

文章编号: 1671-1505(2025)03-0802-09 DOI:10.7605/gdxb.2025.01.005

## 陕西省明代饥荒的时空分布及灾害因素\*

高兴<sup>1,2</sup> 周俊俊<sup>3</sup> 王星星<sup>4</sup> 李佩韦<sup>5</sup> 吴朋<sup>1,2</sup> 张冬梅<sup>1,2</sup>

1 扬州大学中国大运河研究院, 江苏扬州 225100

2 扬州大学长江文化研究院, 江苏扬州 225100

3 海南师范大学地理与环境科学学院, 海南海口 571158

4 山西能源学院地质与测绘工程系, 山西晋中 030600

5 陕西省动物研究所, 陕西西安 710032

**摘要** 基于地方志、汇编资料、公开史料检索平台等多源资料, 提取陕西省明代(1368—1644年)饥荒发生的县次、时间特征、灾害因素等信息, 采用语义量化、统计分析、指数构建等方法分析饥荒发生的时空分布特征, 构建饥荒指数序列, 并捕捉引发饥荒的灾害因素。结果表明:(1)陕西省明代饥荒呈现出显著的阶段性及月份季节变化特征, 可以划分为1368—1420年、1421—1600年、1601—1644年3个阶段, 第3阶段饥荒发生的程度最重、范围最广泛, 在季节上分布相对分散且集中发生于七月、二月等月份, 周期性分析显示饥荒发生与太阳活动存在关联。(2)饥荒呈现出广泛性、聚集性和显著正空间自相关性, 各区域间饥荒分布特征存在明显差异, 关中饥荒频次高但陕北、陕南受灾更重, 陕南饥荒分布聚集性尤为突出。(3)旱灾、旱灾—虫灾分别是单灾害因素(SF)、双灾害因素(DF)中最为显著的灾害因素, DF引发的饥荒程度较SF更重, 旱灾、虫灾(蝗灾为主)、涝灾是引发饥荒最关键的灾害因素。各区域引发饥荒的关键灾害因素存在差异, 陕北饥荒受旱灾主导, 关中饥荒原因多为虫灾, 陕南饥荒多由涝灾引发, 这与各区域截然不同的自然环境有关。

**关键词** 饥荒 时空变化特征 自然灾害 明代 陕西

**第一作者简介** 高兴, 男, 1994年生, 博士, 讲师, 主要从事历史灾害地理研究。E-mail: gaox@yzu.edu.cn。

中图分类号: P954 文献标志码: A

## Spatiotemporal distribution and disaster factors of famines during Ming Dynasty (1368–1644 AD) in Shaanxi Province, China

GAO Xing<sup>1,2</sup> ZHOU Junjun<sup>3</sup> WANG Xingxing<sup>4</sup> LI Peiwei<sup>5</sup> WU Peng<sup>1,2</sup> ZHANG Dongmei<sup>1,2</sup>

1 Institute of the Grand Canal, Yangzhou University, Jiangsu Yangzhou 225100, China

2 Institute of the Yangtze Culture, Yangzhou University, Jiangsu Yangzhou 225100, China

3 School of Geography and Environmental Science, Hainan Normal University, Haikou 571158, China

\*江苏省社会科学基金项目(编号:23LSC002),陕西省重点研发计划(编号:2023-YBNY-142),教育部中外人文交流中心与文化旅游行业中外人文交流研究院研究课题(编号:2023DYH1014),扬州大学人文社会科学基金项目(编号:xjj2023-38),扬州大学中国大运河研究院开放课题(编号:DYH202302)共同资助。[Co-funded by Jiangsu Provincial Social Science Foundation (No. 23LSC002), Key Research and Development Program of Shaanxi (No. 2023-YBNY-142), Fund of Center for International People-to-People Exchange of Ministry of Education, P. R. China (No. 2023DYH1014), the Humanities and Social Sciences Foundation of Yangzhou University (No. xjj2023-38), and the Open Project of the Institute of the Grand Canal of Yangzhou University (No. DYH202302)]

收稿日期: 2023-11-20 改回日期: 2024-03-18

4 Department of Geology and Surveying and Mapping, Shanxi Institute of Energy, Shanxi Jinzhong 030600, China

5 Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, China

**Abstract** This article integrates multi-source dataset, including local chronicles, compiled materials, and historical material online platform, to extract information county-level occurrences, temporal characteristics, and disaster triggers of famines in Shaanxi Province during the Ming Dynasty (1368–1644 AD). Through semantic quantification, statistical analysis, and famine index construction, we reveal the spatiotemporal patterns of famine and identify key disaster drivers. The results are as follows: (1) Famines in Shaanxi Province during the Ming Dynasty exhibit distinct temporal patterns and monthly/seasonal variations, with three phases: 1368–1420 AD, 1421–1600 AD, and 1601–1644 AD. The third phase (1601–1644 AD) shows the highest severity and spatial extent, with famines clustered in July and February but distributed across seasons. Periodic analysis indicates famine periodicity correlates with solar activity cycles. (2) Regional disparities are evident: Guanzhong (central Shaanxi) records the highest frequency, whereas northern and southern Shaanxi suffer greater severity. Southern Shaanxi exhibits the strongest clustering. (3) Drought is the dominant single-factor trigger (SF), while drought-insect co-occurrence prevails among dual factors (DF). DF-induced famines are more severe than SF. The primary drivers are droughts, locust infestations, and floods. Regional variations align with environmental contexts: northern Shaanxi is drought-dominated, Guanzhong faces insect-driven crises, and southern Shaanxi is flood-prone.

**Key words** famine, spatiotemporal change, natural disaster, Ming Dynasty, Shaanxi Province

**About the first author** GAO Xing, born in 1994, Ph. D., lecture, is engaged in historical disaster geography. E-mail: gaox@yzu.edu.cn.

## 1 概述

饥荒通常指食物供给不足导致的社会紧急状态，长期存在于人类社会发展的各个阶段。历史上的饥荒曾对众多地区造成严重伤害，1845—1850年爱尔兰大饥荒致使人口锐减 1/4 (O'Rourke, 1995)，1932—1933年乌克兰大饥荒造成至少 500 万人丧生 (Conquest, 1987; Richter, 2019)，1943年孟加拉大饥荒中有 300 万人活活饿死 (Sen, 1981)。21 世纪后，全球在消除饥荒方面取得显著进展，但粮食安全问题依然显著影响部分欠发达地区，甚至近年来面临粮食严重短缺的人数逐渐增加。截至 2023 年 4 月 3 日，全球仍有 8.28 亿人受饥荒影响，这一数字在 2022 年增加了 4000 万，目前仍有 6.7 亿人正在挨饿 (FAO, 2022; WFP, 2024)。在非洲，超过 58% 的人口经历中重度粮食不安全，中东、加勒比地区的饥荒也在不断蔓延 (FAO, 2023)。这表明饥荒不只是一个历史名词，近些年甚至愈演愈烈，这一困扰人类数千年的问题值得更多关注。

中国历史上的饥荒频繁发生，伴随着自然灾害与王朝更替反复为害 (邓云特, 2011)，较典型的案例如发生在 1877—1878 年的“丁戊奇荒”造成大约 3000 万人丧生 (Singh *et al.*, 2018)，深刻影响晚清历史进程。在过去的半个多世纪里，随着农业科技与生物化学等相关领域的迅速发展，中国绝大部分地区已摆脱饥荒困扰，然而作为农业大国，粮食安全一直都是持续关注的热点、焦点。在以往的研究中，饥荒多被当作是自然灾害下的社会状况量度，少数几位学者曾将其视为地理现象进行量化分析，滕静超等 (2014) 基于《中国历代自然灾害及历代盛世农业政策资料》等材料重建了西汉至清代的饥荒指数，魏柱灯 (2020)、文彦君等 (2022) 基于方志、汇编等多源史料分析了清代苏沪、清代关中等区域饥荒的时空特征，这为本研究的开展提供了思路借鉴。

频繁的自然灾害是全世界饥荒发生的首要因素，具体灾种也因区域差异而不同，非洲蝗灾多发 (van Huis, 2022)，中国北方干旱频发 (Xu *et al.*,

2015), 孟加拉国常受水灾侵袭 (Adnan *et al.*, 2020)。中国幅员辽阔、地形条件复杂, 各地引发饥荒的灾害因素颇为多样, 捕捉具体灾因对识别饥荒过程与状况至关重要。小冰期自然灾害与饥荒的发生频率显著增加 (Pei *et al.*, 2015), 尤其是在御灾能力低、经济欠发达的中西部干旱半干旱地区。作为这一区域最具代表性的省份之一, 陕西地形条件复杂、人口分布稠密、灾害史料丰富, 为深入讨论历史时期环境变化、自然灾害与饥荒这一极端社会现象之间的关联提供了充足条件。基于以上分析, 本研究拟基于多源灾害史料, 采用语义量化、统计分析、空间分析、指数构建等方法对陕西省明代饥荒现象的时空分布特征及其灾害因素进行初步讨论, 旨在为深入认识小冰期气候变化、自然灾害与人类活动之间的复杂相互关系提供典型案例, 以期当前粮食安全问题应对及灾害风险评估等挑战提供基于历史视角的见解和启示。

## 2 材料与方 法

### 2.1 研究范围

在时间尺度上, 研究时限为明代 (1368—1644 年), 共 277 年。在空间尺度上, 研究区域为陕西省, 由于历史上行政区划变动频繁, 以当前行政区划为标准绘制地图。陕西省位于中国西北内陆腹地, 地形地貌复杂、区域差异显著, 可被分为陕北、关中和陕南 3 个区域, 地势南北高、中间低。陕北北部属中温带季风气候, 关中及陕北大部属暖温带季风气候, 陕南属北亚热带季风气候。陕北是黄土高原的中心, 包括榆林市、延安市; 中部属关中平原, 包括西安市、咸阳市、宝鸡市、铜川市、渭南市; 南部属秦巴山区, 包括汉中市、安康市、商洛市 (图 1)。

### 2.2 数据来源

#### 2.2.1 饥荒数据

陕西省明代饥荒数据由地方志、史料汇编以及公开史料检索平台获取并交叉验证。参照相关研究 (曹罗丹等, 2014; 万红莲等, 2017), 地方志涵盖通志与各地府、州、县志, 结合《中国三千年气象记录总集》《中国气象灾害大典: 陕西卷》《中国灾害通史·明代卷》《中国灾害志·断代卷·明代卷》《中国历代天灾人祸表》《中国救荒史》等汇

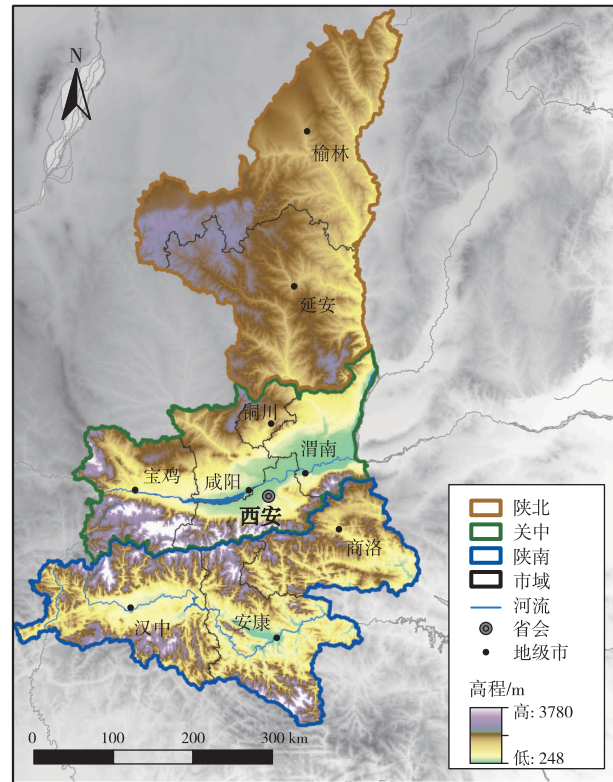


图 1 陕西省地理位置及分区

Fig. 1 Geographical location and subdivision of Shaanxi Province

编资料 (翟佑安, 2005; 孙良玉和邱云飞, 2009; 邓云特, 2011; 张德二, 2013; 张崇旺, 2019; 陈高嵬, 2020), 并采用爱如生典海数字平台 (<http://www.er07.com/>) 中国基本古籍库、中国方志库基于关键词检索、校对、验证, 建立陕西省明代饥荒史料集, 并基于发生时间、受灾地点、灾情描述、灾害成因、社会影响和文献来源等属性构建数据库。

#### 2.2.2 地图数据

采用中华人民共和国自然资源部标准地图服务 (<https://www.mnr.gov.cn/>) 获取研究区行政边界, 并将历史饥荒记录对应至当前行政区划, 以较稳定的县域为空间尺度来保证数据准确性。

### 2.3 研究方法

#### 2.3.1 资料处理与语义量化

为确保可靠性, 对不同来源的史料进行排序、归类、存储, 并参核互稽、删重补漏以达到均一化、标准化。采用语义量化分析将文本信息转换为数据信息是研究的关键步骤, 基于灾情程度 (描述) 将饥荒由低到高分 I、II、III 3 个等级 (表 1)。以县域饥荒史料为最主要资料, 市域饥荒史

料视为各区县均遭受饥荒，少数全省范围饥荒史料仅作参考对照。最终获取陕西省明代饥荒史料 494 条，县域尺度的饥荒记录 1251 条。

### 2.3.2 指数构建与序列分析

完成饥荒史料定级后，统计各年遭受不同等级饥荒的县数  $C$ ，并定义饥荒指数  $FI$ ：

$$FI = \log_{10} (C_I \times 1 + C_{II} \times 2 + C_{III} \times 3)$$

以 1 年内遭遇饥荒的县数与其对应的等级及范围与程度来定义饥荒指数，通过对数计算实现指数化，即饥荒指数为年指数，为后续的序列分析、饥荒与灾害及气候因子的关系讨论提供了数据基础。采用 ACS、ACM (Accumulated Counties Seasonly/Monthly) 表示季/月累计饥荒县次，采用快速傅里叶变化 (FFT, Fast Fourier Transform) 识别序列周期信号。

### 2.3.3 空间分析与图表绘制

通过 ArcGIS 10.7 工具绘制饥荒分布示意图，采用空间自相关 (Spatial Autocorrelation)、核密度估计 (KDE, Kernel Density Estimation)、热点分析 (Getis-Ord  $G_i^*$ ) 等空间分析手段识别饥荒事件的空间分布特征、聚集状况并识别高发区域，利用 IBM SPSS Statistics 25 和 Originlab 2018 等进行统计分析和可视化呈现。

## 3 结果与分析

### 3.1 陕西省明代饥荒的时间分布

在季节上，陕西省明代饥荒分布相对平均，秋季 (29.4%) 和春季 (27.1%) 略多于夏季 (23.3%) 和冬季 (20.2%) (图 2) (农历一至三月为春季，以此类推)。从月份 (农历) 上看，七月、二月、十一月和一月是饥荒暴发的最主要时段，共占总体的 91.2%。

基于饥荒县数将明代划分为 3 个阶段 (图 3-a)，在第 1 阶段 1368—1420 年，年均饥荒县数为 0.51，相对较低；第 2 阶段 1421—1600 年，受饥荒影响的县数显著增加，在整个时段内保持稳

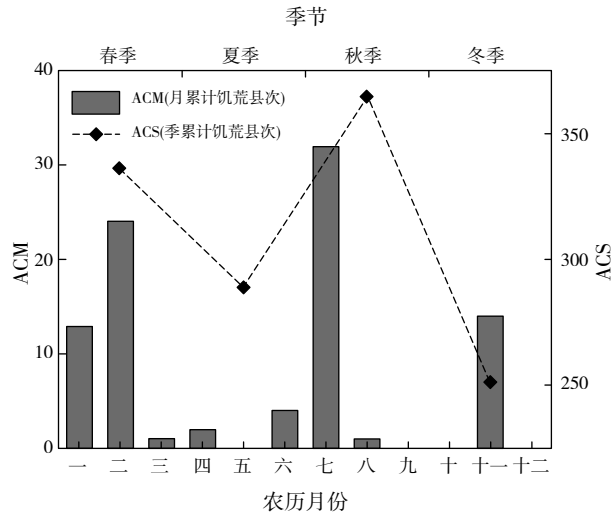


图 2 陕西省明代饥荒的季节、月份分布  
Fig. 2 Season and lunar month distribution of famine in Shaanxi Province during Ming Dynasty

定，年均饥荒县数升至 7.35；第 3 阶段 1601—1644 年，发生饥荒的范围急速扩大，年均饥荒县数达 12.45，是第 1 阶段的 24.4 倍、第 2 阶段的 3.32 倍，最严重的年份为 1640 年，有 73 个县受到影响。

不同等级的饥荒县数 (图 3-b) 清晰显示了饥荒高发时段，严重饥荒集中发生在 1480—1490 年，1525—1535 年，1580—1590 年，1630—1644 年等时段。进入 17 世纪以后，饥荒频率和等级均急剧上升，Ⅲ级饥荒显著增多，远超以往任何时期。饥荒指数 FFT 分析结果 (图 3-c) 显示，饥荒发生存在显著的周期性特征，主周期为 21.31 a、25.18 a，与太阳活动规律十分吻合 (Hale 太阳周期 22 a (Hathaway, 2010), Gleissberg 太阳周期 24~25 a (Gopalswamy *et al.*, 2015))，表明饥荒暴发可能受到包括太阳辐射或其他宏观环境因素等外部条件的影响。

### 3.2 陕西省明代饥荒的空间分布

陕西省明代的饥荒是普遍发生且不容忽视的社会现象，超过 90% 的县域都遭受过饥荒 (99/107)

表 1 基于史料的饥荒分级标准  
Table 1 Grade standards for famine based on historical data

等级/描述	饥, 岁饥, 民饥, 又饥等	大饥, 岁大饥, 连岁饥, 并饥等	连岁大饥, 饿殍遍野, 人死过半, 流移殆尽, 死者枕藉, 人相食等
一县	I	I / II	II / III
多县	I / II	II / III	III

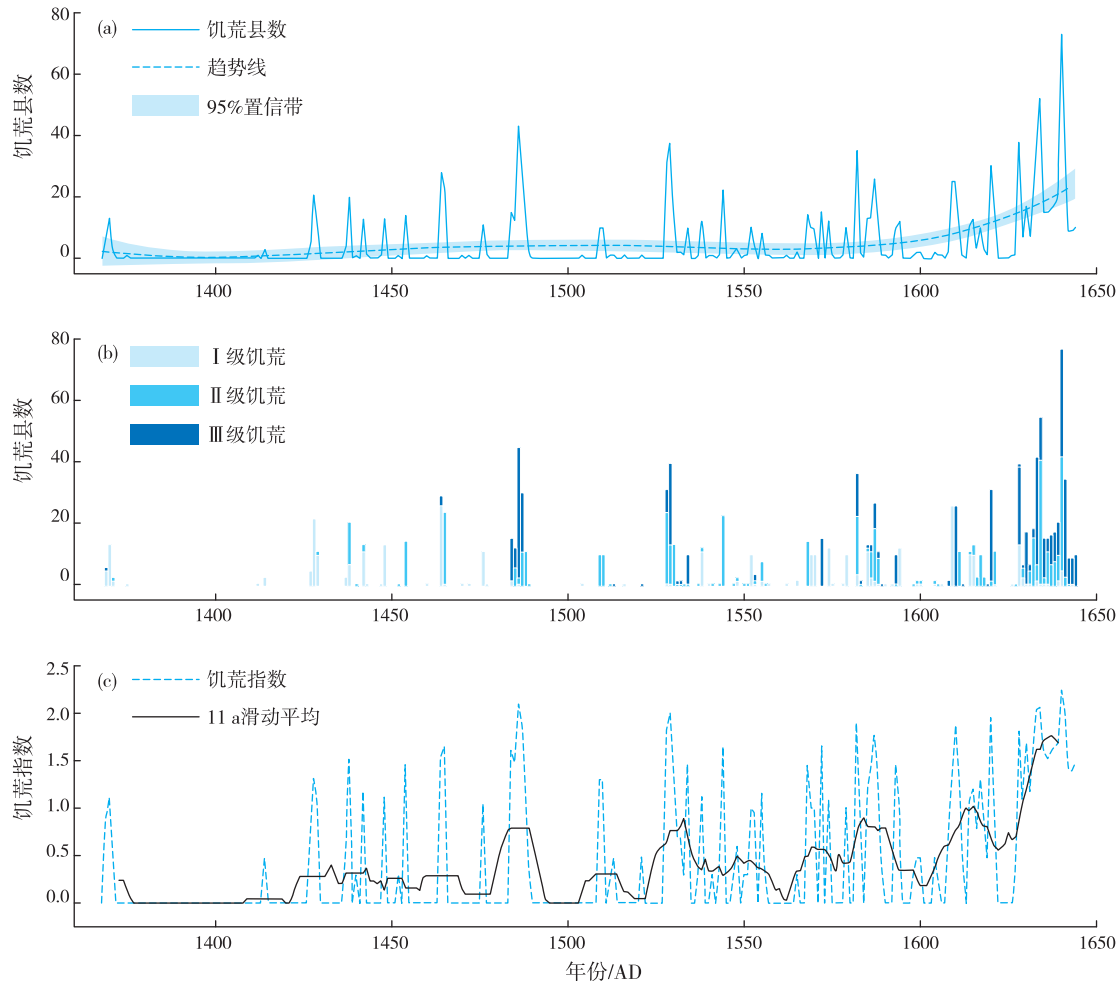


图 3 陕西省明代饥荒的时间分布

Fig. 3 Temporal distribution of famine in Shaanxi Province during Ming Dynasty

(图 4)。饥荒的空间分布显示出显著的异质性、聚集性以及极显著的正空间自相关性 ( $Moran's I = 0.255$ ,  $Z\text{-score} = 4.945$ ,  $p\text{-value} = 0.00001$ ), 各地区饥荒的发生状况存在显著差异, 大量饥荒事件集中出现在陕南安康地区, 陕北小部分县域连续受到影响, 关中地区的饥荒分布相对均匀, 宝鸡地区受灾较少。

分区域来看, 关中的饥荒县次达 472, 较陕南、陕北更多(图 5-a), 其中Ⅲ级饥荒也较其他 2 个地区更多。平均来看, 关中县均遭遇饥荒 8.74 次, 远少于陕北 13.56 次和陕南 15.71 次, 关中县均Ⅲ级饥荒 3.33 次, 同样低于陕北 5.76 次和陕南 4.21 次。从这一角度看, 陕北、陕南饥荒状况较关中更加严重。市域分布同样显示出这一特征(图 5-b), 其中安康遭受饥荒超过 300 次, 远远

超过榆林 (188)、西安 (159)、延安 (151) 等地, 同时Ⅲ级饥荒发生频次也最多。

### 3.3 陕西省明代饥荒的灾害因素

503 条县域饥荒记录存在灾害信息, 其中由单灾害因素 (SF) 引发的饥荒记录 366 条, 双灾害因素 (DF) 引发的饥荒记录 137 条, 暂未识别出由 3 种或 3 种以上自然灾害引发的饥荒。DF 引发的饥荒等级 (2.28) 较 SF (2.10) 更高 (计算平均饥荒等级时将 I、II、III 作为 1、2、3 使用) (图 6-a), 在 SF 中, 旱灾是引发饥荒的最主要灾害因素, 频次上较其他 4 类灾害的总和还多 (图 6-b), 引发的饥荒等级也最高 (2.30), 其次是虫灾 (2.17)、冻害 (2.00)、风灾 (1.80) 和涝灾 (1.27)。在 DF 中, 旱灾—虫灾是引发饥荒频次最多的灾害因素(图 6-c), 而旱灾—冻害

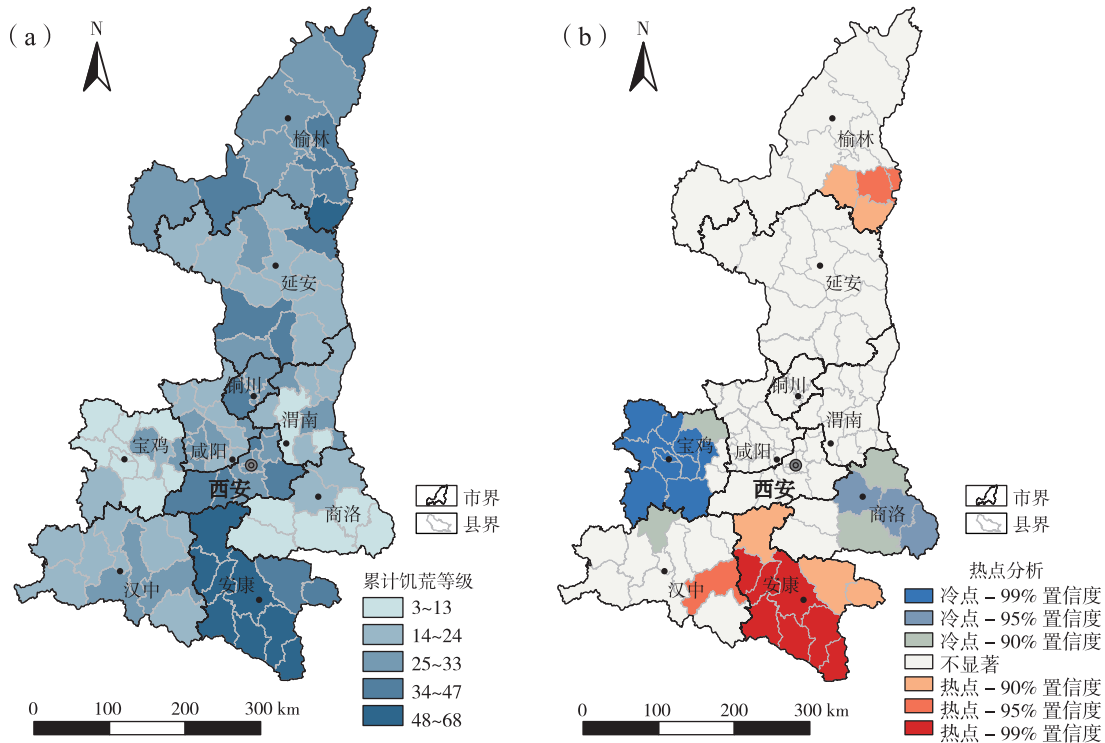


图 4 陕西省明代饥荒的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of famine in Shaanxi Province during Ming Dynasty

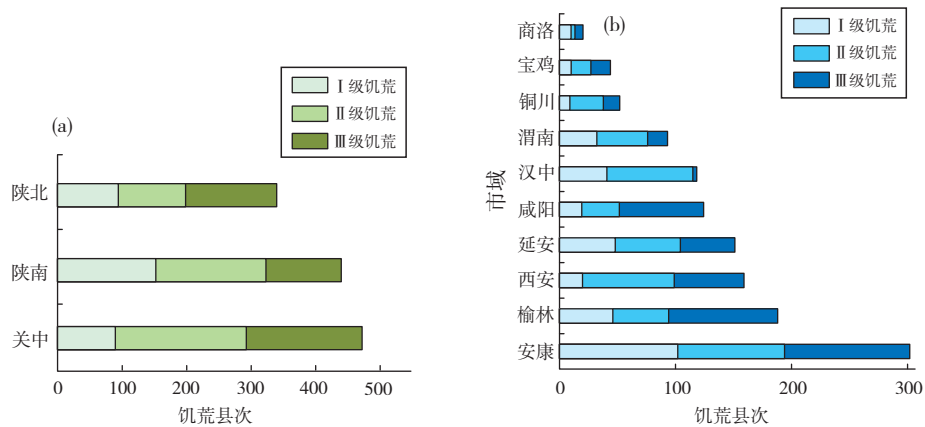


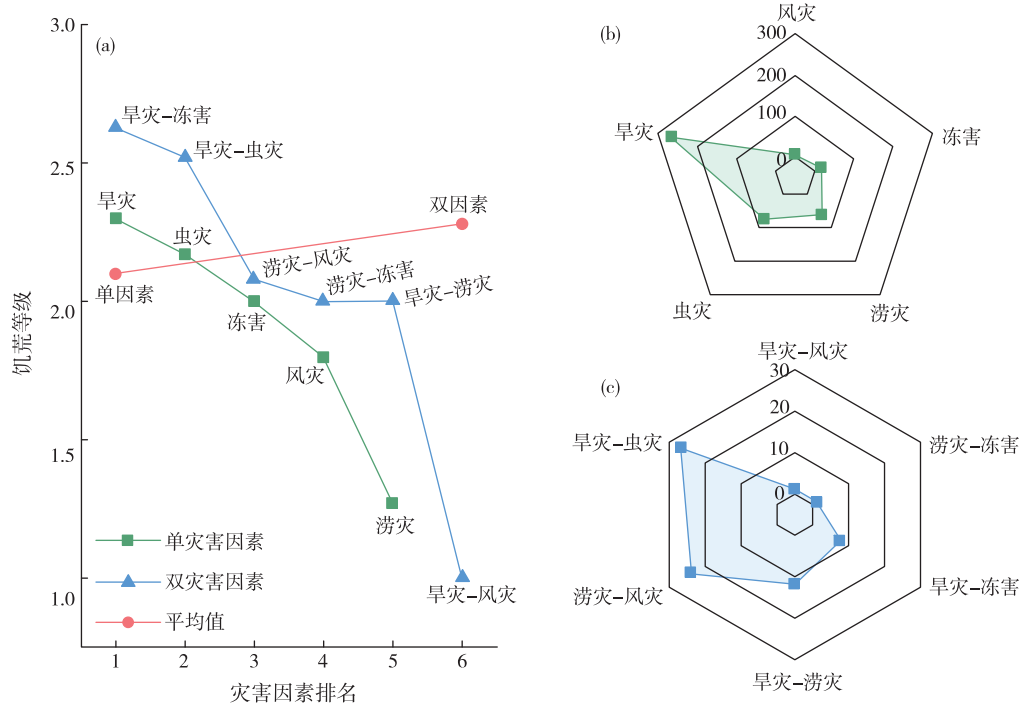
图 5 陕西省明代饥荒的地域分布

Fig. 5 Regional distribution of famine in Shaanxi Province during Ming Dynasty

(2.63) 引发的饥荒等级最高，其次是旱灾—虫灾 (2.52)。综合 SF、DF 引发的饥荒频次与饥荒等级来看，旱灾、虫灾、涝灾是陕西省明代饥荒最关键的灾害因素，并且时常同时发生，加剧饥荒程度。

主要灾害因素旱灾、虫灾、涝灾的空间分布 (图 7) 显示，各区域饥荒发生的灾害因素存在显著差别，其中陕北饥荒主要受旱灾影响，关中饥荒主要由虫灾造成，而陕南尤其是汉江流域的饥荒主要由涝灾主导，线性受灾模式也解释了陕南饥荒分

布更具集聚性的原因 ( $Moran's I_{NS} = 0.260$ ,  $Z-score_{NS} = 2.117$ ,  $p-value_{NS} = 0.034$ ;  $Moran's I_{CZ} = 0.313$ ,  $Z-score_{CZ} = 4.463$ ,  $p-value_{CZ} = 0.00008$ ;  $Moran's I_{SS} = 0.770$ ,  $Z-score_{SS} = 4.094$ ,  $p-value_{SS} = 0.000042$ 。陕北、关中、陕南：NS, GZ, SS)。值得注意的是，部分县域饥荒发生由多种灾害因素共同引发，如延安南部的饥荒同时受到旱灾和虫灾的影响，陕北部分饥荒同样由涝灾引发。



a—不同灾害因素引发饥荒的平均等级；b—单灾害因素（SF）各灾种频次；c—双灾害因素（DF）各灾种频次  
图 6 陕西省明代饥荒的灾害因素

Fig. 6 Disaster factors of famine in Shaanxi Province during Ming Dynasty

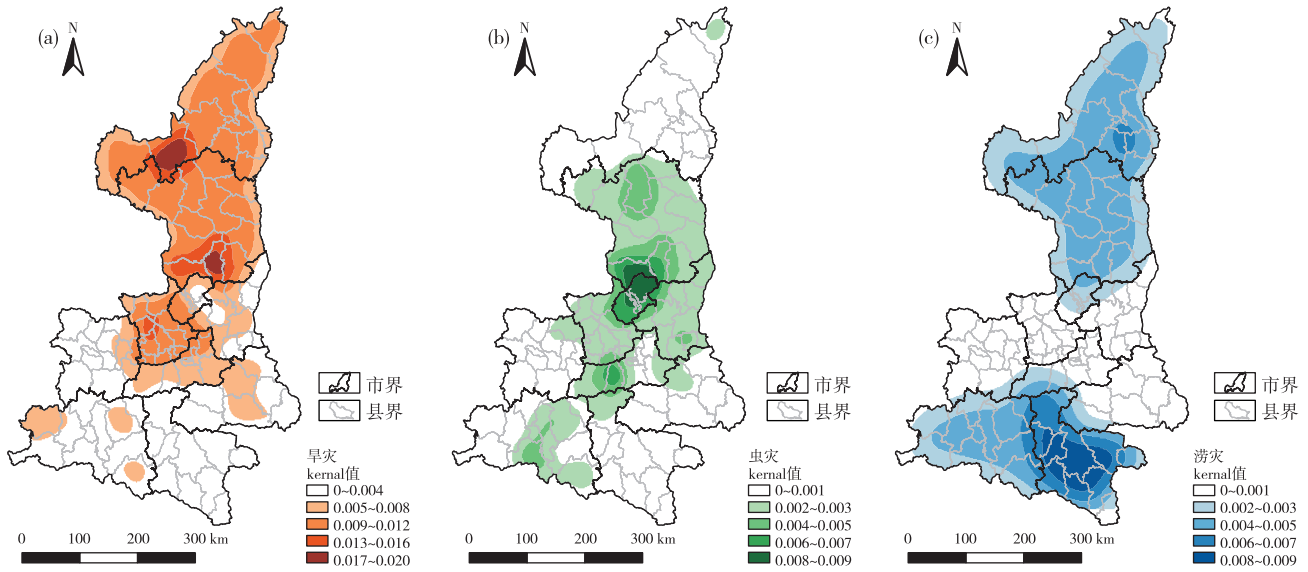


图 7 陕西省明代饥荒灾害因素的空间分布

Fig. 7 Spatial distribution of disaster factors of famine in Shaanxi Province during Ming Dynasty

### 4 讨论

在很多情况下饥荒由多种或连续的自然灾害组合造成，这样的灾害组合或灾害链往往会引发更严重的饥荒，这与清代苏沪地区饥荒特征相似（魏柱灯，2020）。旱灾、涝灾、虫灾作为饥荒主要灾

害因素的特征与其他地区的研究结论基本一致，由于区域环境差异导致关键灾害因素存在显著分异，有待通过中大尺度集成研究寻求致灾规律（萧凌波，2020；徐潇悦，2021；文彦君等，2022）。在黄土高原地区，频繁、恶劣的干旱造成的饥荒频次

最多、范围最广(党群, 2020), 对气候变化的高度敏感伴随当地生态系统的脆弱性, 极易造成灾害急剧扩散和农作物收成大幅下降。关中地区水资源与耕地条件相对优渥, 御灾能力与环境承载力较强, 旱灾造成的河流湖泊水位下降为蝗虫的产卵与孵化提供了得天独厚的自然条件(Wang *et al.*, 2023)。秦巴山地中, 威胁最大的自然灾害是强降雨、水患及其造成的泥石流、滑坡等地质灾害, 这样的极端水文事件现今仍然时有发生(Deng *et al.*, 2022)。

以往饥荒多被认为是一种极端环境下的社会危急状态, 是社会对自然灾害或其他原因的反馈, 而非独立的地理现象, 因此对于饥荒发生的时空分布特征与发生模式并不明确。通过对灾害史料文本的深入解读, 获取到大量灾害原因及后续社会影响, 如农业经济受损、社会秩序崩溃以及社会危机爆发等, 不同区域灾时的应对策略与差异值得后续讨论。历史上常有饥荒由于政府救灾不力或政策不当而不断加剧(Gráda, 2007), 最终演变为人口大量死亡事件。仍存在于部分极不发达国家的饥荒不仅归因于极端气候事件与自然灾害, 同样受到政府救灾不力、种族矛盾、地区冲突、紧张局势以及显著的地区差异等多方面因素影响, 并不断加剧粮食不安全。鉴于人类命运共同体倡议与共同面对的严峻气候形势, 迫切需要全球范围内的组织协调与通力合作, 以减轻气候变化负面影响并尽早消除饥荒这一社会悲剧。

## 5 结论

本研究通过收集、整理、量化历史资料, 采用语义分析、统计分析、时空分析、指标构建等方法, 考察了陕西省明代饥荒现象的时空变化及其灾害因素。主要结论如下:

1) 在明代 277 年里, 陕西省发生饥荒 494 次, 县域饥荒频次 1251 次, 平均每年发生 1.78 次、4.52 个县域受到影响。时间分布上, 饥荒在季节上相对分散, 尤其集中在七月、二月等月份; 基于年均饥荒县数将明代划分为 3 个阶段, 分别是 1368—1420 年、1421—1600 年、1601—1644 年, 第 3 阶段的饥荒程度与范围远超前 2 个阶段; 周期性分析结果显示, 饥荒指数存在 21.31 a 和 25.18 a

这 2 个主周期, 与太阳活动等因素存在关联。

2) 在空间分布上, 饥荒呈现出显著的广泛性、聚集性和正空间自相关性, 绝大部分县域都遭受过饥荒侵袭, 各区域间饥荒分布与聚集特征存在显著差异, 关中受灾频次更高但陕北、陕南饥荒状况更重, 陕南饥荒聚集程度显著, 尤其是安康等地。

3) 在灾害因素上, 旱灾、旱灾—虫灾分别是 SF、DF 中最显著的灾害因素, 由双灾害因素引发的饥荒程度更高, 总体上旱灾、虫灾、涝灾是引发饥荒的关键灾害因素; 各区域饥荒灾害因素存在显著差异, 陕北饥荒主要受旱灾影响, 关中饥荒原因多为虫灾, 陕南饥荒多由涝灾引发, 截然不同的气候地形等条件导致受灾模式迥异。

## 参考文献 (References)

- 曹罗丹, 李加林, 叶持跃, 徐凉慧, 袁麒麟, 王明月, 马仁锋, 黄大鹏. 2014. 明清时期浙江沿海自然灾害的时空分异特征. 地理研究, 33(9): 1778–1790. [Cao L D, Li J L, Ye C Y, Xu L H, Yuan Q X, Wang M Y, Ma R F, Huang D P. 2014. Spatial-temporal variations in natural disasters of the coastal regions in Zhejiang province during Ming and Qing dynasties. Geographical Research, 33(9): 1778–1790]
- 陈高儒. 2020. 中国历代天灾人祸表. 北京: 商务印书馆. [Chen G Y. 2020. Chronicle of Natural Disasters and Human Calamities throughout Chinese Dynasties. Beijing: The Commercial Press]
- 党群. 2020. 陕北地区明代自然灾害时空特征、原因与影响研究. 陕西师范大学博士论文. [Dang Q. 2020. Research on the spatiotemporal characteristics, causes, and impacts of natural disasters in the Northern Shaanxi region during the Ming Dynasty. Doctoral dissertation of Shaanxi Normal University]
- 邓云特. 2011. 中国救荒史. 北京: 商务印书馆. [Deng Y T. 2011. History of Famine Relief in China. Beijing: The Commercial Press]
- 邱云飞, 孙良玉. 2009. 中国灾害通史: 明代卷. 郑州: 郑州大学出版社. [Qiu Y F, Sun L Y. 2009. General History of Disasters in China (Ming Dynasty Volume). Zhengzhou: Zhengzhou University Press]
- 滕静超, 苏筠, 方修琦. 2014. 中国西汉—清代饥荒序列的重建及特征分析. 中国历史地理论丛, 29(4): 26–32. [Teng J C, Su Y, Fang X Q. 2014. The reconstruction and analysis of famine sequence from the Western Han to the Qing Dynasty (206 BC–1911 AD). Journal of Chinese Historical Geography, 29(4): 26–32]
- 万红莲, 宋海龙, 朱婵婵, 张咪. 2017. 明清时期宝鸡地区旱涝灾害链及其对气候变化的响应. 地理学报, 72(1): 27–38. [Wan H L, Song H L, Zhu C C, Zhang M. 2017. Drought and flood disaster chain and its response to climate change in Baoji region during the Ming and Qing dynasties. Acta Geographica Sinica, 72(1): 27–38]

- 魏柱灯. 2020. 清代苏沪地区饥荒的时空变化及其环境因素. 地理科学进展, 39(8): 1333-1344. [Wei Z D. 2020. Spatio-temporal characteristics of famine and its environmental causes in the Jiangsu-Shanghai Region during the Qing Dynasty (1644-1911). *Progress in Geography*, 39(8): 1333-1344]
- 文彦君, 李晓宇, 万红莲, 徐彬, 王祎楠. 2022. 清代关中地区饥荒的时空变化特征. 干旱区资源与环境, 36(3): 81-91. [Wen Y J, Li X Y, Wan H L, Xu B, Wang Y N. 2022. Spatial and temporal characteristics of famine in the Guanzhong Region during the Qing Dynasty. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 36(3): 81-91]
- 萧凌波. 2020. 1736—1911 年华北饥荒的时空分布及其与气候、灾害、收成的关系. 地球科学进展, 35(5): 478-487. [Xiao L B. 2020. Spatio-temporal distribution of famine and its relationship with climate, disaster, harvest in North China during 1736-1911. *Advances in Earth Science*, 35(5): 478-487]
- 徐潇悦. 2021. 明代饥荒导致的人口大量死亡事件时空特征与环境因素研究. 陕西师范大学硕士学位论文. [Xu X Y. 2021. A study on the temporal and spatial characteristics and environmental factors of mass deaths caused by famine in the Ming Dynasty. Masteral dissertation of Shaanxi Normal University]
- 翟佑安. 2005. 中国气象灾害大典: 陕西卷. 北京: 气象出版社. [Zhai Y A. 2005. *Comprehensive Encyclopedia of Meteorological Disasters in China: Shaanxi Volume*. Beijing: China Meteorological Press]
- 张崇旺. 2019. 中国灾害志·断代卷(明代卷). 北京: 中国社会科学出版社. [Zhang C W. 2019. *Chronicle of Chinese Disasters: Historical Volume (Ming Dynasty)*. Beijing: China Social Sciences Press]
- 张德二. 2013. 中国三千年气象记录总集. 2 版. 南京: 江苏教育出版社. [Zhang D E. 2013. *Compendium of Three Thousand Years of Chinese Meteorological Records (2nd Edition)*. Nanjing: Jiangsu Education Publishing House]
- Adnan M S G, Abdullah A Y M, Dewan A, Hall J W. 2020. The effects of changing land use and flood hazard on poverty in coastal Bangladesh. *Land Use Policy*, 99: 104868.
- Conquest R. 1987. *The Harvest of Sorrow*. London: Oxford University Press.
- Deng P X, Zhang M Y, Hu Q F, Wang L Z, Bing J P. 2022. Pattern of spatio-temporal variability of extreme precipitation and flood-water-logging process in Hanjiang River Basin. *Atmospheric Research*, 276: 106258.
- FAO. 2022. The State of Food Security and Nutrition in the World. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0639en>.
- FAO. 2023. Food and agriculture data. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- Gopalswamy N, Xie H, Akiyama S, Mäkelä P, Yashiro S, Michalek G. 2015. The peculiar behavior of halo coronal mass ejections in solar cycle 24. *The Astrophysical Journal Letters*, 804(L23): 1-6.
- Gráda C Ó. 2007. Making famine history. *Journal of Economic Literature*, 45: 5-38.
- Hathaway D H. 2010. The solar cycle. *Living Reviews in Solar Physics*, 7: 1.
- O'rourke K. 1995. Emigration and living standards in Ireland since the famine. *Journal of Population Economics*, 8: 407-421.
- Pei Q, Zhang D D, Li G D, Winterhalder B, Lee H F. 2015. Epidemics in Ming and Qing, China: impacts of changes of climate and economic well-being. *Social Science & Medicine*, 136: 73-80.
- Richter J. 2019. Famine, memory, and politics in the post-soviet space: contrasting echoes of collectivization in Ukraine and Kazakhstan. *Nationalities Papers*, 48: 476-491.
- Sen A. 1981. Ingredients of famine analysis: availability and entitlements. *The Quarterly Journal of Economics*, 96: 433-464.
- Singh D, Seager R, Cook B I, Cane M, Ting M F, Cook E, Davis M. 2018. Climate and the global famine of 1876-78. *Journal of Climate*, 31: 9445-9467.
- Van Huis A. 2022. Cultural significance of locusts, grasshoppers, and crickets in sub-Saharan Africa. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18: 24.
- Wang X X, Li G, Wang S, Feng C X, Xu W, Nie Q F, Liu Q. 2023. The effect of environmental changes on locust outbreak dynamics in the downstream area of the Yellow River during the Ming and Qing Dynasties. *Science of the Total Environment*, 877: 162921.
- WFP. 2024. Hunger Map 2024. <https://hungermap.wfp.org>.
- Xu K, Yang D W, Yang H B, Li Z, Qin Y, Shen Y. 2015. Spatio-temporal variation of drought in China during 1961-2012: a climatic perspective. *Journal of Hydrology*, 526: 253-264.

(责任编辑 李新坡; 英文审校 徐 杰)