

郭艺澍, 殷淑燕, 车录胜. 中国先秦-清代重大旱灾的时空分布格局与变迁过程 [J]. 地理科学, 2024, 44(8): 1470-1480. [Guo Yishu, Yin Shuyan, Che Lusheng. Spatial and temporal distribution pattern and changing process of major drought in Pre-Qin and Qing Dynasties of China. Scientia Geographica Sinica, 2024, 44(8): 1470-1480.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20221582

中国先秦-清代重大旱灾的时空分布格局与变迁过程

郭艺澍, 殷淑燕, 车录胜

(陕西师范大学地理科学与旅游学院, 陕西 西安 710119)

摘要: 从历史文献和史料记载中提取从先秦至清代(850 a B.C.—1911 年)有详尽灾害描述的重大旱灾记录, 以县域为最小研究单元构建重大旱灾频次和累计等级的时间序列并进行空间分布可视化。利用熵权法确定重大旱灾综合指数, 结合空间自相关、重心分析法和标准差椭圆研究中国历史时期重大旱灾分布格局及变化过程。结果表明: ① 从先秦至清代(850 a B.C.—1911 年)中国重大旱灾共发生 580 a, 平均每 4.76 年发生 1 次, 总体呈现上升趋势。② 整体上, 重大旱灾的发生频次北方高于南方, 旱灾频次最高的地区是陕西、河南和山东的一些县域。③ 明代为重大旱灾累计等级最高时期, 全国近 56.81% 的地区都有发生重大旱灾。重大旱灾累计等级具有显著的空间自相关性, 其相关性变化经历了“增-减-增-减”的过程, 全期莫兰指数为 0.43, 具有显著空间集聚性。④ 重大旱灾分布县数共占总发生旱灾县数的 21.42%, 不同时间段上, 重灾区在陕西、河南、山西、河北、山东间变化。其重心始终位于河南省境内, 在河南省内部, 沿“西南-东北-西南-东南-西北”方向移动。⑤ 重大旱灾频次与气温、降水呈现显著负相关。中国西高东低的地势条件、温带大陆性季风气候和人类不合理活动与华北及其周边地区成为重灾区有一定的关联。此外, 气候变化与人口分布对历史时期重大旱灾分布格局变动具有重要的影响。

关键词: 重大旱灾; 重灾区; 重心迁移; 沈兰西弧线

中图分类号: P954; K928 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2024)08-1470-11

旱灾是当今全球最严重的自然灾害, 其影响范围最广、经济损失最大^[1], 全世界有将近 50% 的国家和地区遭受过严重干旱^[2]。中国为历史悠久的农业大国^[3], 复杂的地理位置与地形特点极易形成不稳定的气候变化, 导致自古以来旱灾频发^[4]且波及范围大持续时间长, 其直接关系到农业的歉收, 给农业生产和人类生活带来严重危害^[5-6], 且现代极端干旱事件也常有发生。关于不同时段旱灾的相关研究成果众多^[7-27], 随着气象观测资料与卫星监测技术的发展, 现代对干旱事件的研究主要通过计算各类干旱程度的指标来表征, 如干燥度指数(AI)^[9]、标准化降水指数(SPI)^[10]、标准化降水蒸散指数(SPEI)^[11]、Palmer 干旱指数(PDSI)^[12]、相对湿润度指数(M)^[13]等, 此外, 也有研究通过植被生长状况以及生产力间接来反映干旱状况, 如归一化植被指数(NDVI)^[14],

总初级生产力(GPP)^[15]等。对于中国历史时期的干旱事件, 由于历史条件限制无法得到观测数据, 主要是统计史料记载中出现旱灾的次数, 并依据灾情进行定级的方法, 如萧廷奎^[16]依据史书和地方志等资料中降水量、水文状况、作物的生长与收成为 3 种指标将河南省的旱灾划分为 4 级, 从而揭示河南省干旱特点和规律; 张德二^[17]依据各地河湖干涸的记载研究温暖气候背景下的 1784—1787 年发生在中国东部的持续大范围严重干旱事件, 并结合当时的温度背景、太阳活动^[18]、线性拟合^[19]等方法探究其周期与变化, 并与干湿序列对比分析其成因。如谭徐明^[20]依据近 500 a 的旱灾资料建立与现代水文资料同一样本的灾害序列, 重点研究黄淮海流域年特大持续干旱及旱灾; 殷淑燕^[21]等利用灾害等级法、湿润指数法、M-K 检验、小波分析等方法, 对陕西

收稿日期: 2022-12-29; 修订日期: 2024-05-23

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目(18YJA770021)资助。[Foundation: Humanities and Social Sciences of Ministry of Education Planning Fund (18YJA770021).]

作者简介: 郭艺澍(1999—), 女, 山西大同人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境变化与自然灾害。E-mail: camelliaguo99@163.com

通信作者: 殷淑燕。E-mail: yinshy@snnu.edu.cn

省水旱灾害与干湿变化特点进行研究。在研究区域和尺度上,集中在选取某一历史时期或选取某一地域发生的时间与特征进行分析,如对云南省^[22]、河南省^[16,23]、西南地区^[24]、川渝地区^[18]、关中地区^[25]、华北平原^[26]和长江流域^[27]等地区 200 a、500 a 或更长时间的干旱特征研究。

由于影响干旱的各因素存在一定时间尺度和空间特征,研究更长时间尺度与区域空间分布的干旱变化对探究其规律和预测未来气候趋势更有意义。当前已有研究中对于历史时期大尺度范围与长时间序列的重大干旱事件较少,且仅是针对频次、层次和等级等各项指标单独评价旱灾的发生规律与特点,通过综合指数对各朝代重灾区的空间分布格局与动态变迁研究尚较少。因此,本文提取了自先秦(850 a B.C.)开始至清代(1911 年)近 2 800 a 的有详细灾情描述的重大旱灾记录,将划分的各时间段的重大旱灾频次与累计等级作为用指标建立重大旱灾综合指数,利用 GIS 空间分析方法研究重大旱灾分布规律并分析其原因,以期深化历史气候灾害研究,并为应对重大旱灾防灾减灾工程提供借鉴。

1 材料与方法

早在史前时代中国就有旱灾的记载,如《淮南子·本经训》中记有“逮至尧之时,十日并出,焦禾稼,杀草木,而民无所食”^①,但是具体的发生地区并未提及,直到先秦时期才有了更为详尽的记录。故将研究时段定为从先秦时期开始,到清代结束,中间历经秦汉、魏晋南北朝、隋唐五代、宋、元、明朝代。由于先秦至清代各个朝代的疆域差别较大,王朝更迭历史版图在不断发生变化,并且在进行

不同时间段的重心迁移时需要在相同的地理空间进行。故依据现代地图作为研究区域,通过查阅行政区划历史等相关资料^[28-29]古今对照,行政区划历史主要参考《中国历史地图集》^[28]、《中国行政区划通史》^[29]以及在统计重大旱灾史料数据时《中国灾害通史》^[30]等资料中已经提及转化过的地名,将古代的地名转化为对应的现代行政区进行统计。

1.1 数据来源

基于《中国三千年气象记录总集》^[31]、《中国自然灾害史》^[32]、《中国古代重大自然灾害和异常年表总集》^[33]、《中国历代天灾人祸表》^[34]、《中国灾害通史》^[30]等相关资料,根据受灾程度剔除灾情记载不详和受灾程度轻的记录,提取出受灾描述详尽的记录。在史料记载收集工作完成后,为避免同一次重大旱灾因在不同资料中出现,或因表述有所不同而产生的重复统计,对历史时期旱灾数据资料进行了清洗去除重复录入的信息,最后共得到有效重大旱灾记录 2 247 条(未含港澳台数据)。由于提取文献信息和判定等级时难免会受主观因素影响,本文依据参考文献 [20,35-36] 提出的旱灾等级标准,结合语义分析法根据重大旱灾记录中的相对轻重程度综合评定后赋予相应的级别,做到尽可能较为准确的分级,具体分级标准见表 1。

1.2 研究方法

1) 熵权法。本文利用熵权法^[37],以县域为单位将各时间段的旱灾频次与按照分级后的旱灾累计等级作为指标计算重大旱灾综合指数。若熵值越小则代表该指标在区域综合旱灾评价中的作用越大,故赋予该指标较高的权重。以划分的历史时期为单元对频次与单次发生旱灾等级进行逐年累计统计,以

表 1 历史重大旱灾等级划定标准

Table 1 The classification standard of historical major drought

级别	具体灾情描述
1	较大范围(多个地区旱)、较长时间(连季旱)干旱:野无青草,首种不入,伤苗,长时间不雨。例如,147 a B.C.,汉景帝中元三年,“夏旱,秋大旱”(《陕西省志·气象志》) ^②
2	有较大的区域干旱,粮食严重歉收、民无以为食、物价飞涨。大旱:河水干涸,地长盐,二麦枯,无收,岁饥,岁大旱。例如:1213 年,南宋嘉定六年,“五月大旱,七月旱。京兆斗米至八千钱”(《金史》) ^③
3	人畜大量死亡、跨年度的连续旱灾。记载有“赤地千里、万人死亡、人相食、饿殍载道、枕籍、饥殍、室空”等。如:1485 年,明成化二十一年,“春正月,陕西赤地千里,井邑空虚,尸骸枕藉,流亡日多”(《明实录》) ^④

① (西汉)刘安撰.淮南子 28 卷,卷十三本经训.明嘉靖九年刻本.

② (万历)开封府志 34 卷,开封府志卷之二.明万历十三年刻本.

③ 金史 135 卷,卷 23 五行志.

④ 明实录·宪宗实录.成化二十一年正月己丑条.

年为单位统计旱灾频次时,1 a 中如有 2 次及其以上旱灾发生均记为 1 次。重大旱灾综合指数的具体计算方法为:首先,对各时间段中各县域的旱灾频次与旱灾累计等级进行标准化使其值 [0,1] 后计算旱灾频次与旱灾累计等级的信息熵,再计算综合指数中各指标的权重,最后计算各地区的重大旱灾综合指数:

$$D_i = W_f X_{if} + W_l X_{il}$$

式中, X_{if} 、 X_{il} 分别为 i 地区旱灾频次与旱灾累计等级的标准化值; W_f 和 W_l 分别为频次与累计等级在旱灾综合指数中的权重。

2) 标准差椭圆。利用标准化椭圆^[38]对重大旱灾综合指数分布进行统计确定核心重灾区。其中椭圆长轴表示重大旱灾重灾区的标准差椭圆的分布方向,短轴表示重大旱灾重灾区的主要分布范围。长短半轴的值差距越大(扁率越大),表示数据的方向性越明显。反之,如果长短半轴越接近,表示方向性越不明显。

3) 重心分析法。重心可以表示地理要素的时空分布特征。将研究区域划分为若干子区域,每个子区域的中心坐标为(X_i , Y_i), M_i 为该区域的重大旱灾综合指数值。区域中心指标($\bar{X}$, $\bar{Y}$)计算公式见参考文献^[39]。

4) 空间自相关。空间自相关^[40]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,莫兰指数(Moran's I)是衡量空间自相关的一项重要指标^[40]。本文通过计算重大旱灾累计等级的全局莫兰指数来揭示重大旱灾等级分布特征空间自相关的整体水平。Moran's I 取值 [-1, 1], 绝对值越大说明相关度越高。

2 结果分析

2.1 中国先秦-清代时期重大旱灾的发生规律特征

1) 时间段变化特征。中国先秦-清代时期重大旱灾共有 580 a 发生,平均每 4.76 a 发生 1 次,总体呈现出波动上升趋势(图 1)。波峰出现在魏晋南北朝和明清时期。魏晋南北朝时期是第一个小高峰,隋唐五代减少随后继续呈现缓慢上升趋势,到明代达到顶峰,该时期的发生年数约占整个历史时期的 1/3;清代略有下降。

2) 空间分布特征。整体来看,旱灾的发生频次北方地区高于南方,西北地区的陕西,北方地区的

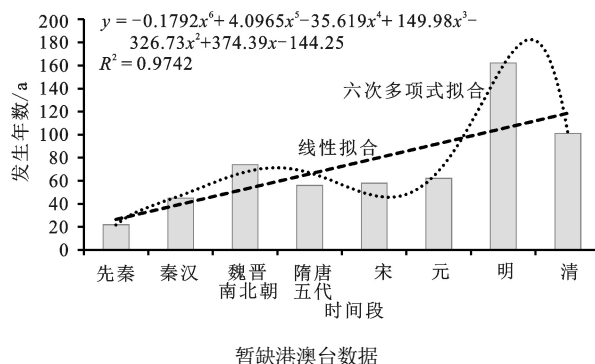


图 1 先秦-清代时期重大旱灾发生年数变化

Fig.1 Change of the number of years of major drought during the Pre-Qin to Qing Dynasties

河南、山东、山西、河北为主要的受灾区。有历史记载的重大旱灾最早出现在河南省,有“五年不雨”的记载。在先秦时期,河南、陕西、山西等县就有旱灾的发生,此后历朝历代这些省份均有记载且旱灾的影响范围逐渐扩大,受灾程度逐渐加深。秦汉时期,旱灾频次发生最高的地区为河南洛阳,累计达 12 次;陕西为受灾程度最深的省份,全省整体频次均达 5 次及以上;到魏晋南北朝时期,受灾频次高的地区转移到了江苏,均为 7 次及以上,有的县域最高达 17 次,其次为河南和陕西南部。隋唐五代时期,河北、山东为主要的旱灾频率高发区;宋代最高发生频次的县域在南方地区,浙江整体的旱灾频次在此阶段最高且范围最大,其余一些较高频次的地区零散分布在安徽、河北、山东等;元代旱灾整体发生在湖北和陕西;受灾程度在明代时期达到了顶峰,从各县域频次均整体上升,陕西为最严重的地区,山西、河北、山东次之;清代时期旱灾频次相对下降。从整体时期来看,重大旱灾频次较少的地区主要分布在东北地区、西南地区和华南地区;其次为湖南、湖北、福建、甘肃及内蒙古中部地区;长江三角洲地区、京津冀和山西大部分地区为中等频次发生水平;河南和山东大部分地区为较高频次发生地区,部分地区和陕西省为重大旱灾频次最高发地区。从流域分布上来看,黄河中游部分区域和下游是重大旱灾发生高频区,黄河中游部分区域与长江下游是中频区,其他区域相对重大旱灾频次较少(表 2)。

2.2 先秦-清代时期重大旱灾的等级特征

总体上旱灾累计等级与频次分布大部分地区较为一致。先秦时期各地以 1 级灾情为主,大多为长时间不雨与河水枯竭等记载,如《古本竹书纪年》

表 2 先秦-清代时期重大旱灾各地区平均频次

	先秦/次	秦汉/次	魏晋南北朝/次	隋唐五代/次	宋/次	元/次	明/次	清/次	全期/次
北方地区	17	180	162	343	209	153	820	495	2379
南方地区	0	88	131	141	174	120	343	120	1117
西北地区	10	286	189	242	147	133	768	178	1957
青藏地区	0	0	0	0	0	0	0	7	7

注: 港澳台数据暂缺。

中有晋襄公六年(622 a B.C.)“洛绝于涧”^①《(民国)山东通志》记有“鲁自正月不雨至于七月(618 a B.C.)”^②, 该时期累计等级较少。秦汉时期累计等级显著上升, 山西太原、河南洛阳以及陕西累计等级相对较多, 河南有“京师、郡国十八大蝗, 旱, 草木尽”^③。此外此阶段由于旱灾严重所导致的社会危害也开始增加, 如《资治通鉴》记兴平元年(194 年): “秋, 七月, 自四月不雨至于是月, 谷一斛直钱五十万, 长安中人相食”^④。到魏晋南北朝时期变化不大, 覆盖范围明显缩小, 等级高值区由陕西转移到江苏, 该阶段江苏每次发生旱灾的程度大多以 1、2 级为主, 但因频次高累计等级达到最高。隋唐五代时期受灾范围进一步扩大, 累计等级也相应增加, 陕西西安为最高累计等级。宋代累计等级呈现出下降趋势, 此时高累计等级区域迁移到江浙一带, 河北南部也有分布。元代东北黑龙江、吉林一带出现旱灾, 陕西最高累计等级达到 51 级。明代为历史时期整体旱灾累计等级最高、受灾范围最大的时期, 近全国 56.81% 的地区都有发生重大旱灾, 主要分布在华北地区和陕西省, 有 87 个县累计等级为 55 级以上; 东南部的苏、浙、皖、湘和西北部的甘肃地区累计等级也在 25 级以上, 此时近全国各地区的旱灾累计等级都达到历史最高。明代崇祯年间出现了因旱灾而河流干涸、禾枯, 造成饥荒、人相食等大量人口死亡事件, 社会危害影响严重。清代灾情较明代有所缓解, 等级高的地区主要集中在山东, 最高累计等级为 42 级。总体来看, 陕西为受灾等级最高的省份, 其次为河南、山东和山西, 旱灾累计等级以此为中心向周边扩散, 等级逐渐递减(表 3)。北方地区最为严重, 其次为西北地区。

本文采用计算全局 Moran's I 指数检验旱灾累计等级的空间相关性。旱灾累计等级具有显著的空间自相关性, 其相关性变化经历了“增-减-增-减”的过程。先秦-清代时期各时间段重大旱灾累计等级分布的 Moran's I 指数均大于零, 全期 Moran's 指数为 0.431。明代时期的 Moran's I 指数最高(0.368), 说明这一时期各区县的重大旱灾累计等级空间集聚水平最高, 其次则为秦汉时期(Moran's $I=0.351$)。除先秦时期外其余时间段各县域的旱灾累计等级分布类似度高。县域旱灾累计等级的空间集聚模式较为固定, 高-高(H-H)集聚和低-低(L-L)集聚是主要类型, 其分布在各时间段趋于集中。高-高集聚的区县主要集中在陕西、山西、河南、河北、山东及其与邻近省份的接壤地带; 低-低集聚的区县主要集中于西藏、新疆、青海、黑龙江等省份, 可能由于这些地区旱灾发生的频次少, 地广人稀且程度轻, 并未造成严重的灾情, 故灾害累计等级呈现低-低集聚。

2.3 重大旱灾分布区及变迁过程

1) 不同等级重大旱灾空间分布特征。根据旱灾综合指数范围将(0,0.2]的区域定为重旱 I 级, (0.2,0.4]定为重旱 II 级, (0.4,0.6]定为重旱 III 级, (0.6,1]定为重旱 IV 级, 同时将重旱 III 级与重旱 IV 级地区定义为重大旱灾发生的重灾区。重大旱灾县数逐渐上升, 重旱 IV 级县数明清时期最多, 共有 378 个, 先秦、隋唐五代时期最少。重旱 I 级县数所占比列在各历史断面时期均为最多, 在整个历史时期约占总发生灾害县数的 55.8%; 重灾区所占县数共占 21.4%。先秦时期记载较少, 河南北部为旱灾面积最大的地区; 秦汉时期重灾区集中在关中地区

① (清)朱右曾辑、(民国)王国维补: 古本竹书纪年辑校 1 卷, 古本竹书纪年辑校。

② (嘉靖)山东通志 40 卷, 山东通志卷之三十九。明嘉靖刻本。

③ (清)顾怀三撰、补后汉书艺文志 10 卷, 卷四。

④ (明)严衍撰: 资治通鉴补 294 卷, 卷六十一。献帝一丙。

表 3 先秦-清代时期各地区重大旱灾平均累计等级

Table 3 Average cumulative grade of major drought in each region during pre-Qin and Qing Dynasties

	先秦/级	秦汉/级	魏晋南北朝/级	隋唐五代/级	宋/级	元/级	明/级	清/级	全期/级
北方地区	36	785	329	726	474	316	2 185	1 235	6 086
南方地区	0	223	225	353	286	226	852	263	2 428
西北地区	23	823	372	714	367	678	2 044	538	5 559
青藏地区	0	0	0	0	0	0	0	20	20

注:港澳台数据暂缺。

与河南北部,重灾区县数为 165 个;魏晋南北朝时期重旱Ⅳ级地区全部在江苏,如江苏吴县记有“大宝元年(550 年),旱、蝗、大饥,人相食”;隋唐五代时期为继先秦后重旱Ⅳ级县数最少、面积最小的时期,重旱Ⅲ级县数较多,重灾区分布在陕西、山东、河北;宋元时期重灾区较为分散。明清时期重灾区分布较为集中,均在华北地区、关中地区和山东半岛,明代时期受灾波及县数共 2 150 个,重灾区县数为 550 个,均达到历史顶峰,清代受灾情况减缓重灾区县数降至 441 个(表 4),但在整个先秦-清代时期仍处于较高水平。表 4 重灾区县数并非前期县数相加之和,因为同一县有在不同时期均为重灾区的况,但最终只能计算 1 次。

2) 重大旱灾重灾区与重心的空间变迁过程。
各时间段重大旱灾综合指数的标准差椭圆主要参数

见表 5。从宋代和明代时期 x 轴标准差与 y 轴标准差看,长短半轴非常接近,说明重灾区没有在某一方面上有明显的方向性,分布较为均匀。从椭圆长轴和短轴变化情况来看,轴标准差在各朝代增加与减少不断交替变化,重大旱灾分布范围在主要分布方向上不断极化与收缩。秦汉至魏晋南北朝时期, x 轴标准差由 707.9 km 降至 670.5 km, y 轴标准差由 498.9 km 降至 452.6 km。在此阶段东-西、南-北分布范围均收缩,隋唐五代时期长短轴进一步扩大,重大旱灾范围极化,宋代收缩,到元代面积达到最大, y 轴标准差为 797.2 km,北至河北北部、辽宁南部,南至湖南南部,该时期旱灾覆盖范围最广。到明清时期相对收缩,重灾区集中华北地区。

重点关注各时间段重大旱灾重灾区共同集中的区域,以便更准确地描述分布趋势。从方位角来

表 4 先秦-清代时期重大旱灾各地区重灾区县数/个

Table 4 Number of counties hit hardest by major drought in each region during Pre-Qin and Qing Dynasties

	先秦/个	秦汉/个	魏晋南北朝/个	隋唐五代/个	宋/个	元/个	明/个	清/个	全期/个
北方地区	32	54	15	326	118	160	416	407	621
南方地区	0	1	96	19	207	168	27	4	371
西北地区	11	110	13	106	106	99	107	30	137
青藏地区	0	0	0	0	0	1	0	0	1

注:港澳台数据暂缺。

表 5 重大旱灾综合指数标准差椭圆参数与重心分布

Table 5 Standard deviation ellipse parameters and gravity center distribution of comprehensive major drought index

参数	先秦	秦汉	魏晋南北朝	隋唐五代	宋	元	明	清	全期
标准差椭圆	沿 x 轴标准差/km	370.2	707.9	670.5	739.3	609.9	582.4	582	619.9
	沿 y 轴标准差/km	65.2	498.9	452.6	582.9	600	797.2	632.6	605.4
	方位角/(°)	70.5	126.7	107.1	49.4	167.8	14.5	3.2	70.5
指数重心	椭圆面积/km ²	75 776.6	1 109 480	953 211	1 353 810	1 264 590	1 458 550	1 156 590	1 050 170
	所在市域	新乡市	郑州市	开封市	许昌市	周口市	周口市	许昌市	郑州市
	所在县域	辉县市	登封市	通许县	长葛市	鹿邑县	淮阳区	建安区	金水区

注:港澳台数据暂缺。

看, 宋、元、明代方位角较接近“正北-正南”方向, 先秦、隋唐五代、清代呈现“东北-西南”方向, 秦汉、魏晋南北朝呈现“西北-东南”方向, 这取决于该时间段西南与东南半壁地区的灾害发生情况。从重心坐标来看, 重大旱灾综合指数重心呈现不规律移动轨迹, 且始终位于河南省境内。其重心在先秦时期位于新乡市辉县市, 其后的总体移动方向为“西南-东北-西南-东南-西北”, 隋唐五代到宋代期间重心转移幅度较大, 由东南方向向西北方向移动了 119.1 km。全期重心位于开封市尉氏县, 其余重心为许昌市、周口市以及郑州市。从所揭示的空间迁移规律来看, 旱灾重心变化并不大, 而唐宋以后人口和经济重心明显南移, 在本文结果中人口经济与旱灾产生了区域分异, 这可能是由于虽然人口与自然灾害有一定的关联性, 但是重大旱灾受气候影响更大, 自古以来主要均集中在黄河流域, 并且北方多于南方, 综合来看自然环境要素贡献度更大, 关联度更强。

3 讨论

3.1 历史气候变化对重大旱灾发生年数的影响

先秦-清代时期中国旱灾分布范围较广, 灾情严重, 各朝代发生重大旱灾的频次和灾情具有一定的规律性^[7]。气候变化是造成旱灾频繁的主要原因之一, 而气温与降水的波动是气候变化的最直接体现。为进一步揭示气候变化对旱灾发生频次的响应, 将过去 5 000 a 中国气温重建序列^[41]、华北降水量

重建序列^[42]与历史时期旱灾发生年数序列进行耦合。图 2 看出, 历史时期气温与降水量整体均呈现出波动下降的趋势, 旱灾发生年数则为波动上升趋势, 且二者之间的变化具有一定的特点, 大致可分为 4 个阶段。第 1 阶段为 850 a.B.C.—300 年, 对应的历史时期为先秦、秦汉和魏晋南北朝前期, 该时期气温高、降水多, 旱灾发生低, 气温变化与旱灾年数变化较为同步; 第 2 阶段为 301—900 年, 对应时期为魏晋南北朝中后期至隋唐五代末期, 该时期气温与旱灾年数呈现相反变化趋势, 气温降低旱灾年数增加, 在约 450 年时二者均达到前所未有的极值; 第 3 阶段为 901—1200 年, 温度与旱灾年数均波动上升。第 4 阶段为 1201—1911 年, 此时气温与旱灾年数开始呈现出明显相反且剧烈的变化趋势, 旱灾年数在 1300 年后快速增加, 1600—1700 年达到顶峰, 而从元末明初开始, 中国历史时期的气候变化进入了最为漫长的一个寒冷阶段^[30]。过去在中国的数千年中, 所有的寒冷时期都伴有严重的自然灾害和人类灾难^[43], 魏晋南北朝中后期至隋初也经历了寒冷时期, 旱灾频发; 而隋代与唐代前期处于温暖湿润时期, 重大旱灾频次整体也较少。以每百年尺度为时间单位将各期间的累计旱灾年数与平均温度距平、平均降水量做相关性分析, 可见每百年的重大旱灾年数均与气温、降水呈现显著负相关, 相关性系数分别为-0.542 和-0.626。即温度越高、降水越多, 气候越温暖湿润时, 重大旱灾发生年数越少, 且受降水量的影响更为显著。

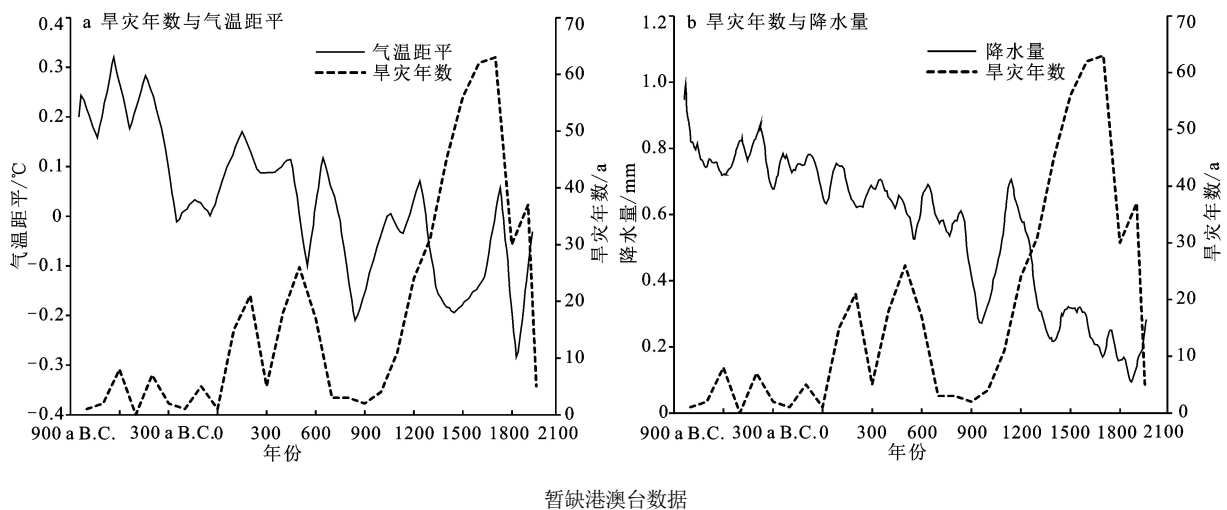


图 2 先秦-清代时期百年尺度重大旱灾发生年数与气候耦合

Fig.2 Coupling diagram of the occurrence years of major drought and climate on a 100-year scale during the Pre-Qin and Qing Dynasties

3.2 自然要素对重大旱灾分布格局的影响

重大旱灾的频发与孕灾环境有关。先秦-清代时期重大旱灾最为频繁的重灾区主要为河南、山西、河北、陕西等周边地区,这与刘毅的研究成果一致^[7]。先秦-清代时期旱灾的重心均在河南,从地形上来看,河南位处中国二、三阶梯的过渡地带,西部主要包括太行山、崤山、嵩山等山区,属第二级阶梯;东部则是较为平坦的黄淮海平原,属于第三阶梯。地势特点为西高东低其界限非常明显,该地形条件使得河道上下游排泄能力不相称,为水旱灾害提供了孕灾环境,且历史时期豫西地区植被覆盖度低易造成水土流失。从种植作物来看,河南的农作物以旱作物为主,成熟需要达到合适的水热条件,而历史时期农业水利设施并不发达。标准差椭圆共同集中的地区主要为河南、山东和山西南部,中心区是以河洛为中心的黄河中下游地区,这与张健^[44]所得出的结果一致。该地是中华民族的发祥地,也是重大旱灾最严重的区域,对降水的极其响应敏感,一旦出现干旱年份,地处华北平原中部的温带大陆性季风气候,冬季在西伯利亚-蒙古高压的控制下,气候寒冷干燥,降水稀少,春季环流易形成大风干旱气象,而夏季如遇到副热带高压长期控制则又会造成长时间不雨的伏旱,黄河下游容易断流,其暴露度、脆弱性增强,更易形成明显重灾区。

3.3 人类活动对旱灾重灾区变迁的影响与响应

人类活动会在一定程度上带来孕灾环境的改变,从而影响到局部区域的旱情。战争是人类活动最为剧烈的一种,明末数十万人口的大规模流动,不仅是旱灾的产物,本身也加剧灾区的灾情,甚至将灾区扩大至非旱灾区域^[45]。经济与人口的增长和迁移对旱灾重灾区也有影响。宋代时期浙江绍兴一带经济发达人口不断增长,却无可供开垦的耕地,故开始围湖造田,湖泊的消失逐渐造成局地小气候改变,使得农田“旱则无灌溉之力”,旱灾重灾区也迁移到了浙江一带。对于旱灾的发生历朝历代都有救灾活动,然而人类对环境过度、不适宜地开发与不合理的救灾活动往往导致重大旱灾害的反复发生。比如明代北方偏僻山区曾出现“民庐相望,沿流稻畦,高下鳞次”的现象,但随后由于过度的垦殖制度使得土地超出其承载能力,人类迁徙弃耕使得当地“一切抛荒而农业堕矣”^[30]。明初北方改变耕种方式与作物使得土地盐碱化和肥力下降,而“明清小冰期”的到来,农作物无法抵御寒冷气候,因此大量人

民弃耕南下,流民剧烈增加同时又增加了迁入地的负担。明代后期长江中下游地区成为了旱灾重灾区。可见重大旱灾的发生与人口增减和生产活动也有一定关系。

此外,人口分布格局与旱灾重灾区有一定的关联。“胡焕庸线”是中国传统意义上的人口分界线,“沈兰西弧线(沈阳-兰州-西双版纳弧线)”是中国人口疏密区交错带的外弧线,反映的是强盛农耕王朝的农牧分界线和人口疏密区分界线^[46]。以“沈兰西弧线”以东以南区域包含了各时间段的重大旱灾标准差椭圆区域与大部分重大旱灾区域,且重灾区与重心几乎均在以福州为圆心,兰州与沈阳为弧线组成的扇形区域。该区域历来人口分布集中,人类活动强烈,既可以作为致灾因子通过改变孕灾环境造成重灾区的形成,同时也是承灾体,当重大旱灾发生时本身也会受到巨大损失。且历史时期其他重大灾害与人口分布格局也有一定的规律性,人口增加带来的土地开发和人地关系紧张,使人口稠密地区各种灾害频发且程度严重^[7],故“沈兰西弧线”在旱灾区划的分布与人类活动的关联上能够代表一定的意义。

然而值得注意的是,将综合旱灾指数进行归一化,可以较好地横向体现出同时期或同一朝代区域之间旱灾的严重程度差异,但对于整个历史时期区域性的重大旱灾严重程度的变化难以进行准确的纵向比较,各时期重灾区的划分与变迁的规律性还需要进一步精细化。此外对于历史文献的记录不可避免的存在有厚今薄古、文献丢失等影响造成记录越往后越丰富的问题,但考虑到旱灾的发生不仅与气候等自然环境要素的恶化有关,同时也与承灾体有关。早期人口数量少,由重大旱灾导致产生人口与经济的损失也较小;近代人口数量随着生产力的发展和经济水平的提高呈现增长趋势,承灾体也相应扩大,重大旱灾也逐渐增加,所以随着时间的推移重大旱灾不断增多的变化趋势,一定程度上是能够反应其真实规律的。旱灾重灾区的变迁也会受到政权变迁的影响,分裂时代有时会出现汉族政权境内记载相比少数民族政权治下更丰富的情况^[47],如“宋代为唯一一个整体频率最高发生在南方地区的时期”,这一结论可能会受到南宋时期南方记载多于北方(金元治下)的影响。宋代的干湿格局较为复杂,北宋时期南岭地区以南、黄土高原至中原地区偏湿,长江中下游-黄淮海平原偏干;南宋时期长江三角

洲、华北东北部等地偏湿润,黄土高原、黄河中下游及长江以南的大部分地区偏干最为显著,降水较少^[30]。故对于宋代,不能简单地说是南旱北涝,或北旱南涝,但总体上都较偏旱。所以仅通过气候变化,难以解释文中发现的南部旱灾偏多的结论。南宋时期南北政权分裂,汉族的政治区域在南方,而北方地区由少数民族统治,史书记载相对较少,所以确实可能存在依据记载所反映的旱灾分布并非代表当时真实情况。人文社会等因素在旱灾的研究中还需进一步量化在评价体系,至于如何合理准确的量化目前还存在不确定性,这也是今后需要继续考虑与完善。随着气候变化和经济发展,社会应灾能力得到很大提升,而重大旱灾造成的经济损失却日益严重。因此,需要进一步探究适应当今环境背景下重大旱灾与自然环境、人类活动以及社会制度的相互作用机理,对重灾区进行更为详尽的划分以应对自然灾害。

4 结论

1) 先秦-清代(850 a.B.C.—1911 年)重大旱灾共有 580 a 发生,平均每 4.76 a 发生 1 次,随着朝代的更替频次呈现出逐渐上升的趋势,魏晋南北朝出现第一个高峰,明代达到顶峰。空间分布上,重大旱灾的发生频次北方高于南方,频发区主要为华北地区,仅在魏晋南北朝时期和宋代转移到江浙地区。明代频次最高。整体上重大旱灾频次最高的地区发生在陕西、河南和山东的一些县域。

2) 重大旱灾累计等级分布与重大旱灾频次在空间分布上较为相似,明代为整体时期重大旱灾累计等级最高、受灾范围最大的时期,近全国 56.8% 的地区都有发生重大旱灾,华北地区和陕西为重灾区,有 87 个县累计等级为 55 以上;此阶段几乎全国各地区的重大旱灾累计等级都达到了历史最高。重大旱灾累计等级具有显著的空间自相关性,其相关性变化经历了“增-减-增-减”的过程,空间集聚的模式较为固定,全期莫兰指数为 0.43,具有显著空间集聚性。

3) 重旱Ⅳ级县数明清时期最多,共有 378 个,先秦、隋唐五代时期最少。全期重大旱灾综合平均指数为 0.19,重灾区的县数共占总发生灾害县数的 21.4%。在各时间段上旱灾重灾区在陕西、河南、山西、河北、山东变化,以 5 省为中心向周边扩散,重

大旱灾综合指数逐渐递减。重心沿“西南-东北-西南-东南-西北”方向移动,且始终位于河南省境内。

4) 先秦-清代时期重大旱灾发生频率与气候变化呈显著相关性($P < 0.01$),旱灾频次与气温呈负相关($r = 0.542$),同降水负相关性更强($r = 0.626$)。中国西高东低的地势条件、温带大陆性季风气候和人类不合理活动与华北及其周边地区成为重灾区有一定的关联。此外,气候变化与人口分布对历史时期重大旱灾分布格局变动具有重要影响。

参考文献(References):

- [1] 郑远长. 全球自然灾害概述 [J]. 中国减灾, 2000, 10(1): 14-19. [Zheng Yuanchang. Overview of global natural disasters. Disaster Reduction in China, 2000, 10(1): 14-19.]
- [2] Wilhite D A, Glantz M H. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions[J]. *Water International*, 1985, 10(3): 111-120.
- [3] 陈发虎, 傅伯杰, 夏军, 等. 近 70 年来中国自然地理与生存环境基础研究的重要进展与展望 [J]. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(11): 1659-1696. [Chen Fahu, Fu Bojie, Xia Jun et al. Major advances in studies of the physical geography and living environment of China during the past 70 years and future prospects. *Science China Earth Sciences*, 62: 1665-1701.]
- [4] 王静爱, 史培军, 王平, 等. 中国自然灾害的时空格局 [M]. 北京: 科学出版社, 2006. [Wang Jing'ai, Shi Peijun, Wang Ping et al. Spatial-temporal pattern of natural disasters in China. Beijing: Science Press, 2006.]
- [5] 黄荣辉, 蔡榕硕, 陈际龙, 等. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系 [J]. *大气科学*, 200620(5): 730-743. [Huang Ronghui, Cai Rongshuo, Chen Jilong et al. Interdecadal variations of drought and flooding disasters in China and their association with the East Asian climate system. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 200620(5): 730-743.]
- [6] 周广胜. 气候变化对中国农业生产影响研究展望 [J]. *气象与环境科学*, 2015, 38(1): 80-94. [Zhou Guangsheng. Research prospect on impact of climate change on agricultural production in China. *Meteorological and Environmental Sciences*, 2015, 38(1): 80-94.]
- [7] 刘毅, 杨宇. 历史时期中国重大自然灾害时空分异特征 [J]. *地理学报*, 2012, 67(3): 291-300. [Liu Yi, Yang Yu. Spatial distribution of major natural disasters of China in historical period. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(3): 291-300.]
- [8] 张德二, 梁有叶. 1876—1878 年中国大范围持续干旱事件 [J]. 气候变化研究进展, 2010, 6(2): 106-112. [Zhang Deer, liang Youye. A long lasting and extensive drought event over China during 1876—1878. *Advances in Climate Change Research*, 2010, 6(2): 106-112.]
- [9] Middleton, D S G. World atlas of desertification[M]. London: Arnold, 1997.

- [10] Paulo A A, Pereira L S. Drought concepts and characterization: Comparing drought indices applied at local and regional scales[J]. *Water International*, 2006, 31(1): 37-49.
- [11] Vicente-Serrano S M, Beguería S, López-Moreno J I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index[J]. *Journal of climate*, 2010, 23(7): 1696-1718.
- [12] Quiring S M. Monitoring drought: An evaluation of meteorological drought indices[J]. *Geography Compass*, 2009, 3(1): 64-88.
- [13] Heim Jr R R. A review of twentieth-century drought indices used in the United States[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2002, 83(8): 1149-1166.
- [14] Pinzon J E, Tucker C J. A non-stationary 1981—2012 AVHRR NDVI3g time series[J]. *Remote Sensing*, 2014, 6(8): 6929-6960.
- [15] Wang S, Zhang Y, Ju W et al. Tracking the seasonal and inter-annual variations of global gross primary production during last four decades using satellite near-infrared reflectance data[J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 755: 142569.
- [16] 萧廷奎, 彭芳草, 李长付, 等. 河南省历史时期干旱的分析 [J]. *地理学报*, 1964(3): 259-276. [Xiao Tingkui, Peng Fangcao, Li Changfu et al. On the droughts occurring in historical period of Henan Province. *Acta Geographica Sinica*, 1964(3): 259-276.]
- [17] 张德二. 相对温暖气候背景下的历史旱灾——1784—1787 年典型灾例 [J]. *地理学报*, 2000(S1): 106-112. [Zhang Deer. 1784—1787 Drought occurrence over east chinain a warm climatic background. *Acta Geographica Sinica*, 2000(S1): 106-112.]
- [18] 许斌, 毛旭锋, 李永飞, 等. 1450—1949 年川渝地区干旱时空变化 [J]. *地理科学*, 2022, 42(4): 720-729. [Xu Bin, Mao Xufeng, Li Yongfei et al. Spatial-temporal variation of drought in Sichuan and Chongqing from 1450 to 1949. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(4): 720-729.]
- [19] 符淙斌, 曾昭美. 最近 530 年冬季北大西洋涛动指数与中国东部夏季旱涝指数之联系 [J]. *科学通报*, 2005, 1(14): 1512-1522. [Fu Zongbin, Zeng Zhaomei. Association between winter North Atlantic Oscillation Index and summer drought/flood index over Eastern China in recent 530 years. *Chinese Science Bulletin*, 2005, 1(14): 1512-1522.]
- [20] 谭徐明. 近 500 年我国特大旱灾的研究 [J]. *防灾减灾工程学报*, 2003, 23(2): 77-83. [Tan Xuming. Study of major drought catastrophes in China in recent 500 Years. *Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering*, 2003, 23(2): 77-83.]
- [21] 殷淑燕, 徐满悦, 党群. 陕西省明代水旱灾害与干湿特征 [J]. *干旱区资源与环境*, 2020, 34(1): 115-122. [Yin Shuyan, Xu Xiaoyue, Dang Qun. Study on water and drought disasters and wet and dry characteristics of Shaanxi province in Ming Dynasty. *Journal of Arid land Resources and Environment*, 2020, 34(1): 115-122.]
- [22] 余航, 王龙, 文俊, 等. 云南省 500 年干旱灾害时空分布研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 2014, 28(12): 38-44. [Yu Hang, Wang Long, Wen Jun et al. Study on spatial and temporal distribution of drought disaster in 500 years in Yunnan Province. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2014, 28(12): 38-44.]
- [23] 李艳萍, 陈昌春, 张余庆, 等. 明代河南地区干旱灾害的时空特征分析 [J]. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(5): 174-179. [Li Yanping, Chen Changchun, Zhang Yuqing et al. Spatiotemporal characteristics of drought disasters in Henan Province in Ming Dynasty. *Journal of Arid land Resources and Environment*, 2015, 29(5): 174-179.]
- [24] 王林, 陈文. 近百年西南地区干旱的多时间尺度演变特征 [J]. *气象科技进展*, 2012, 2(4): 21-26. [Wang Lin, Chen Wen. Characteristics of multi-timescale variabilities of the drought over last 100 years in Southwest China. *Advances in Meteorological Science and Technology*, 2012, 2(4): 21-26.]
- [25] 张允, 赵景波. 近 200 年来关中地区干旱灾害时空变化研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 2008(7): 94-98. [Zhang Yun, Zhao Jingbo. Spacial temporal changes of drought disaster in Guanzhong Area in recent 200 years. *Journal of Arid land Resources and Environment*, 2008(7): 94-98.]
- [26] 陈玉琼. 近 500 年华北地区最严重的干旱及其影响 [J]. *气象*, 1991(3): 17-21. [Chen Yuqiong. A study on the droughts and their impacts from 1470 to 1979 in North China. *Meteorological Monthly*, 1991(3): 17-21.]
- [27] 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): 691-696. [Zhang Qiang, Jiang Tong, Wu Yijin. Impact of ENSO events on flood/drought disaster of upper Yangtze River during 1470—2003. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(6): 691-696.]
- [28] 谭其骧. 中国历史地图集 [M]. 北京: 中国地图出版社, 1982. [Tan Qixiang. The historical atlas of China. Beijing: SinoMaps Press, 1982.]
- [29] 周振鹤. 中国行政区划通史 (修订版) [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2017. [Zhou Zhenhe. A general history of Chinese administrative divisions (revised edition). Shanghai: Fudan University Press, 2017.]
- [30] 袁祖亮. 中国灾害通史 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2009. [Yuan Zuliang. General history of disaster in China. Zhengzhou: Zhengzhou University Press, 2009.]
- [31] 张德二. 中国三千年气象记录总集 [M]. 南京: 江苏教育出版社, 2013. [Zhang Deer. Total records of meteorology in China in recent 3000 years. Nanjing: Jiangsu Education Publishing House, 2013.]
- [32] 高文学. 中国自然灾害史 (总论) [M]. 北京: 地震出版社, 1997. [Gao Wenxue. History of natural disasters in China (general). Beijing: Seismological Press, 1997.]
- [33] 宋正海. 中国古代重大自然灾害和异常年表总集 [M]. 广州: 广东教育出版社, 1992: 545-558. [Song Zhenghai. Chronicle of great nature disasters and abnormal phenomena in ancient China. Guangzhou: Guangdong Education Press, 1992: 545-558.]
- [34] 陈高儒. 中国历代天灾人祸表 [M]. 北京: 北京图书馆出版社, 2007. [Chen Gaoyong. Chronicle of the natural and man-made

- disasters in historical China. Beijing: National Library of China Publishing House, 2007.]
- [35] 陈业新. 历史时期水旱灾害资料等级量化方法述论——以《中国近五百年旱涝分布图集》为例 [J]. 上海交通大学学报 (哲学社会科学版), 2020, 28(1): 107-115+128. [Chen Yexin. A review of the quantitative classification of flood and drought disaster data in historical period: Taking the atlas of drought and flood distribution in China in the last 500 years as an example. Journal of Shanghai Jiaotong University (Philosophy and Social Sciences), 2020, 28(1): 107-115+128.]
- [36] 高兴, 李钢, 王星星, 等. 1635—1643 年中国群聚性灾害的时空演进与气候背景 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 2021, 60(6): 71-79. [Gao Xing, Li Gang, Wang Xingxing et al. Spatiotemporal process and climatic background of clustering disasters in China during 1635—1643. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2021, 60(6): 71-79.]
- [37] Li Y F, Li Y, Zhou Y et al. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment [J]. Journal of Environmental Management, 2012, 98: 127-133.
- [38] 徐建华, 岳文泽. 近 20 年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析 [J]. 地理科学, 2001, 21(5): 385-389. [Xu Jianhua, Yue Wenzhe. Evolution and comparative analysis of the population center gravity and the economy gravity center in recent twenty years in China. Scientia Geographica Sinica, 2001, 21(5): 385-389.]
- [39] 龚胜生, 肖克梅. 两千年来中国经济重心变迁的量化分析——基于人口和城市数据的代用分析 [J]. 地理科学, 2021, 41(9): 1587-1597. [Gong Shengsheng, Xiao Kemei. A quantitative study on the spatio-temporal changes of China's economic centers of gravity for the past 2000 years: A proxy analysis based on population and city data. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(9): 1587-1597.]
- [40] 何珮婷, 刘丹媛, 卢思言, 等. 基于最大熵模型的深圳市内涝影响因素分析及内涝风险评估 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(10): 1868-1881. [He Peiting, Liu Danyuan, Lu Siyan et al. Influencing factors of waterlogging and waterlogging risks in Shenzhen City based on MAXENT. Progress in Geography, 2022, 41(10): 1868-1881.]
- [41] 葛全胜, 王顺兵, 郑景云. 过去 5000 年中国气温变化序列重建 [J]. 自然科学进展, 2006, 16(6): 689-696. [Ge Quansheng, Wang Shunbing, Zheng Jingyun. Reconstruction of temperature change sequence in China in the past 5 000 years. Progress in Natural Science, 2006, 16(6): 689-696.]
- [42] Chen F, Xu Q, Chen J et al. East Asian summer monsoon precipitation variability since the last deglaciation [J]. Scientific Reports, 2015, 5(1): 1-11.
- [43] Harry F L, David D Z. Changes in climate and secular population cycles in China, 1000 CE to 1911 [J]. Climate Research, 2010, 42(3): 235-246.
- [44] 张健. 康熙年间黄河中游大旱事件史实、特征及社会因素 (1689—1692) [J]. 苏州大学学报 (哲学社会科学版), 2018, 39(3): 166-175. [Zhang Jian. The historical facts and characteristics of the great drought events in the middle reaches of the Yellow River during the reign of Kangxi Social Factors (1689—1692). Journal of Soochow University (Philosophy & Social Science Edition), 2018, 39(3): 166-175.]
- [45] 曹树基. 粮食与兵员: 明末大旱与农民战争的关系 [J]. 史林, 2019(2): 76-87+202+220+223-225. [Cao Shuji. Grain and army: The relationship between great drought and peasant war in Late Ming. Historical Review, 2019(2): 76-87+202+220+223-225.]
- [46] 龚胜生, 陈云. 中国人口疏密区分界线的历史变迁及数学拟合与地理意义 [J]. 地理学报, 2019, 74(10): 2147-2162. [Gong Shengsheng, Chen Yun. The historical change, mathematical fitting and geographical significance of demographic borderlines in China. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(10): 2147-2162.]
- [47] 葛全胜. 中国历朝气候变化 [M]. 北京: 科学出版社, 2011. [Ge Quansheng. The climate change in China during the past dynasties. Beijing: Science Press, 2011.]

Spatial and temporal distribution pattern and changing process of major drought in Pre-Qin and Qing Dynasties of China

Guo Yishu, Yin Shuyan, Che Lusheng

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

Abstract: The major drought records with detailed disaster descriptions from Pre-Qin Dynasty to Qing Dynasty (850 a B.C.—1911 a A.D.) are extracted from historical documents and historical material records. The entropy weight method was used to determine the comprehensive index of major drought, and the spatial autocorrelation, barycentric analysis and standard deviation ellipse were used to study the distribution pattern and change process of major drought in historical period of China. The results show that: 1) From Pre-Qin Dynasty to Qing Dynasty, the frequency of major drought in China was 580 times, with an average of once every 4.76 years, showing an overall upward trend. 2) On the whole, the frequency of major drought in the north is higher than that in the south, and the highest frequency of drought is in some counties of Shaanxi, Henan and Shandong. 3) The Ming Dynasty is the period with the highest cumulative level of major drought, and nearly 56.81% of the areas in China have experienced major drought. The cumulative grade of major drought has significant spatial autocorrelation, and its correlation changes have experienced the process of “increase-decrease-increase-decrease”. The Moran index of the whole period is 0.43, which has significant spatial agglomeration. 4) The number of counties with major drought accounted for 21.42% of the total number of counties with major drought. Its center of gravity is always located in Henan Province, moving in the direction of “southwest-northeast-southwest-southeast-northwest”. 5) The frequency of major drought was significantly negatively correlated with temperature and precipitation. The terrain conditions of high in the west and low in the east of China, temperate continental monsoon climate and unreasonable human activities are related to North China and its surrounding areas becoming the hardest hit areas. In addition, climate change and population distribution have an important impact on the changes in the distribution pattern of major droughts in historical periods.

Key words: major drought; severely affected areas; focus migration; Shenyang-Lanzhou-Xishuangbanna Arc