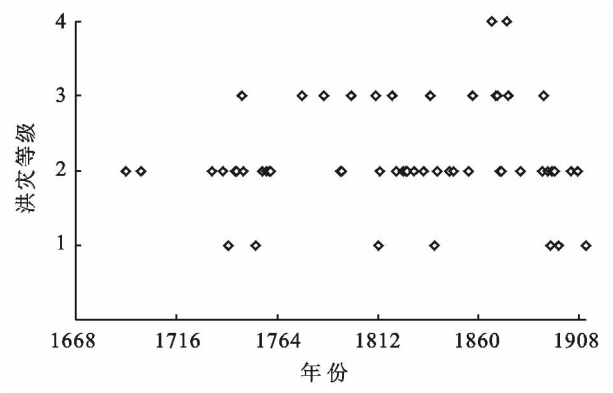
表 1　清代汉源县洪灾等级评定标准及受灾频次

洪灾等级	评定指数	文献记载	频次
轻度洪灾	史料中仅记载汉源县某地“水”、“洪”、“水雨”等模糊或轻微灾害叙述	康熙元年(公元 1622 年),汉源:洪	8
中度洪灾	文献中有“夏秋水”、“江大溢”等降水持续时间较长的跨季水灾、堤堰冲毁等描述。或记载因洪灾影响,政府有豁免、缓征额赋等措施	乾隆 13 年(公元 1748 年),夏大雨,冲塌飞越岭一带桥路	33
大洪灾	史料中记载有受灾范围较广,大量民田被淹,城垣倒塌。出现人畜死伤	嘉庆 4 年(公元 1799 年),6 月,河西佛子桥蛟水为灾,损伤居民百余家	12
特大洪灾	降水持续时间更长,强度更大,甚至波及雅安地区以及大渡河、青衣江等流域,百姓生命财产损失巨大	同治 12 年(公元 1873 年),闰 6 月大雨如注,五谷寺冲坏街房 200 余家,淹毙 300 余人	2

2　结果与分析

2.1　洪灾等级变化

根据洪灾分级评价标准,统计大渡河干热河谷汉源县的洪灾频次。如频次图(图 1)所示,清代汉源县发生洪涝灾害共计 55 次,平均 4.87 年就发生 1 次。轻度洪灾 8 次,发生频率为 14.55%;中度洪灾 33 次,发生频率为 60 %;大洪灾为 12 次,发生频率为 21.82 %;特大洪灾为 2 次,发生频率为 3.64%。从灾情上看,汉源县洪涝灾害以中度为主。中度及以上洪灾发生比率高达 80%以上,灾情严重损失大。



注:纵坐标数值 1,2,3,4 分别代表轻度洪灾,中度洪灾,大洪灾和特大洪灾。

图 1　清代汉源县洪涝灾害等级序列

2.2　洪灾季节、年际变化

将清代汉源县有明确时间记载的 47 次洪灾资料统计(图 2)可知,单季洪灾发生频次最高,其次是两季连续洪灾。单季洪灾中,以夏、春为主,分别发生了 31,9 次。两季洪灾中,夏秋和春夏连续洪灾各记载有 3 次。大渡河中游段属典型的湿润季风气候,夏季受到东南、西南季风控制,降水时间长,周边还是有名的川西暴雨区,加上复杂地形地貌、河流影响,使得汉源县洪灾季节分布差异显著。

为更好地反映出汉源县洪灾年际变化特征,以 10 a 为时间间距计算出各年代阶段洪灾频次以及洪灾距平值变化特征(图 3—4)。由图 3—4 可看出,清代早期的洪灾极少,清代中后期频次较高,整体上呈现出波动增加的趋势。洪灾频次的平均值为 2.04 次/10 a。图 3 和图 4 反映出比较同步的洪灾阶段性特点,其中 1644—1739 年、1770—1809 年距平值主要为负值,即洪灾频次低于平均值,为洪灾少发期。1740—1769 年、1810—1911 年距平值大多为正值,即在此期间的洪灾频次高于平均值,是洪灾多发期。图 4 中距平值曲线斜率为大于零,表征清代洪灾频次整体上是增多态势。

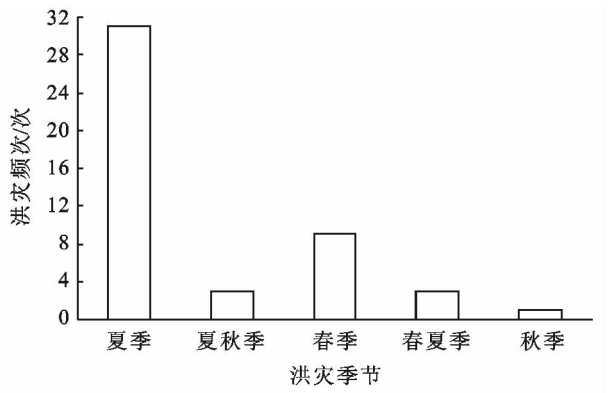


图 2　清代汉源县洪涝灾害季节变化

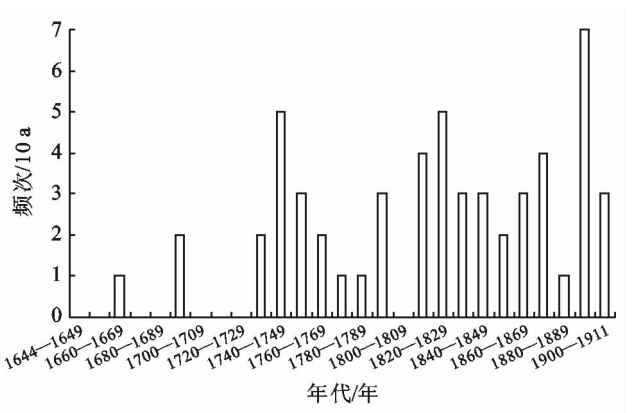


图 3　清代汉源县年代际洪灾频次变化

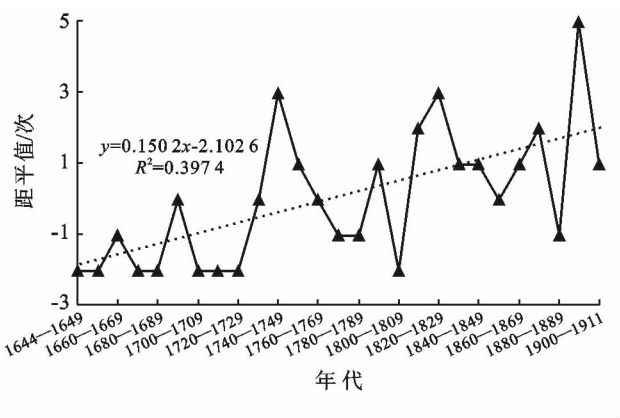


图 4 清代汉源县 10 年间隔下洪灾频次距平值变化

2.3 洪灾周期变化

利用 MATLAB 软件中的 Morlet 小波分析对清代汉源县洪灾周期特性进行时间序列分析。结果如图 5 所示。图 5 显示,洪灾存在约 5 a,10 a 的震荡周期,且贯穿始终,为其主要控制周期。洪灾发生的 10 a周期与太阳黑子 11 a 活动周期相近,洪灾与太阳活动周期密切相关,这一结果与前人研究较为一致。太阳活动异常会导致北半球各区域降水的显著变化,在太阳活动强时,西太平洋副高增强、面积增大,反之则西太平洋副高减弱、面积减小,进而引发旱涝灾害[19]。据张强等[20]研究,ENSO 事件周期主要有 5.67 a,10.46 a,本地区清代洪灾周期与 ENSO 周期呈现出显著一致性。

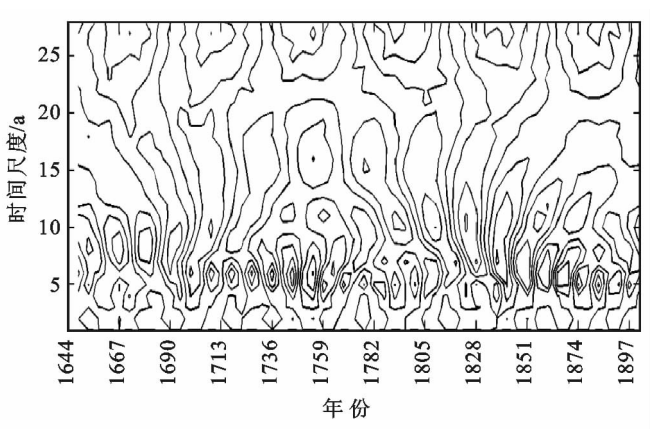


图 5 小波分析显示的洪灾周期

2.4 重大洪灾事件

清代中期以后汉源地区连年性洪灾多发。根据孙金岭等[21]研究,将连续 3 a 及以上,以中度洪灾及以上为主的连年性洪灾确定为重大洪灾事件。清代汉源县的重大连续性洪灾事件有 5 次,分别发生在 1759—1761 年、1811—1813 年、1824—1826 年、1868—1871 年和 1893—1896 年,且大都是中度洪灾。据记载,1868—1871 年汉源地区连续 4 a 发生了洪涝灾害,大雨倾盆,山水暴涨,河堤决,4 a 间共计冲没民房近 200 余间,淹毙男女 60 余口,连年洪灾给当地农业生产、社会生活带来了极大损失。

3 讨 论

3.1 洪涝灾害与太阳黑子

旱涝灾害几乎都集中在太阳黑子数的极值活动时期[22]。太阳活动是扰动气候变化的主要自然因子之一,与旱涝灾害密切相关。从汉源县洪灾与太阳黑子关系图(图 6)分析可知,洪灾与太阳黑子数关系密切,当处在极大值和极小值年附近时,也是洪灾比较多发的时期。在 1778 年太阳黑子达峰值时,1776 年发生了大洪灾。1870 年又达到极大值时,前后几年都发生了中度以上洪灾。1810 年太阳黑子达最小值时,其后几年间都有洪灾发生。分析洪灾与太阳黑子数的多项式拟合关系可以看出,二者在研究时期内趋势几呈平行特点,太阳黑子极值年与洪灾多发期有正相关关系。再利用比利时皇家天文台提供的太阳黑子数值数据(http://www.sidc.oma.be/silso/datafiles),找出 1750—1911 年太阳黑子相对数量序列,统计这 162 年间的 15 个极大值(M)和 14 个极小值(m)[23],并计算极值年及其前后两年内洪灾频次,结果见表 2。

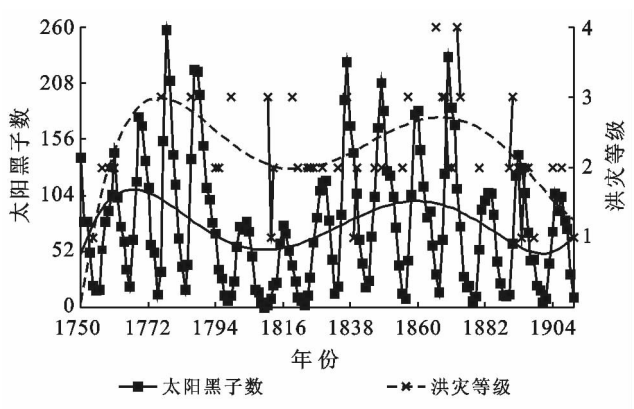


图 6 汉源县洪灾与太阳黑子关系

公元 1750—1911 年汉源县共计洪灾发生 45 次,在太阳黑子极大、极小值年及其附近年共发生洪涝灾害 44 次,占到该时段洪灾的 97.78%。洪灾在极大值年及 ±2 a 间发生频次为 23 次,占洪灾总数的 51.11%。洪灾在极小值年及±2 a 间出现频次为 21 次,占洪灾总数的 46.67%。即在太阳黑子极值年附近洪灾发生机率极大。1811—1813 年、1824—1826 年和 1868—1871 年这 3 次重大洪灾事件都发生在极

小值 m 年附近,这与王腾等[24]分析汉江谷地旱涝灾害与太阳活动的研究结果相吻合。进一步验证了研究区洪灾与太阳黑子活动 11 a 周期关系密切。在太阳黑子极值年附近更应注意防洪工作。

表 2　汉源县 1750—1911 年太阳黑子数极值年前后洪灾频次统计

洪灾等级	极大值 M 年附近年份					小计	极小值 m 年附近年份					小计
	$M-2$	$M-1$	M	$M+1$	$M+2$		$m-2$	$m-1$	m	$m+1$	$m+2$	
轻度	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	3
中度	3	3	3	1	0	10	1	1	2	3	4	11
大	5	2	1	1	1	10	1	2	1	3	0	7
特大	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0
合计	8	5	4	3	3	23	2	3	4	7	5	21

3.2　洪涝灾害与 ENSO 事件

ENSO 事件影响东亚、南亚季风的强弱,进而波及到大渡河地区的降水多寡,旱涝灾害显著受 ENSO 事件驱动[25]。当 ENSO 在数十年际的尺度下增强或减弱时,各地旱涝灾害亦会出现明显波动。根据王绍武等[26]研究成果整理出 1860—1911 年的 28 次 ENSO 事件,其中有 12 次暖事件(厄尔尼诺现象)和 16 次冷事件(拉尼娜现象)。将其与汉源县洪灾发生年份进行比较对应,结果表明在 ENSO 发生年或次年发生了 19 次不同等级的洪灾,发生机率为 67.86%,以中度洪灾为主。在厄尔尼诺现象发生年前后发生洪灾 8 次,在拉尼娜现象发生年前后发生洪灾 12 次,说明两者关联性明显。在 ENSO 事件年前后时,本地当年或次年降水量大增的概率较高,易发生洪涝灾害。利用 SPSS 19 软件的 Pearson 相关分析功能做出 ENSO 事件与汉源县洪灾的关系(表 3)。可以看出相关系数高达 0.828,两者存在正向显著相关性。清代中后期的重大洪涝事件都发生在 ENSO 事件年。现代研究也表明[27],在 ENSO 冷暖事件转换年长江发生流域性大洪水的可能性增大。

表 3　汉源县 1860—1911 年 ENSO 事件与洪灾的相关性

项目		ENSO 事件次数	洪灾频次
ENSO 事件次数	Pearson 相关性	1	0.828*
	显著性(双侧)		0.083
	平方与叉积的和	29.200	19.400
	协方差	7.300	4.850
	N	5	5
洪灾频次	Pearson 相关性	0.828*	1
	显著性(双侧)	0.083	
	平方与叉积的和	19.400	18.800
	协方差	4.850	4.700
	N	5	5

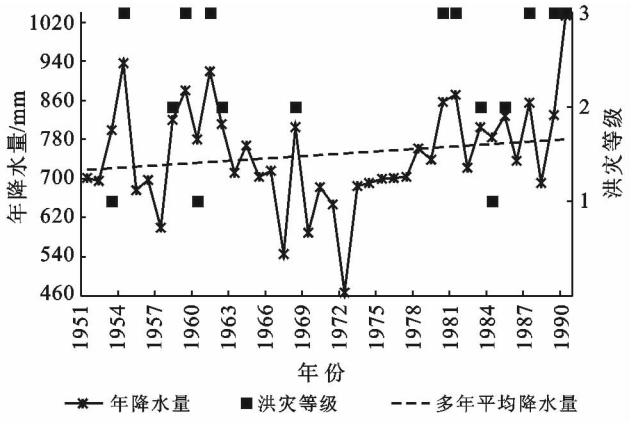
注:* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关;N 表示样本数。

3.3　洪涝灾害与印度夏季风

川西地区夏季水汽主要源于西南季风。西南季风的强弱直接影响到该区降水多寡和水旱灾害。据姚檀栋等[28]、陈家其等[29]、马利华等[30]研究,希夏邦马峰达索普冰芯较好的反映了过去 400 a 来印度夏季风降水变化规律,19 世纪属多降水的寒冷期。树轮曲线分析也表明 19 世纪中期至 20 世纪初为相对湿润期。1810—1911 年汉源县处于洪灾多发期。1821—1921 年是印度夏季风强盛时期,1830 年、1875 年左右为降水峰值年,该区在其附近年份都发生了中度以上洪灾。此外印度夏季风降水周期有约 5 a,10 a 等时间尺度上的谱峰,而汉源县清代洪灾也存在约 5 a,10 a 的震荡周期,两者存在明显一致性。研究区洪灾在印度夏季风和降水量强盛时期频发,说明汉源县洪涝灾害多发生于西南夏季风活动加强的阶段。

为进一步量化大渡河干旱河谷汉源地区洪涝灾害与降水量演变规律,利用中国气象数据网(http://data.cma.cn/)提供的汉源县气象数据资料以及基于降水距平百分率的旱涝标准,统计 1951—1990 年汉源县洪灾等级与年降水量关系(图 7)。这 40 a 间汉源县年均降水量约 748.43 mm,大涝灾年降水量平均为 814.06 mm,特大涝灾年降水量平均为 897.48 mm,都显著高于多年平均降水量。2012 年汉源县降雨量 751.9 mm,比历年平均降雨量偏多 24.7 mm,且暴雨及其洪灾比正常年份偏重,7 月初全县普降强降水,耕地农作物受灾严重,造成县境内 5.3 万人受灾,直接经济损失逾 3 亿元。

基于 MATLAB 的功率谱分析可以很好地确定洪涝灾害周期变化的主要频率[31]。分析显示汉源县在 1951—1990 年洪灾存在约 5.8 a 的震荡周期(图 8)。期间洪灾呈现出明显的阶段性,1958—1962 年、1980—1990 年洪灾频发,这与清代汉源县洪灾周期、阶段变化有着明显一致性,说明汉源县近现代洪灾演变规律有延续性。



注:图中洪灾等级 1,2,3 分别代表轻度洪灾、大洪灾和特大洪灾。

图 7 汉源县 1951—1990 年洪涝灾害等级与年降水量

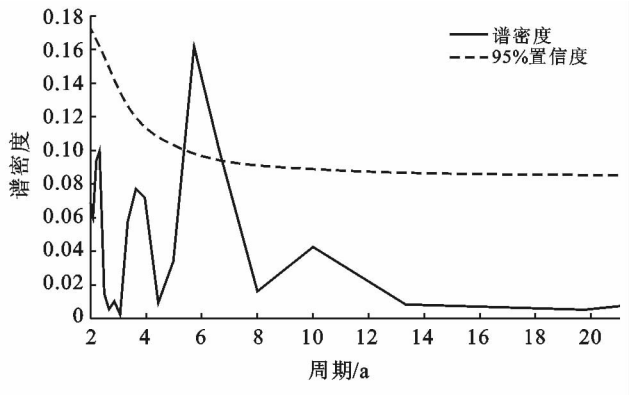


图 8 汉源县 1951—1990 年洪灾功率谱分析

由此看出,汉源县洪灾与年降水大增或季节性暴雨息息相关。根据现代汉源县降水量可以推断清代大洪灾年份降水量应不少于 814.06 mm,显著高于多年平均降水量。如 1990 年汉源县降水量高达 1 033.1 mm,7 月份降水 350 mm,大雨暴雨如注,造成汉源县遭受建国以来受淹范围最广、最严重的洪涝灾害之一。由于夏季暴雨引发山洪泥石流等洪灾事件也屡见报端。2013 年 7 月中旬汉源县遭遇强降雨天气过程,多个乡镇降大到暴雨,因降雨时间集中爆发山洪,流沙河上游的 7 个乡镇,7.5 万人遭洪灾。2018 年 8 月 2 日,汉源县普降大到暴雨,局部 12 h 累计达 74.2 mm,暴雨造成泥石流等洪灾险情。但洪灾也不全是由降水导致的,由于汉源县地处川滇南北地震带,山谷狭窄陡峭,地震引发洪水的可能也是存在。1786 年 6 月由于地震引发泸定县、汉源清溪镇等地山崩堵河,高出平常水面 100 m 余,壅水 10 d 后洪水以建瓴之势直冲汉源。该次洪灾水量大、流速快,给沿流各地带来空前劫难。文献载称,汉源县田庐皆成蛟龙之窟,水退一片白沙[32]。地震引发河道堵塞、山体滑坡导致的河水漫堤、溃坝性大洪水,或还带来严重灾难的事件史有记载,但不是清代洪水频发的主因。

3.4 洪涝灾害的人为原因分析

引发洪灾的成因很复杂,除太阳活动、气候变化、地震引发洪水等外在致灾因子外,人为作用加剧了洪灾受灾程度这一现象亦应重视。历史上大渡河流域森林资源十分丰富,尤其是古楠木和杉木最为有名,大部分地区是原始森林所覆盖,史载有云:“山林参天,岚雾常晦”。历史上各地大兴土木,修筑宫廷、园林等所用木材,汉源地区就是四川省的主采区。清代中期以后该地区由于受商业性滥砍滥伐、毁林开荒、毁林烧碱、屯垦等掠夺性破坏,川内伐木公司遍地开花,至清末民初森林覆盖率仅 40%上下[33]。森林等资源锐减,荒地日多,水源无从涵养。清道光年间四川省人口已经由清初期的 7.00×10^7 人口增加到了 3.00×10^8 多。人地矛盾日益突出,加上玉米、马铃薯等高产农作物在大渡河流域的推广,山地移民、山地垦殖也达到高峰[34]。人口增长、农业垦殖、森林破坏等人为无序开发使本地区水旱灾害机率大增。

4 结 论

采集清代大渡河干热河谷区汉源县洪灾等史料,对所得数据进行数理分析,从洪灾等级、周期规律及成因等角度分析其变化特征。

(1) 清代汉源县洪涝灾害共计发生 55 次,平均每 4.87 a 就有 1 次。其中轻度洪灾 8 次,占洪灾总数的 14.55%;中度洪灾 33 次,占洪灾总数的60.00%;大洪灾为 12 次,占洪灾总数的 21.82%;特大洪灾为 2 次,占洪灾总数的 3.64%。中度及以上洪灾发生比率高达 8 成以上,危害严重。

(2) 从清代早期到晚期,汉源县洪灾呈波动增加的趋势且有明显的阶段性。1644—1739 年和 1770—1809 年是洪灾少发期,1740—1769 年和 1810—1911 年是洪灾高发期,清代晚期发生频率最高。其中又以夏、春洪灾为主。

(3) 清代汉源县洪灾显著存在约 5 a,10 a 的震荡周期。清代该区重大连续性洪灾事件发生了 5 次,分别发生在 1759—1761 年、1811—1813 年、1824—1826 年、1868—1871 年和 1893—1896 年,且大都是中度洪灾。

(4) 汉源县洪灾与太阳黑子数关系密切,在太阳黑子极值年前后洪灾发生机率极大。ENSO 事件也是该地区洪灾的主要驱动因子之一,ENSO 冷暖事件转换时降水变率大,洪灾多发。该地区洪灾周期与太阳黑子、ENSO 周期呈现出显著一致性。汉源县洪涝灾害多发生于西南夏季风活动加强的时期。清代中

期以后的人口增长、农业垦殖、森林破坏等人为无序开发又加剧洪灾频次和严重程度。

[参 考 文 献]

[1] 赵宗慈,罗勇,王绍武,等. 全球变暖中的科学问题[J]. 气象与环境学报,2015,31(1):1-5.

[2] 王绍武,黄建斌,闻新宇. 古气候的启示[J]. 气象,2012,38(3):257-265.

[3] 秦大河. 气候变化科学与人类可持续发展[J]. 地理科学进展,2014,33(7):874-883.

[4] 吴绍洪,黄季焜,刘燕华,等. 气候变化对中国的影响利弊[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(1):7-13.

[5] 万红莲,宋海龙,朱婵婵,等. 明清时期宝鸡地区旱涝灾害链及其对气候变化的响应[J]. 地理学报,2017,72(1):27-38.

[6] 张蓓蓓,王朋,文彦君,等. 明清时期关中地区干旱灾害时空特征及其对小冰期气候变化响应研究[J]. 水土保持研究,2018,25(3):105-111.

[7] 李兴宇,毕硕本,李栋梁,等. 1616—1911 年河南省异常洪涝灾害的时空特征及其成因[J]. 气象科学,2017,37(3):348-358.

[8] Zhao Y, Shi J, Shi S, et al. Tree-ring latewood width based July-August SPEI reconstruction in South China since 1888 and its possible connection with ENSO[J]. Journal of Meteorological Research, 2017,31(1):39-48.

[9] 李敏敏. 长江流域旱涝灾害的统计灾害学研究[D]. 西安:陕西师范大学,2014.

[10] 虞泽荪. 初论金沙江、雅碧江 、大渡河谷干旱河谷灌丛特点[J]. 南充师院学报:自然科学版,1980,1(4):69-75.

[11] 汉源县志编纂委员会. 汉源县志[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994.

[12] 四川省气象局编. 四川省近五百年旱涝史料[M]. 成都:四川省气象局资料室,1978.

[13] 詹兆渝. 中国气象灾害大典·四川卷[M]. 北京:气象出版社,2006.

[14] 水利部长江水利委员会. 长江流域水旱灾害[M]. 北京:水利水电出版社,2002.

[15] 张萍. 明清时期岷江流域水旱灾害初步研究[D]. 重庆:西南大学,2014.

[16] 彭维英,殷淑燕,朱永超,等. 历史时期以来汉江上游洪涝灾害研究[J]. 水土保持通报,2013,33(4):289-294.

[17] 宁应城. 长江上游历史洪枯水题刻调查及应用[J]. 人民长江,2013,44(11):14-17.

[18] 施雅风,姜彤,苏布达,等. 1840 年以来长江大洪水演变与气候变化关系初探[J]. 湖泊科学,2004,16(4):289-297.

[19] 葛全胜,刘路路,郑景云,等. 过去千年太阳活动异常期的中国东部旱涝格局[J]. 地理学报,2016,71(5):707-717.

[20] 张强,姜彤,吴宜进. ENSO 事件对长江上游 1470—2003 年旱涝灾害影响分析[J]. 冰川冻土,2004,26(6):691-697.

[21] 孙金岭,何元庆,何则,等. 基于 Morlet 小波的清代民国河西走廊洪涝灾害与气候变化研究[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(1):60-65.

[22] 郑晓东,鲁帆,马静. 近 50 年淮河流域旱涝与太阳黑子的关系研究[J]. 水电能源科学,2013,31(2):1-4.

[23] 曹永强,刘佳佳,高璐. 近 54 年来辽西北地区降水与太阳黑子关系研究[J]. 地理科学,2015,35(8):1027-1032.

[24] 王腾,延军平,张涛涛,等. 太阳活动与 ENSO 事件对汉江谷地旱涝灾害影响分析[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(7):107-112.

[25] 李峯,章典,裴卿,等. 中国近五百年旱涝灾害与内乱关系的定量分析[J]. SCIENTIA SINICA Terrae, 2017,47(12):1395-1405.

[26] 王绍武,龚道溢. 近百年来的 ENSO 事件及其强度[J]. 气象,1999,5(1):8-13.

[27] 时光训,刘健,马力,等. 1970—2014 年长江流域极端降水过程的时空变化研究[J]. 水文,2017,37(4):77-85.

[28] 姚檀栋,段克勤. 达索普冰芯积累量记录和过去 400 a 来印度夏季风降水变化[J]. 中国科学:D 辑,2000,30(6):619-627.

[29] 陈家其,施雅风,张强,等. 从长江上游近 500 年历史气候看 1860 年、1870 年大洪水气候变化背景[J]. 湖泊科学,2006,18(5):476-483.

[30] 马利华,韩延本,尹志强,等. 印度夏季风降水周期性研究[J]. 自然灾害学报,2007,16(1):23-26.

[31] 魏军,毕硕本,颜停霞,等. 1640—1909 年长江下游地区冬季冷暖特征研究[J]. 自然灾害学报,2015,24(2):136-146.

[32] 林汀水. 一七八六年大渡河的地震洪水考察[J]. 厦门大学学报:哲学社会科学版,1983(1):74-77.

[33] 林鸿荣. 历史时期四川森林的变迁(续)[J]. 农业考古,1986(1):240-248.

[34] 朱圣钟. 历史时期四川凉山地区森林植被的变迁[J]. 中国历史地理论丛,2007,22(2):43-52.