

民国时期西南地区疫灾分布格局 及与气温变化的关联性研究*

郭艺澍, 殷淑燕

陕西师范大学地理科学与旅游学院, 陕西 西安 710119

摘要: 基于《中国三千年疫灾史料汇编》中民国卷的全国疫灾史料, 提取整理出西南地区各县域逐年疫灾发生的时间序列并进行空间分布可视化。结合英国东英吉利大学(University of East Anglia)气候研究中心(Climatic Research Unit, CRU)提供的逐月气温数据集 CRU TS v.4.05, 利用 Mann-Kendall 突变检验、Sen 斜率、热点分析及相关分析等方法研究气温变化、疫灾事件以及两者之间的关联性。结果表明: ① 民国时期西南地区每年均有疫灾发生, 共发生疫灾 4 170 次, 平均每年约发生 110 次; 波及共计 3 256 县次, 平均每年约发生 86 县; 民国后期疫灾程度严重, 频次与县次均呈现波动上升趋势, 具有同步性; ② 平均温度整体表现为波动上升, 空间分布上自东南向西北方向逐级递减, 绝大部分为逐年上升趋势; ③ 疫灾频次与温度具有显著正相关, 夏秋疫灾多发, 冬季少发; 空间上有 75.16% 的研究区疫灾累积年数与平均气温呈现正相关, 说明高温环境有利于疫灾的流行。④ 气温突变和波动幅度对疫灾的发生具有显著的影响, 气温波动幅度大时, 疫灾发生较多。

关键词: 疫灾; 时空分布; 平均温度; 民国时期; 西南地区

中图分类号: P954; K928 文献标志码: A 文章编号: 2097-0137(2023)03-0057-11

Distribution pattern of epidemic disasters and its correlation with temperature change in Southwest China during the Republic of China period

GUO Yishu, YIN Shuyan

School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China

Abstract: Based on the historical data in the Annals of Epidemics in China over the past 3 000 years, the time series of epidemic disasters during the Republic of China period in each county in Southwest China was extracted and sorted out, and the spatial distribution was visualized. By integrating the monthly temperature data set CRU (Climatic Research Unit) TS v.4.05, Mann-Kendall mutation test, Sen slope, and hot spot analysis, we investigated the correlation between temperature change and epidemic events. The results showed that: 1) Epidemic disasters occurred every year in Southwest China, with a total of 4170 epidemics, about 110 epidemics per year on average in the period of the Republic of China. A total of 3256 counties were affected, with an average of 86 counties per year. In the later time of the Republic of China period, the severity of epidemic disasters increased, and the frequency and affected areas simultaneously rose with some oscillations. 2) The average temperature decreased gradually from southeast to northwest in spatial distribution and increased overall temporarily with small fluctuations. 3) There was a significant positive correlation between the frequency of epidemics

* 收稿日期: 2022-07-27

录用日期: 2022-11-08

网络首发日期: 2023-02-27

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金(18YJA770021); 国家自然科学基金(41771110)

作者简介: 郭艺澍(1999年生), 女; 研究方向: 环境变化与自然灾害; E-mail: camelliaguo99@163.com

通信作者: 殷淑燕(1970年生), 女; 研究方向: 气候变化与自然灾害; E-mail: yinshy@snnu.edu.cn

and temperature. Epidemics occurred frequently in summer and autumn and occasionally in winter. The cumulative years of epidemics were positively correlated with air temperature in 75.16% of the study areas, indicating that a high-temperature environment was conducive to epidemics. 4) The abrupt change and fluctuation range of temperature have significant influence on the occurrence of epidemic disaster. When the temperature fluctuation range is large, epidemic disaster occurs more.

Key words: epidemic disasters; spatial and temporal distribution; average temperature; the Republic of China period; the southwest region

疫灾是指由病毒、细菌、寄生虫等引起的急性、烈性传染病大规模流行所导致的生物灾害,是人类面临的所有自然灾害中顶级的灾害(Gong et al., 2020; 王晓伟等, 2021)。中国是一个历史悠久且疫灾多发的国家(孙关龙, 2004; 刘静等, 2016),早在殷商时代,传染病就有在人类社会传播的记录(龚胜生, 2003),明清时期疫灾程度不断加强,至民国时期达到顶峰。历史上对于疫灾的研究成果也较为丰富(Yue et al., 2018; 仇立慧等, 2007),主要集中在两方面:一是对疫灾的分布格局与环境的相关性研究,如王晓伟等(2021)通过主成分分析法研究北宋时期中国疫灾的环境因素贡献率,结果显示气候因子为第二主成分且温度与疫灾呈现出显著相关性;龚胜生等(2021)探讨中国3000年疫灾的影响因素,用一定数量的空间站点的历史疫灾年数与现代年均气温进行相关分析,结果显示高温地区疫灾相对多发;李孜沫(2020)利用地理探测器与相关分析等方法考察不同地理环境因素对清代疫灾分布的影响强度;二是对疫灾时空分布及灾害链研究,如赵宇莲等(2021)利用空间插值等方法探讨疫灾发生的时间与空间分布特征,并通过灾害链分析疫灾发生的过程;张崇旺(2008)发现江淮地区的疫灾往往和严重的水旱蝗灾害有关联。国外主要针对近代疫灾与气象和环境等要素的相关关系进行研究,认为极端气候事件的发生与气候变化会对传染病暴发和传播产生影响(Patz et al., 1996)且热带是寄生虫病和病毒性传染病最主要的疫源地(Gould et al., 2009; Greer et al., 2008)。Lee et al.(2017)通过建立 logistic 回归模型分析乌干达西尼罗河地区鼠疫病例与气候因子的关系,得到高温高湿的环境下更利于鼠疫的流行;Rodó et al.(2002)发现在1980—2001年 ENSO 日趋活跃,孟加拉海湾霍乱持续流行且强烈;Urashima et al.(2003)采用逐步回归分析方法建立最佳拟合模型模拟东京每周天

气状况与流感病例的关系,发现病例数与每周最高气温大于或等于 10 °C 的天数呈负相关,说明疫灾的流行与气温之间存在一定的关联性。但以上研究中疫灾发生与气温的关系在地理空间上仍缺乏量化的描述,目前国内学者对民国时期西南地区疫灾研究较少,且一直以来在研究气候与疫灾的关联性在数据上均采用重建的温度距平数据,空间分布上缺乏整体的表征与探讨,对疫灾研究的深入和精细化仍很有必要。基于像元尺度的 CRU 数据(Harris et al., 2020)可以更清晰全面地对疫灾与温度进行空间可视化关联分析。故基于此,本文通过分析西南地区的逐年温度变化并建立疫灾发生序列,对其进行空间统计分析,着重在地理尺度上探讨二者的相关程度,以深入揭示民国时期西南地区疫灾发生的规律及与区域温度的关联,以期对人类社会疫灾的防治提供参考价值 and 历史借鉴意义。

1 材料与研究方法

1.1 研究区概况

在历史发展阶段中,民国时期由于政治变革和战乱频繁,西南地区的行政区划和范围不断发生变化。此外,各学者对西南地区的地域划定存有诸多争议,不仅存在“大小西南”之说法,也有“西南七省”(川、康、滇、黔、桂、湘、粤)、“西南六省”(川、康、滇、黔、桂、湘)、“西南五省”(川、康、滇、黔、贵)、“西南四省”(川、康、滇、黔)等说法(吴雨, 2019; 张文涛, 2011)。西康省建于民国后期1939年,在1955年撤销,存在时间较短且该地区与今四川省部分地区有所重叠,对于该地的疫灾记录也很少。由于区划不一致且不断发生变化,本文以我国现代行政区划为标准进行分析。本文所研究的西南地区包括四川省、重庆市、云南省、贵州省、广西壮族自治区,以“县”作为最小区划单元进行统计。

1.2 数据来源与处理

本文的疫灾史料记录来源于《中国三千年疫灾史料汇编》中的民国卷部分(龚胜生, 2019), 该汇编搜集了正史、方志、档案、实录、文集、医案和近代报刊中的疫灾史料, 是迄今最为完备的中国疫灾史料数据库(龚胜生, 2020)。根据发生时间、县域和灾种等相关汇编资料得到民国时期西南地区的疫灾记录共计506条, 建立疫灾序列并在ArcMap10.6进行可视化, 起始时间为1912年1月1日, 结束时间为1949年9月30日。

气温数据下载于英国东英吉利大学(University of East Anglia)气候研究中心(CRU, climatic research unit)自1901年起提供的逐月气温数据集CRU TS v.4.05(Harris et al., 2020)。CRU TS是目前使用最广泛的气候数据集之一, 分辨率为 0.5° 。将数据进行投影转化、栅格裁剪后转化为点要素, 利用反距离权重插值法(IDW, inverse distance weighted)空间插值, 分辨率为1 km, 得到1912—1949年的逐年平均温度、夏季温度、最高温度和最低温度栅格影像。

由于地方志等史料中许多年份与县域仅有疫灾种类的记载, 关于疫灾发病人数和死亡人数的记载并不够详尽无法精确统计, 而县次与频次的记载更为全面和准确, 故使用疫灾频次、疫灾县次、疫灾年数与疫灾累积年数进行分析。疫灾频次指每年各县内疫灾一共发生的次数。疫灾县次即在一定的时期研究区内发生疫灾的各县数之和, 一年中如有 ≥ 2 次疫灾发生于该县均计为1县次。疫灾年数指某一时段内“疫灾之年”的累积个数, 只要某年有一个县域或一支军队有疫灾流行, 则确定该年为疫灾之年。以年为单位统计疫灾发生年数时, 一年中如有 ≥ 2 次疫灾发生均计为1年。疫灾累积年数指自1912年起至当年期间逐年发生疫灾次数的累积值, 以各县域为行政单元统计。

1.3 研究方法

1.3.1 Theil-Sen Trend 趋势法 采用该趋势法计算线性趋势, 这种方法的优点是它对异常值不敏感, 因此对于倾斜和异方差数据, 它比简单的线性回归更准确, 常被用于长时间序列数据的趋势分析中(Sen, 1968)。

$$\beta = \text{median}\left(\frac{x_j - x_i}{j - i}\right), \forall j > i, \quad (1)$$

式中 β 为平均气温趋势; i, j 是时间序数; x_j 和 x_i

是平均气温分别在时间 i, j 上的取值。 $\beta > 0$ 表示平均气温呈现上升趋势; $\beta < 0$ 表示呈现下降趋势。对趋势的显著性进行Mann-Kendall非参数检验(Hamed, 2008)。

1.3.2 Mann-Kendall 突变检验法 采用Mann-Kendall突变检验法对气温变化序列进行突变分析(符淙斌等, 1992)。设平均气温时间序列温度值为 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, m_i 为第 i 个样本 x_i 大于 x_j ($1 \leq j < i$)的累积数, 定义统计量

$$d_k = \sum_{i=1}^k m_i, \quad 2 \leq k \leq N. \quad (2)$$

在原序列随机独立等假设下, d_k 的均值

$$E(d_k) = k(k-1)/4,$$

方差

$$\text{var}(d_k) = k(k-1)(2k+5)/72,$$

将 d_k 标准化, 得到平均温度原序列构造的统计量

$$UF_k = \frac{d_k - E(d_k)}{\sqrt{\text{var}(d_k)}}, \quad (3)$$

式中 UB_k 为平均温度原序列的反序列构造的统计量, 给出显著性水平 α (取 $\alpha=0.05$, $U_{0.05}=1.96$), 作Mann-Kendall检验曲线。若 $UF > 0$, 则表明序列呈上升趋势; 若 $UF < 0$, 则表明序列呈下降趋势。若 $|UF| > U_{0.05}$, 则表明变化趋势显著。当 UF 和 UB 两条曲线出现交点且交点处于临界线之间时, 交点对应的的时间即为突变初始的时间。

1.3.3 空间聚类及冷热点分析 空间自相关是指观测变量在空间上的依赖性, 即空间位置相近的变量是否具有相似或相反的变化趋势, 最常用的统计量为Moran's I 指数。本文通过计算民国时期西南地区疫灾局部莫兰指数(Local Moran's I)与Getis-Ord指数 G_i^* 对西南地区疫灾分布进行聚类分析及冷热点识别。局部莫兰指数可以很好地表示空间相似性(空间聚类)或差异性(空间离群点)(张松林等, 2007); Getis-Ord指数 G_i^* 是一种基于距离权矩阵的局部空间自相关指标, 能探测高值聚集和低值聚集(高杰等, 2009), 高值聚集区称为热点, 低值聚集区称为冷点。计算公式为

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} X_j}{\sum_{j=1}^n X_j}, \quad j \neq i, \quad (4)$$

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{Var}(G_i^*)}}, \quad (5)$$

式中 X_j 为区域 j 的观测值, $E(G_i^*)$ 和 $\text{Var}(G_i^*)$ 分别是 G_i^* 的数学期望和方差, W_{ij} 是以距离规则定义的空间权重。如果 $Z(G_i^*)$ 为正且显著, 表明位置 i 周围

的值相对高于均值,属高值空间集聚(热点);反之,如果 $Z(G_i^*)$ 为负且显著,则表明位置 i 周围的值相对低于均值,属低值空间集聚(冷点)。

2 结果与分析

2.1 民国时期西南地区的疫灾发生特征

2.1.1 年代际变化特征 整体来看,民国时期38年间,西南地区年年都发生疫灾。对疫灾发生的频次与县次进行统计,得到疫灾频次与县次变化(图1)。该时期西南地区疫灾波及的县次共计3256县次,平均每年有86个县发生疫灾。其中1920、1939、1942和1945年发生的县次较多。对其进行5年滑动平均分析,总体呈现“上升-下降-

上升-下降”的波动变化趋势。1935—1947年间除1941年外均超过100次以上,疫灾发生越来越严重,1942年达到最高,该年共有207个县发生疫灾。整体上疫灾波及范围越来越广。

在频次方面,1912—1949年西南地区共发生疫灾4170次,平均每年发生110次。发生频次与县次的变化趋势大体相同,均呈“升-降-升-降”波动上升趋势,从1930年左右急剧上升,到1942年达到最高峰。按省级行政区划分,无论从频次还是县次来看,广西>四川>云南>贵州>重庆。其变化趋势基本与西南地区总体变化趋势一致。民国中后期疫灾县次和频次整体要高于前期,呈现波动上升趋势,说明期间西南地区疫灾频发且范围迅速扩大。

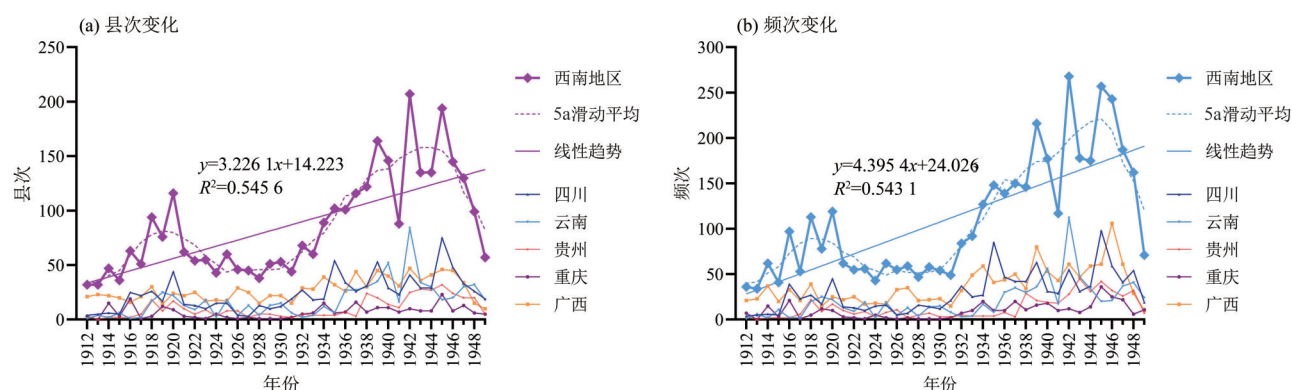


图1 民国时期西南地区疫灾县次和频次变化曲线

Fig. 1 Change curve of epidemic-stricken counties and frequency in Southwest China during the Republic of China period

2.1.2 疫灾发生年数的空间分布差异 进一步分析疫灾的空间分布,统计民国时期西南地区各县的疫灾发生年数进行空间结构表征,通过自然断点法进行分级得到疫灾发生年数分布图(图2a)。可以看出,民国时期38年期间疫灾发生年数为3~5年的县所占比例最高,约占总县数的31.69%,广西壮族自治区最多;24.77%的县发生年数为0~2年,集中分布在四川省的面积较大,以自治州居多。疫灾发生29~34年的全部分布在广西壮族自治区,南宁市所占最多,梧州市次之。整体上发生年数较高的县都集中在广西,其余省份以适中为主。

对疫灾发生累积年数进行趋势分析,依据自然断点法将逐年增长速率划分为“低-较低-中-较高-高”的等级,得到疫灾发生累积年数增长速率(图2b),可知与疫灾发生年数分布较为一致。增长速率等级高的区域占研究区面积的3.14%,主要位于昆明市、南宁市、玉林市、梧州市、重庆市

涪陵区等;巴中市、遂宁市、柳州市以及桂林市也有少数县分布。增长速率较低的区域分布最广,约为研究区面积的35.26%。

2.1.3 疫灾空间聚类分布及冷热点识别 疫灾具有群发性、传播速度快且流行范围广等特点,在空间分布上较容易产生聚集。对疫灾发生累积年数进行空间聚类分析和冷热点分析得到图3。可见空间聚类显著区域和疫灾冷点、热点地区分布规律基本一致,大多分布在研究区沿西北-东南的对角线及其两侧,且为省之间的接壤地带。高高聚集类型和热点地区在研究区东南,全部位于广西壮族自治区,说明广西为疫灾多发地带,且一旦发生就会引起大范围流行;低低聚集类型和冷点区域主要分布在研究区西北部、云南省东北部以及贵州省西南部,这可能由于这些地方都是位置偏僻的高山林地地区,海拔较高且交通不便、人口稀少,不利于疫灾的传播。

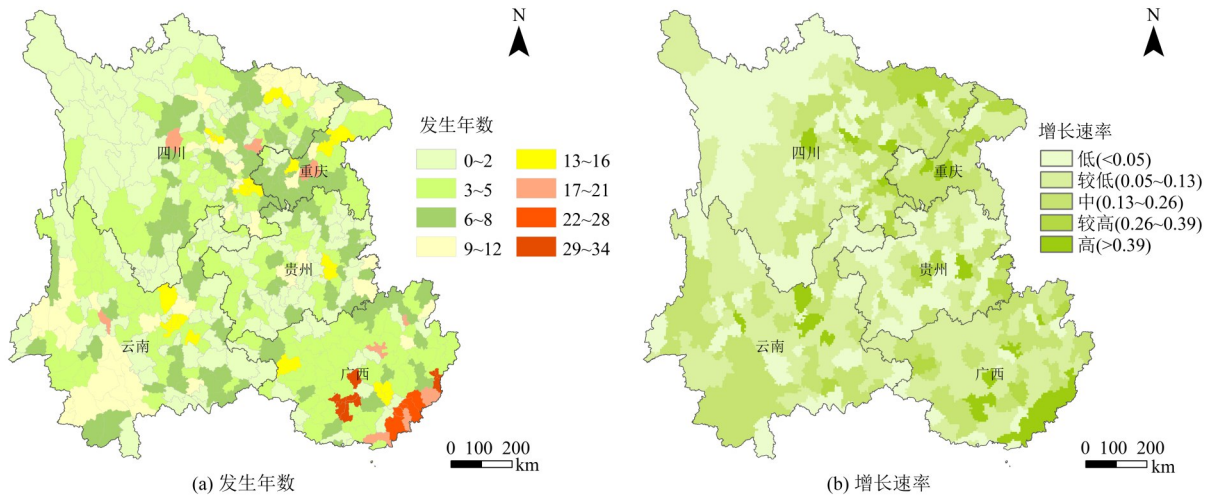


图2 民国时期西南地区疫灾发生年数空间分布与累积年数增长速率

Fig. 2 Spatial distribution and cumulative growth rate of epidemic years in Southwest China during the Republic of China period

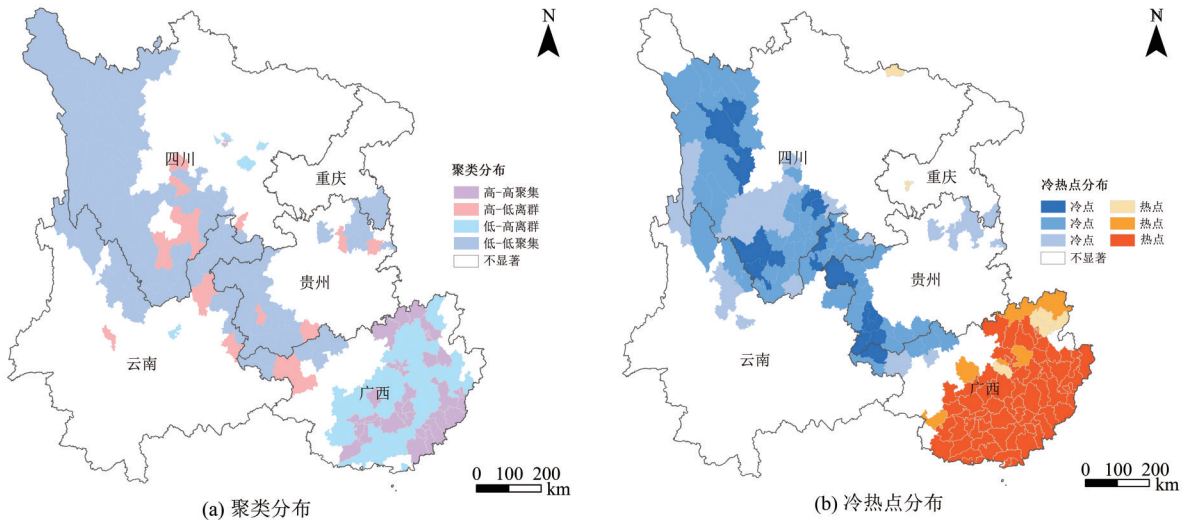


图3 民国时期西南地区疫灾发生年数空间聚类及冷热点分布

Fig. 3 Spatial clustering of epidemic years and distribution of cold hot spots in Southwest China during the Republic of China period

2.1.4 疫灾的季节变化 进一步探究疫灾的季发性规律, 从中提取出有季节记载的疫灾记录共1269条。结果显示民国时期西南地区每年都有疫灾发生, 故按各县发生的频次统计作为总频次。其中一年中疫灾波及一个季节的共发生1251次, 其中春季238次, 夏季404次, 秋季329次, 冬季71次; 一年内2个季节都出现的共168次, 其中春夏35次, 夏秋117次, 秋冬16次; 一年3个季节共发生16次, 全年4个季节都发生疫灾共3次。这说明夏季和秋是江南地区疫灾最严重的季节, 约占全年疫灾县数3/4; 春季次之, 冬季最少, 占比<1/10。夏季是在整个民国时期各省疫灾发生频次最多、危害最严重的季节。四川省的疫灾发生频

次最多, 一是由于其面积范围广, 县域数量多; 二是季节记载较为详细。且四川省疫灾多发生于东南地带而西北地区稀少, 这可能是由于四川省的西部分布有川西高原和横断山脉, 气候寒冷, 环境恶劣, 人口稀少, 故不利于疫灾的流行。广西壮族自治区面积和县数都相对小于四川省, 同时也小于云南省, 有季节记载的疫灾频次程度却仅次于四川省。这是由于广西纬度低, 温度相对高, 霍乱为广西发生频次最多的疫灾, 且霍乱多流行于4~10月, 即夏秋两季, 故广西的疫灾流行程度严重(图4)。

2.2 民国时期西南地区的平均气温特征

2.2.1 时空分布特征 民国时期(1912—1949)西

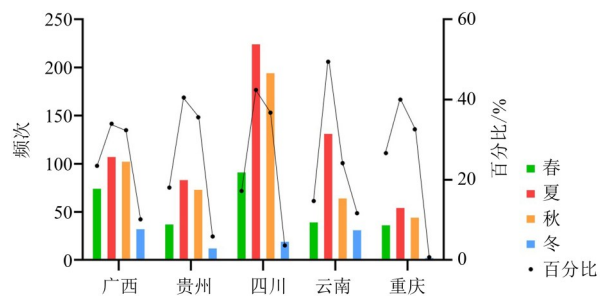


图4 民国时期西南地区各季节疫灾发生频次及百分比

Fig. 4 Frequency and percentage of epidemic disasters in different seasons

南地区的平均气温为 13.77°C (图 5a), 整体呈现出上升趋势, 波动变化较为明显。平均每 10 年上升 0.1514°C , 且达到了显著性上升水平。脉冲状波动特征较明显。其中 1914、1923、1928、1933、1942 和 1946 年的平均温度都达到了较之前年份的新波动高峰, 最高平均温度发生在 1946 年, 为 14.60°C 。而温度波动的波谷发生在 1913、1917、

1920、1925、1936 和 1944 年。从发生的各省区来看, 整体也均呈现逐年波动上升趋势。在空间分布上, 西南地区的平均气温呈纬度地带分异规律, 自东南向西北方向逐渐递减。广西纬度最低, 整体平均温度最高, 为 20.31°C ; 四川纬度较高且山区林地较多, 平均温度最低, 为 9.08°C 。云南、重庆和贵州三省年平均气温相差较小, 基本都维持在 15.60°C , 且变动趋势也相近。可以看出, 1912—1949 年各省的年平均温度变化趋势与西南地区整体的变化趋势基本接近。

1912—1949 年西南地区年平均气温进行 Mann-Kendall 突变分析的结果见图 5b。由图可见, UF、UB 这两条曲线在 1920 年出现了交点, 且交点在显著性水平检验 ($\alpha=0.05$) 的临界线之内, 表明 1920 年为研究区年均气温升高的突变点, 西南地区年在 1920 年有暖突变, 这与北半球和全球气温序列的突变趋势大体一致, 西南地区在此时期温度变暖。

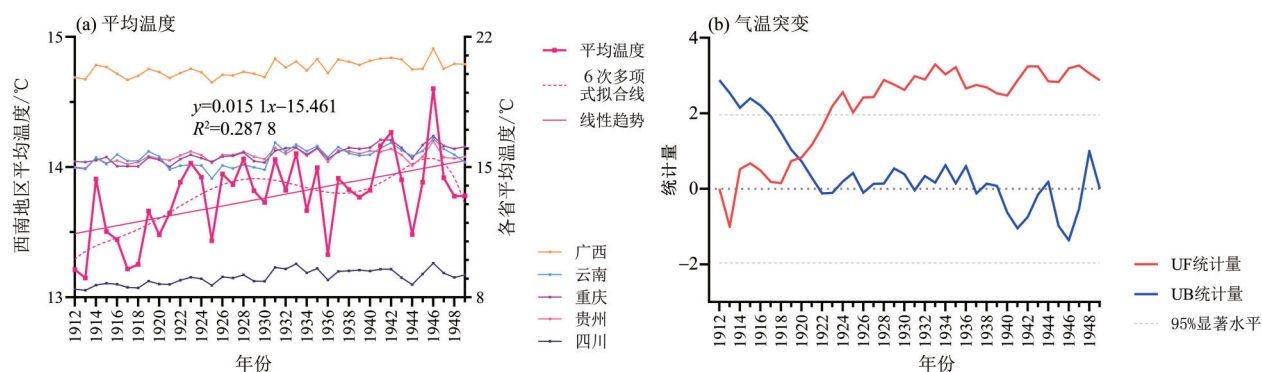


图5 民国时期西南地区年平均温度变化及气温突变曲线

Fig. 5 Annual mean temperature change and abrupt temperature curve in Southwest China during the Republic of China period

2.2.2 空间变化趋势 民国时期 38 年平均气温空间分布如图 6a 所示, 可见自东南向西北逐渐递减。对 1912—1949 年逐年平均温度进行变化趋势的显著性水平(即 p 值)和 Sen 斜率的计算。依据 p 值将西南地区平均温度划分为极显著变化趋势区域、显著变化趋势区域和不显著变化区域(图 6b), 图 6c 显示趋势的斜率。结果表明, 约 50.02% 和 1.58% 的研究区域呈极显著上升和极显著下降趋势 ($p<0.01$), 9.15% 和 1.36% 的研究区域呈显著上升和显著下降趋势 ($p<0.05$); 其中广西除了百色市以外几乎所有的城市温度呈极显著上升趋势, 四川、重庆和贵州的东部以及云南的西部和南部也呈现极显著上升的趋势。相比之下, 研究区显著

下降的区域较少, 在云南临沧、红河, 四川甘孜藏族自治州以及广西百色等有分布。其中贵州六盘水显著下降区域面积占本市区的比例最高, 几乎 1/3 的市区都呈现温度逐年下降趋势。约 37.90% 的研究区域不具有显著性变化 ($p>0.05$), 主要分布在四川省的西部和南部部分区域, 云南省东部以及贵州省的西部。可以看出, 民国时期西南地区的平均温度在空间上通过显著性检验的大部分区域呈现出逐年上升的趋势, 温度升高。

从变化幅度来看, 平均温度集中上升速率快的区域 ($\text{Sen}>0.1$) 仅出现在云南和四川, 其中大理市在此期间温度升高最快 ($\text{Sen}=0.16$)。平均温度变化幅度最大的区域出现在甘孜藏族自治州 ($\text{Sen}=-$

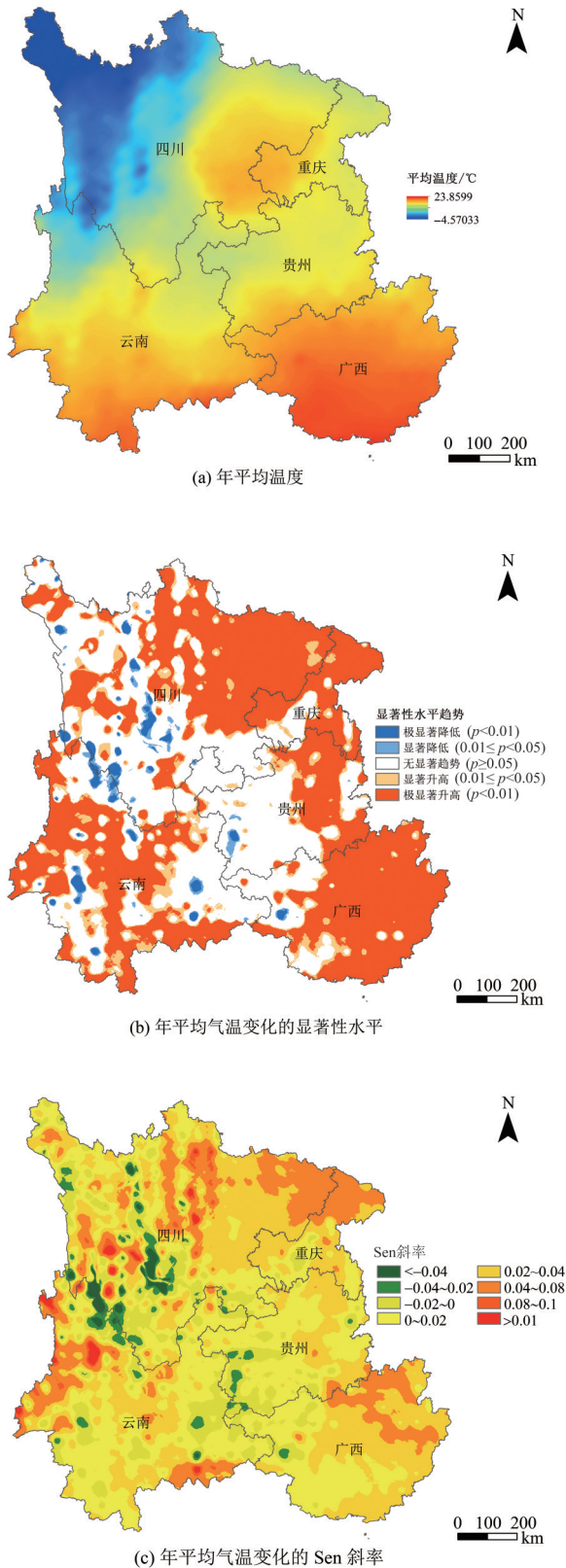


图6 民国时期西南地区年平均气温空间分布及变化趋势
 Fig. 6 Spatial distribution and variation trend of annual mean temperature in Southwest China during the Republic of China period

-0.21), 该地区温度下降趋势幅度较大。变化幅度低(Sen=-0.02~0.02)的区域最多, 约占研究区面积的49.4%, 主要集中在研究区中部和西南部。

2.3 气温变化与疫灾的时空关联

2.3.1 气温变化与疫灾发生的相关性分析 为进一步探究西南地区气温与疫灾的关系, 对各省份分区域和整体的年平均温度和疫灾县次、频次进行相关性分析, 结果见表1。疫灾县次与频次均与气温呈现正相关, 其中广西壮族自治区、四川省疫灾发生县次和频次与年平均气温呈现极显著相关($p<0.01$), 广西疫灾频次与气温相关性最强($r=0.550$), 可见高温地区对疫灾的发生与传播起到促进作用。云南省通过了0.05显著性水平检验, 贵州省县次与频次均未通过显著性水平检验, 可能是当时还受除自然因素以外的要素影响, 如民国时期贵州经济基础薄弱, 常常要依附邻省的滇系等军阀势力, 社会环境混乱使得当疫灾发生时不能有效地控制进而传播迅速。总体来看, 疫灾频次对平均温度的相关性更为显著, 除贵州省外均通过了显著性水平检验, 且呈现正相关, 说明随着温度升高, 疫灾发生频次增加, 疫灾的传播更为广泛迅速。

表1 疫灾发生县次、频次与平均温度的相关系数¹⁾
 Table 1 Correlation coefficients between county and frequency of epidemic disasters and average temperature

区划	县次	频次
四川省	0.451**	0.485**
重庆市	0.296	0.474**
贵州省	0.164	0.175
云南省	0.354*	0.376*
广西壮族自治区	0.459**	0.550**
西南地区	0.300	0.369*

1) **表示在0.01水平(双侧)上显著相关; *表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

在 ArcGIS10.6 中, 将西南地区 1912—1949 年各县域累积疫灾年数的矢量数据转化为栅格数据(分辨率 1 km), 使温度的像元与疫灾的行政区相匹配。再将疫灾年数与经过空间插值的逐年平均温度、最高温度、最低温度和夏季平均温度进行相关性分析。空间分布如图 7 所示, 疫灾累积年数与平均气温的相关系数在-0.89~0.91 之间, 空间平均相关系数为-0.17, 整体呈正相关关系。疫灾累积

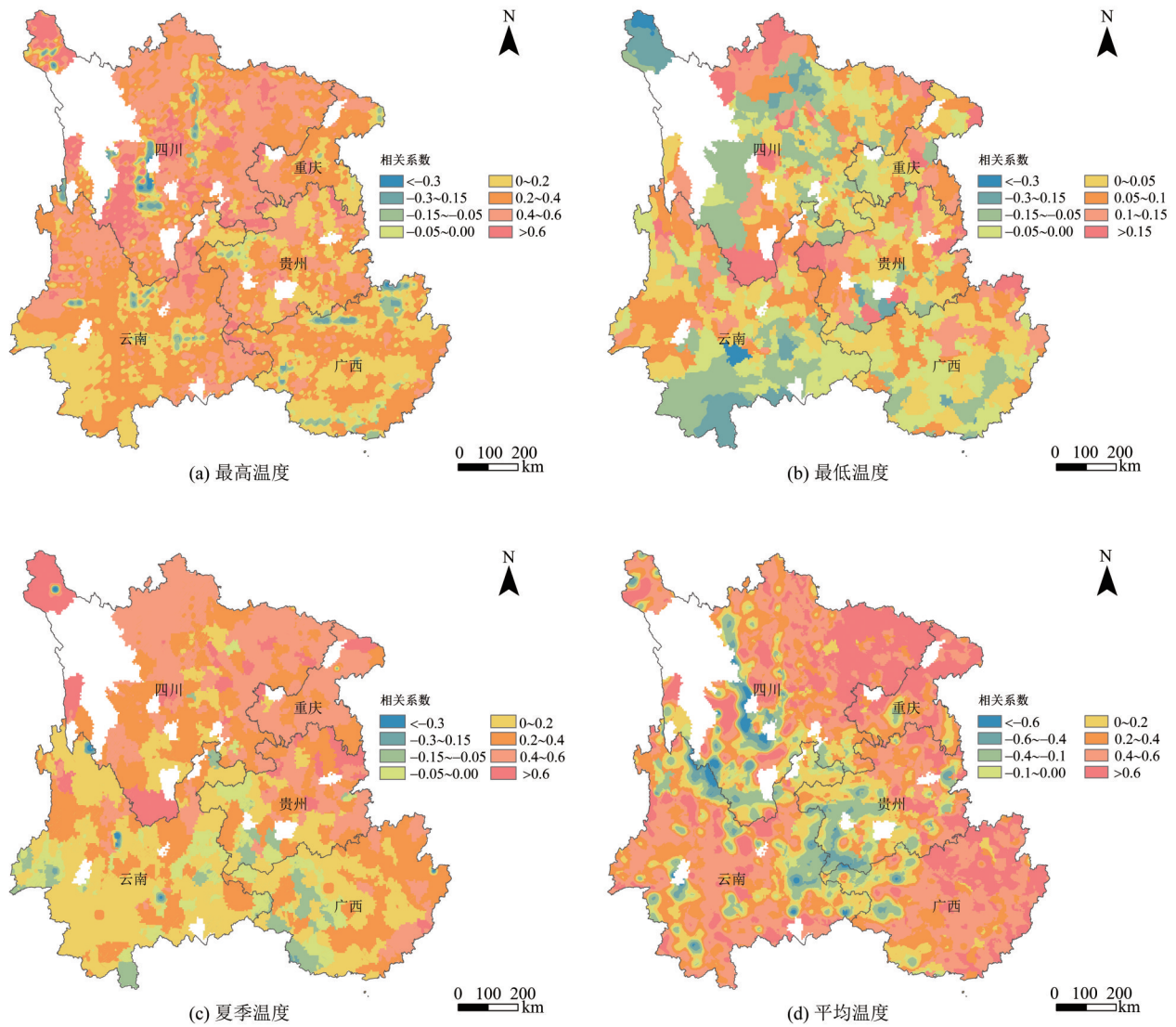


图7 民国时期西南地区疫灾发生累积年数与温度的空间相关性

Fig. 7 Spatial correlation between the cumulative years of epidemics and temperature

年数与平均气温呈正相关的面积为 102.12 万 km^2 ，占研究区总面积的 75.16%；疫灾累积年数与平均气温呈负相关关系的面积为 21.63 万 km^2 ，占研究区总面积的 15.91%。广西、重庆和四川东部绝大部分为正相关地区，主要分布在四川省的东北部、云南省西南部以及整个西南地区东部。负相关区域主要零散分布在四川西北部的甘孜藏族自治州和凉山彝族自治州的部分地区，云、川交界处的丽江市和攀枝花市，以及云、贵、桂交界处的曲靖市、六盘水市、黔西南布依族苗族自治州和百色市，这可能是由于这些地区大多处于本省海拔相对较高的地带，气候寒冷；且受政治、经济的影响各省之间人口流动不同于省内。疫灾与最高温度的关联性最大($r=0.31$)，其次为夏季温度($r=$

0.27)，与最低温度相关性最弱($r=0.014$)；且疫灾累积年数与最高温度呈正相关的范围约占整体研究区的 94.92%，与最低温度有 59.98% 的区域呈现正相关。且存在一些区域，如云南与贵州、广西的接壤地带和四川西南部等区域在平均温度下显示出负相关性而在夏季气温与最高温度下则显示出正相关性，这可能是由于夏季气温与最高温度影响更大，由于秋冬季气温变化的影响，掩盖了夏季气温与疫灾之间的正相关性。因此，疫灾累积年数与气温的正相关性更强，最高温度对疫灾发生起到促进作用，随温度的升高疫灾发生年数也增多。

2.3.2 气温突变对县次的影响 对年平均气温与县次距平进行趋势分析(图 8)，温度距平是依据逐

年西南地区的平均温度减去整体38年的平均温度而计算得出的温度序列。年平均温度以正距平为主, 县次以负距平居多。1920年疫灾县次较之前年份迅速增加, 形成第一个冲脉波峰, 且1920年为研究区年均气温升高的突变点, 西南地区年在1920年后有暖突变, 可见气温突变对疫灾县次具有影响。

从变异系数的变化情况(表2)来看, 在气候突变、变异系数较高的时期(1912—1920; 1934—1949), 气温距平呈现波动上升趋势, 整体县次也逐渐升高, 且在1912—1920年间变化显著($p < 0.01$)。尤其是气温发生暖突变的1920年, 疫灾县次增加显著; 在温度的变异系数较小的时期(1921—1934), 温度的波动相对处于一个平稳状态, 而与此阶段相对应的疫灾县次也发生较少, 可见气温突变对疫灾县次具有影响。

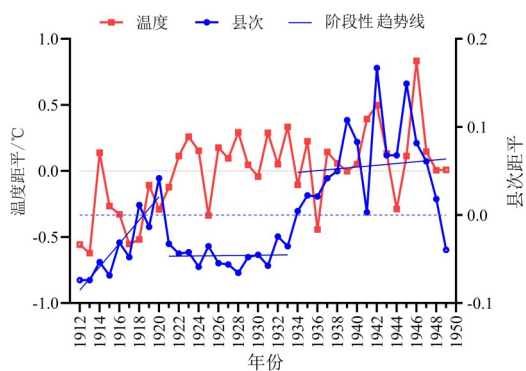


图8 民国时期西南地区气温距平与县次变化趋势

Fig. 8 The trend of county level and temperature anomaly in Southwest China during the Republic of China period

表2 民国时期西南地区温度与县次变异系数

Table 2 Variation coefficient of temperature and county level

年份区间	温度变异系数/%	县次变异系数/%
1912—1920	1.85	48.5
1921—1933	1.36	16.8
1934—1949	2.14	31.0

3 讨论

疫灾的发生往往受到多重因素的共同作用, 气温是影响疫灾发生频率与范围的重要自然因素之一。从本文研究结果来看, 民国西南地区疫灾发生年数与年均气温呈显著的正相关关系, 且高温环境疫灾更易发生, 这与龚胜生等(2020)、张涛(2015)所得出的研究结果一致。在发生季节

上, 夏、秋季是民国西南地区疫灾流行的高发期, 这与吴雨(2019)的研究结果一致, 这是因为夏、秋季节高温多雨的气候为细菌的滋生提供了温床, 加之西南地区的特殊地形, 多山区盆地, 湿热气流不易扩散易造成传染病的大规模聚集与流行。

除气温与疫灾发生频次之间具有显著相关性外, 本文研究还发现, 民国时期西南地区疫灾的发生, 与气温波动的幅度及气温的突变性之间存在一定的关系(殷淑燕等, 2012)。历史时期气候突变期、波动幅度大的时期, 各种自然灾害多发, 疫灾明显增多(刘静等, 2016)。民国西南地区气温突变发生在1920年, 这与20世纪北半球平均气温突变结果一致(刘太中等, 1995), 民国初期和末期西南地区温度急剧变化加剧了传染病的传播, 这是由于气温突变与极端气候往往会引起自然灾害(王树芬, 1995), 使得自然环境发生改变, 这种环境有利于病毒的生长和扩散, 进而形成灾害链; 且冷暖异常会降低人体免疫力从而加大患病的概率, 从而导致疫灾的发生并加快其传播, 这就是我们经常说的“大灾之后, 必有大疫”。如1936年《内江县志》载: 大旱之后, 痢疾流行。同年, 云南省大关县“夏季暴热, 异于往岁, 农忙时, 时疫痢疾流行”, 即极端异常气候所致的疫灾流行。气温变化剧烈时期, 严重的气候灾害较多, 往往又会引发社会动乱与战争(徐潇悦等, 2021; 魏柱灯等, 2014)。民国时期西南地区政治动荡, 战争频发造成人口大量死亡, 而温度对病菌的传播起到重要作用。自然要素和社会要素综合作用的结果就是无论是从深度还是广度上疫灾连年不绝, 甚至出现一些地区如景谷县自春到冬一年四季连续发生。

疫灾的发生并非仅受单一要素作用, 温度还可通过间接影响引起疫灾, 且灾种不同影响效果也不同。民国时期西南地区的疫灾种类多样, 同一种疫灾的发生频次在不同的地域也不相同, 即具有地域性。其中霍乱是所有省份最频发的灾种, 在四川、重庆和贵州则是天花。而在云南和广西, 鼠疫是仅次于霍乱发生的灾种, 这可能与云南、广西地处低纬度地区, 鼠疫历史疫区广泛分布着红壤、赤红壤和砖红壤, 尤其与赤红壤关系密切, 故特有的热带、亚热带气候造成的土壤条件有利于鼠疫菌的生成与繁衍(李寿生等, 2012)。除空间特异性外, 不同灾种的流行时间也不尽相同,

如霍乱、疟疾主要发生在夏、秋两季,脑膜炎、伤寒、天花主要在冬、春两季流行。自然疫源性疾病的流行往往受多重因素影响(张静等,2004),由此可见在疫灾发生之后,根据不同的灾种及受灾主导因素判别在哪些地区传播更快,持续时间更长,及其可能传播路径与温度和其他要素的关联是需要进一步研究的。此外,本研究在处理气温数据时对栅格数据进行了降尺度处理,虽然转点后进行了插值,且相较于之前的温度距平数据在空间上的体现更为详尽,但部分栅格数值会发生改变,整体气温分布还是存在一些不确定性,今后仍需从数据的精度与处理方法上进一步细化达到更精确的体现。在现代全球气候变暖、极端气候事件增多的背景下,自然灾害频发,与之相关的疫灾发生的可能性也会增加。相关部门要加强疫灾传播和防控机制,提高公众传染病防控意识,预防疫灾的发生和减少其发生后带来的损失。

4 结 论

通过对民国西南地区疫灾的时空分布规律与气温关联性的研究,得到以下结论:

1) 在时间上,1912—1949年西南地区的平均气温为 13.77°C ,整体呈现出逐年波动上升趋势。民国时期西南地区每年均有疫灾发生,共发生疫灾4 170次,平均每年约发生110次;共计3 256县

次,每年平均约有86个县发生。其中1920、1939、1942和1945年均为疫灾高峰期,民国后期县次、频次显著增多,整体呈现波动上升的变化趋势。

2) 民国时期西南地区平均温度空间上绝大部分为逐年上升趋势,59.17%和2.94%的研究区域呈现显著上升和显著下降趋势。疫灾热点主要聚集在广西壮族自治区,疫灾空间分布格局与研究区温度具有相似性,为东南高,西北低,且呈现对角线型的空间分布特征。

3) 疫灾发生具有季节性规律,夏、秋发生频次高,春季次之,冬季最少。疫灾频次与平均温度呈显著正相关;空间上温度高的地区疫灾发生也多,但温度增加速率快的区域并非全部是疫灾多发的地区;有75.16%的研究区疫灾累积年数与平均气温呈现正相关,且与最高温度的相关程度最高,说明高温环境有利于疫灾的流行。

4) 气温的突变与波动幅度增大会导致疫灾增多,波及范围更广。西南地区在1920年发生气温突变,县次增加;气温波动幅度较大的时期疫灾发生县次也多,而1921—1934年气温波动较为平稳,变异系数小,这一时期疫灾发生县次相对较少。在当今气候变暖背景下,我国呈现极端天气气候事件增加的趋势,对于传染病流行与疫灾的发生,应加大防范力度,降低灾害发生的可能性。

参考文献:

- 符淙斌,王强,1992.气候突变的定义和检测方法[J].大气科学,16(4): 482-493.
- 高杰,王志强,邵琦,等,2009. Ripley's L 指数与最近邻空间热点分析在流行病学标地图分析中的应用[J].山东大学学报(医学版),47(3): 89-93.
- 龚胜生,2003.中国疫灾的时空分布变迁规律[J].地理学报,(6): 870-878.
- 龚胜生,2019.中国三千年疫灾史料汇编[M].济南:齐鲁书社.
- 龚胜生,石国宁,李孜沫,2020.民国时期江南地区疫灾地理研究[J].历史地理研究,40(1): 18-30+153-154.
- 龚胜生,李孜沫,谢海超,等,2021.中国3000年疫灾流行的时空特征及其影响因素[J].地理学报,76(8): 1976-1996.
- 李寿生,梁江明,韦锦平,等,2012.广西鼠疫自然疫源地特征、性质及状况的研究[J].国外医学:医学地理分册,33(3): 151-153+158.
- 李孜沫,2020.地理环境对清代疫灾空间分异格局的影响[J].干旱区资源与环境,34(10): 78-86.
- 刘静,殷淑燕,2016.中国历史时期重大疫灾时空分布规律及其与气候变化关系[J].自然灾害学报,25(1): 137-146.
- 刘太中,荣平平,刘式达,等,1995.气候突变的子波分析[J].地球物理学报,(2): 158-162.
- 仇立慧,黄春长,2007.黄河中游古代瘟疫与环境变化的关系及其对城市发展影响研究[J].干旱区资源与环境,(4): 37-41.
- 孙关龙,2004.中国历史大疫的时空分布及其规律研究[J].地域研究与开发,(6): 123-128.
- 王树芬,1995.我国历史上的大疫及其发生规律初探[J].中医杂志,(6): 370-371.
- 王晓伟,龚胜生,李孜沫,等,2021.宋元时期中国疫灾空间格局与环境耦合研究[J].干旱区资源与环境,35(1): 70-75.
- 魏柱灯,方修琦,苏筠,等,2014.过去2000年气候变化对中

- 国经济与社会发展影响研究综述[J].地球科学进展,29(3):336-343.
- 吴雨,2019.民国时期云贵川地区疫灾流行与公共卫生意识的变迁研究[D].武汉:华中师范大学.
- 徐潇悦,殷淑燕,王洋,2021.明代江淮流域人口大量死亡事件与气候耦合关系[J].云南大学学报(自然科学版),43(2):306-314.
- 殷淑燕,黄春长,查小春,2012.论极端性洪水灾害与全球气候变化——以汉江和渭河洪水灾害为例[J].自然灾害学报,21(5):41-48.
- 张崇旺,2008.明清时期江淮地区的疫灾及救治[J].中国地方志,(2):44-53.
- 张静,汪诚信,白呼群,等,2004.三峡库区虫媒和自然疫源性疾病分析[J].长江流域资源与环境,(2):145-148.
- 张松林,张昆,2007.空间自相关局部指标Moran指数和G系数研究[J].大地测量与地球动力学,(3):31-34.
- 张涛,2015.明代疫灾时空分布及环境机理研究[D].武汉:华中师范大学.
- 张文涛,2011.民国时期西南地区林业发展研究[D].北京:北京林业大学.
- 赵宇莲,殷淑燕,刘静,等,2021.明清时期导致人口大量死亡的疫灾时空分布及灾害链研究[J].干旱区资源与环境,35(2):73-80.
- GONG S S, XIE H C, CHEN F H, 2020. Spatiotemporal changes of epidemics and their relationship with human living environments in China over the past 2200 years[J]. Science China: Earth Sciences, 63(8): 1223-1226.
- GOULD E A, HIGGS S, 2009. Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases[J]. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 103(2): 109-121.
- GREER A, NG V, FISMAN D, 2008. Climate change and infectious diseases in North America: The road ahead[J]. CMAJ, 178(6): 715-722.
- HAMED K H, 2008. Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis[J]. Journal of Hydrology, 349(3/4): 350-363.
- HARRIS I, OSBORN T J, JONES P, et al, 2020. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset[J]. Scientific Data, 7(1): 1-18.
- LEE H F, FEI J, CHAN C Y S, et al, 2017. Climate change and epidemics in Chinese history: A multi-scalar analysis[J]. Social Science & Medicine, 174: 53-63.
- PATZ J A, EPSTEIN P R, BURKE T A, et al, 1996. Global climate change and emerging infectious diseases[J]. JAMA, 275(3): 217-223.
- RODÓ X, PASCUAL M, FUCHS G, et al, 2002. ENSO and cholera: A nonstationary link related to climate change? [J]. PNAS, 99(20): 12901-12906.
- SEN P K, 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau [J]. Journal of the American Statistical Association, 63(324): 1379-1389.
- URASHIMA M, SHINDO N, OKABE N, 2003. A seasonal model to simulate influenza oscillation in Tokyo[J]. Japanese Journal of Infectious Diseases, 56(2): 43-47.
- YUE R P H, LEE H F, 2018. Climate change and plague history in Europe [J]. Science China: Earth Sciences, 61(2): 163-177.

(责任编辑 秦社彩)