

【黄河三角洲研究】

# 明代黄河三角洲地区旱灾时空变化特征

董立峰, 李德一, 赵 昕, 栗衍香

(滨州学院 建筑工程学院, 山东 滨州 256603)

**摘 要:**通过对历史文献干旱记载的整理与分析,运用最小二乘法、小波分析法等方法,研究了明代黄河三角洲地区干旱灾害的时空特征。结果表明:明代黄河三角洲地区干旱灾害等级以中度旱灾和轻度旱灾为主,大旱灾与特大旱灾数量较少。旱灾频次的年际变化可以分为低—中—高三个时段,呈增长趋势。季节变化以夏旱最多,跨季干旱以春夏连旱最多,周期特征以 42 年主周期最明显。从空间分布看,北部和西部各州县旱灾发生较多,南部和东部各州县旱灾发生较少。旱灾发生的自然原因主要是小冰期气候变化,社会原因主要是人口增长、移民垦荒、政治腐败等。

**关键词:**黄河三角洲地区;干旱灾害;时空特征;小冰期;明代

**中图分类号:** K 248 **文献标识码:** A **DOI:**10.13486/j.cnki.1673-2618.2023.05.013

干旱是最重要的极端气候事件之一,对社会经济和生态系统等方面有重要的影响<sup>[1]</sup>。随着全球气候变暖,极端气候事件频繁发生,很多区域干旱发生频率增多、强度增大,影响范围随之扩大<sup>[2-5]</sup>。黄河三角洲地区自古以来就是干旱灾害频繁发生的地区<sup>[6]</sup>,历史上各时期旱灾不仅对该地区农业生产造成严重影响,而且容易引发各种次生灾害,影响经济发展和社会稳定<sup>[7-8]</sup>。明代是小冰期的前半段,气候总体上冷干<sup>[9]</sup>,对这一时期旱灾的研究有助于加深小冰期气候变化的区域响应和人类应对的认识。学者们对黄河三角洲及邻近地区各历史时期旱灾的成因、周期特征已有诸多探讨<sup>[10-11]</sup>,但对于黄河三角洲地区各历史时期旱灾时空格局还缺乏深入的研究。笔者通过对黄河三角洲地区干旱灾害历史记录搜集、整理和分析,研究该区域明代干旱灾害的时间变化与空间分布特征,探讨干旱灾害的成

因,为全球变暖背景下区域干旱灾害的防治提供历史借鉴和科学依据。

## 一、明代黄河三角洲地区干旱的基本情况

2009 年,国务院正式批复《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》,以此为起点,黄河三角洲地区的发展上升为国家战略,成为国家区域协调发展的重要组成部分。黄河三角洲位于渤海南部黄河入海口沿岸地区,包括山东省的东营(包括东营区、河口区、垦利区、广饶县、利津县)、滨州(包括滨城区、沾化区、惠民县、阳信县、无棣县、博兴县、邹平市)两个市和潍坊北部寒亭区、寿光市、昌邑市,德州乐陵市、庆云县,淄博高青县,烟台莱州市,共涉及 6 个市的 19 个县(市、区),总面积 2.65 万平方公里,占山东省的 1/6。本文所论及明代黄河三角洲地区为山东省济南府和青州府所辖,共包括武定(今山东省惠民

收稿日期:2023-03-04

基金项目:滨州市社会科学规划课题“晚清滨州黄河水患及社会影响研究”(23-HHZX-005);滨州市农社领域科技创新政策引导计划项目“基于 GIS 的滨州市农业干旱风险评价研究”(2022SHFZ007)

第一作者简介:董立峰(1968—),男,山东高青人,副教授,硕士,主要从事自然地理学研究。

E-mail:donglifeng210@163.com

县)、滨州、阳信、海丰、蒲台、利津、沾化、邹平、长山、齐东、青城、高苑、博兴、乐安等 14 州县<sup>[12]74</sup>。

黄河三角洲地区位于北纬 36°41′~38°16′, 东经 117°15′~119°10′, 面积 18 734 km<sup>2</sup>, 人口 643.5 万人, 属于暖温带大陆性季风气候, 年平均气温 12.7℃, 年平均降水量 560.4 mm, 降水量集中于夏季, 冬春季节降水量少。春季气温回升快, 蒸发量大, 易发生春旱。降水量年际变化大, 每隔几年就发生较严重的干旱。

为保证资料的完整性、连续性、可靠性, 除参考《中国三千年气象记录总集》<sup>[13]</sup>《中国气象灾害大典·山东卷》<sup>[14]</sup>《山东水旱灾害》<sup>[15]</sup>《山东自然灾害史》<sup>[16]</sup>《山东省气候历史记载初步整理》<sup>[17]</sup>《济南府志》<sup>[18]</sup>《武定府志》<sup>[19]</sup>《青州府志》<sup>[20]</sup>等资料中关于明代(1368—1644 年)黄河

三角洲地区各府、州、县区域明确记载的干旱灾害外, 还根据黄河三角洲地区地方县志对于干旱灾害记录进行了补充修正。

本文运用最小二乘法研究明代黄河三角洲地区干旱灾害的时间变化特征, 统计明代黄河三角洲地区各州县干旱灾害频次, 以空间分析法研究区域干旱灾害的空间分布特征。小波分析不但可以揭示气候变化在不同时间尺度上的周期特征, 而且可以揭示各种周期信号随时间变化的强弱<sup>[21]</sup>。运用 matlab2016 软件中 morlet 小波基函数进行小波分析, 研究干旱灾害的周期变化。在灾害等级方面, 根据旱灾的持续时间、强度、波及地域和受灾后果, 将明代黄河三角洲地区的旱灾划分为 4 级<sup>[22]</sup>。见表 1。

表 1 明代黄河三角洲地区旱灾等级划分及频次

旱灾等级	分级依据	文献记录实例	次数	旱灾占比/%
I 级 (轻度旱灾)	文献记载中有局部或个别地区发生干旱, 未提及旱灾对农业及当地人民生活的影响。	明嘉靖七年(1528), 五月海丰旱; <sup>[19]</sup> 明万历二十五年(1597)七月, 利津旱。 <sup>[23]</sup>	39	37.14
II 级 (中度旱灾)	文献记载中有免赋税、缓征额赋或粮食歉收。	明宣德八年(1432)济南府春旱, 遣使赈恤, 夏复赈饥, 免粮租。 <sup>[18]</sup>	43	40.95
III 级 (大旱灾)	描述了较大的区域大旱, 赤地千里, 粮食严重歉收, 村民无以为食, 粮食价格飞涨。	明嘉靖三十二年(1553), 武定大饥, 无麦无禾; <sup>[19]</sup> 明万历十五年(1587)高苑正月至六月不雨, 岁大饥。 <sup>[24]</sup>	14	13.34
IV 级 (特大旱灾)	文献记载中有河流断流, 人口大面积死亡, 人口发生迁移, 人民生命财产遭受重大损失。	明万历四十三年(1615), 沾化、利津、乐安大旱, 人相食; <sup>[18]</sup> 博兴大荒至人食人 <sup>[25]</sup> ; 邹平大饥, 人相食; <sup>[26]</sup> 长山大饥, 或父子相食。 <sup>[27]</sup>	9	8.57

(一) 干旱灾害等级及频次

由表 1 可知, 明代黄河三角洲地区共发生旱灾 105 次, 平均 2.64 年发生 1 次。II 级中度旱灾发生频次最高, 共发生 43 次, 占旱灾总频次的 40.95%; I 级轻度旱灾次之, 共发生 39 次, 占旱灾总频次的 37.14%; III 级大旱灾再次之, 共发生 14 次, 占旱灾总频次的 13.34%; IV 级特大旱灾发生频次最少, 共发生 9 次, 占旱灾总频次的 8.57%。可见, 明代黄河三角洲地区中度旱灾发

生最多, 轻度旱灾次之, 大旱灾和特大旱灾较少。

(二) 干旱灾害季节变化

明代黄河三角洲地区明确记载干旱灾害发生季节和月份的共 64 次。以 2、3、4 月为春季, 5、6、7 月为夏季, 8、9、10 月为秋季, 11、12 至次年 1 月为冬季, 分别统计干旱灾害的发生季节。据统计, 明代黄河三角洲地区单季干旱发生频次最高, 以夏旱为主, 发生了 33 次, 占总频次的 51.56%; 春旱和秋旱分别发生了 7 次和 6 次, 占

总频次的 10.94%和 9.37%;冬旱发生次数最少,共 2 次,占总频次的 3.13%。其次是跨季干旱,以春夏连旱最多,达 13 次,占总频次的 20.31%;夏秋连旱发生 2 次,占总频次的 3.13%;春夏秋连旱发生 1 次,占总频次的 1.56%。

(三)干旱灾害空间分布

根据文献中明代黄河三角洲地区干旱灾害的记载,分别统计各州、县受旱频次。为了准确反映各地干旱灾害程度,旱灾频次记录均根据文献<sup>[13-17]</sup>和当地地方志进行了核对。据统计,明代黄河三角洲地区旱灾发生最多的是高青(明代高苑、青城 2 县)、蒲台,各 21 次,其次是海丰,为 20 次,再次是沾化、惠民,各 18 次。其余各县中旱灾记录达到或超过 10 次的是阳信、长山、滨州、齐东、乐安,分别为 16 次、14 次、12 次、12 次、10 次;旱灾记录少于 10 次的州县有利津、邹平、博兴,分别为 8 次、7 次、4 次。可见,明代黄

河三角洲地区干旱灾害发生程度以北部和西部各州县为最严重,南部和东部各州县干旱灾害发生较少,受旱程度的分布与该区域现代年降水量分布从东南向西北递减的规律基本一致。

二、明代黄河三角洲地区干旱灾害的年内变化

以 10 年为单位,统计明代(1368—1649)黄河三角洲地区的每 10 年发生旱灾的频次(见图 1),并进行线性与六次多项式拟合,拟合结果均通过了  $\alpha=0.01$  的显著性检验。线性拟合方程为  $y_1 = 0.1604x + 1.4603$ ,相关系数  $R_1^2 = 0.4096$ ,表明明代黄河三角洲地区干旱频次以 0.1604 次/10 年的速率呈显著增加趋势。六次多项式拟合方程为  $y_2 = 3 \times 10^{-6}x^6 - 3 \times 10^{-4}x^5 + 0.0109x^4 - 0.1911x^3 + 1.6569x^2 - 6.073x + 7.818$ ,相关系数  $R_2^2 = 0.6402$ 。

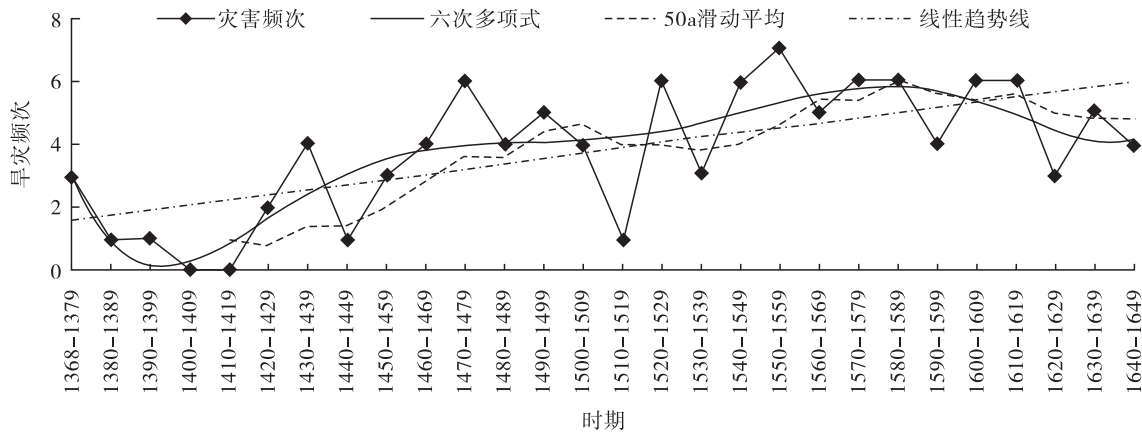


图 1 明代黄河三角洲地区旱灾 10 年频次变化

根据明代黄河三角洲地区干旱灾害频次变化和六次多项式拟合结果,按时间顺序把干旱灾害分为三个阶段。第一阶段为明朝初年至正统十四年(1368—1449),这一阶段共 82 年,共发生旱灾 12 次,占干旱灾害总频次的 11.4%,平均 6.83 年发生 1 次。其中,大旱灾 2 次,中度旱灾 8 次,轻度旱灾 2 次。该期间未发生特大旱灾,只 1430—1439 年出现一个较小的峰值。第二阶段是明朝景泰元年至正德十四年(1450—1519),这一阶段共 70 年,共发生旱灾 27 次,占干旱灾害总频次的 25.7%,平均 2.59 年发生 1 次。其中,特大干旱 5 次,大旱灾 4 次,中度旱灾 11 次,轻度旱灾 7 次。这一阶段 1470—1679 年、1490—

1499 年出现峰值,其中 1470—1679 年峰值最高,达 7 次。第三阶段是正德十五年至崇祯十七年(1520—1644),这一阶段共 125 年,共发生旱灾 66 次,占干旱灾害总频次的 62.9%,平均 1.89 年发生一次。其中,特大旱灾 4 次,大旱灾 8 次,中度旱灾 24 次,轻度旱灾 30 次。这一阶段分别在 1520—1529 年、1540—1549 年、1550—1559 年、1570—1579 年、1580—1589 年、1600—1609 年、1610—1619 年出现峰值,1550—1559 年峰值最高,干旱灾害出现频次达 7 次。明代黄河三角洲地区干旱灾害频次有逐年增加的趋势,灾害频次变化为低(1368—1449)—中(1450—1519)—高(1520—1644)。其中,第三阶段干旱

灾害频次最多,大旱灾和特大旱灾主要发生在这一阶段。如万历三十九年(1611),“青城大旱,井泉枯,大清河见底,无麦,五月始雨”;“秋,青城旱蝗”。<sup>[28]</sup>这一时期正值小冰期开始阶段,伴随着气候的寒冷和干旱化,黄河三角洲地区干旱灾害愈演愈烈。如万历四十三年(1615)黄河三角洲地区出现干旱的有滨州、阳信、沾化、利津、乐安、博兴、邹平、齐东、长山等 9 县,而其中出现“人相食”或“父子相食”记载的有沾化、利津、乐安、博兴、长山等 5 县<sup>[18-20]</sup>。严重的干旱伴随着蝗灾、瘟疫,区域内大量人员死亡,造成的灾害极为惨重。崇祿十三年(1640),阳信、海丰、长山、高青

(高苑、青城)等 5 县大旱,沾化、长山、高青出现“人相食”<sup>[18-19]</sup>。崇祿十四年(1641),“武定、阳信、海丰、沾化旱饥,人相食。”<sup>[19]</sup>《阳信县志》记载:“十四年(1641),春夏大旱,斗粟二金,人相食,瘟疫大作,死者枕藉,十村九墟,人烟几绝。”<sup>[29]</sup>

### 三、明代黄河三角洲地区干旱灾害的周期变化

利用小波分析方法对明代黄河三角洲地区干旱等级序列进行分析,结果如图 2。

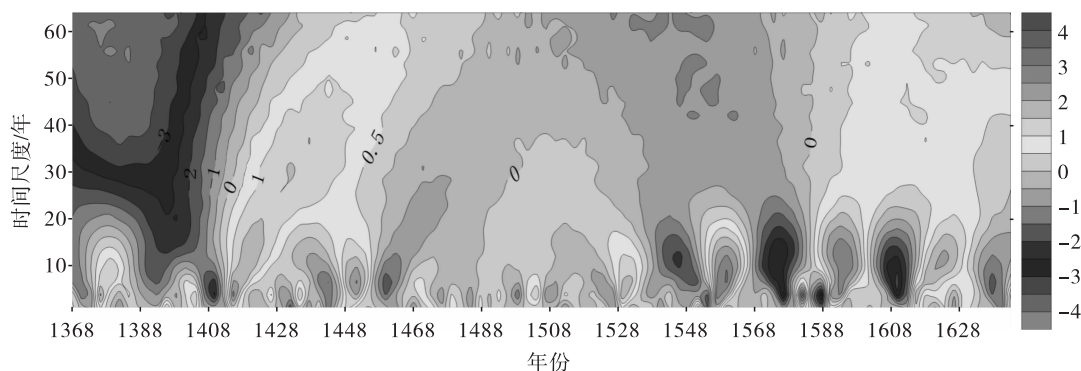


图 2 明代黄河三角洲地区干旱灾害小波实部等值线图

图 2 中纵坐标值对应了旱灾频次偏多、偏少时期,等值线的疏密反映了旱灾变化率,稠密代表变化剧烈,稀疏则表示变化比较平稳。右侧线条负值表示干旱发生较少,正值表示干旱发生较多。这表明,明代黄河三角洲地区干旱灾害在不同时间尺度上存在复杂的周期嵌套现象,且干旱周期存在显著的阶段变化。根据干旱周期信号的强弱及其随时间的变化,大致可以划分为三个阶段。第一阶段为 1368—1450 年,这一时期,1410 年以前旱灾几乎很少发生,但 1410—1450 年旱灾频率明显偏高。此时期干旱灾害存在 3~7 年、25~30 年、35~64 年准周期变化,其中 35~64 年准周期信号最强。第二阶段为 1451—1530 年,这一时期旱灾发生的频率中等,3~5 年准周期信号较强,其余尺度的周期不显著。第三阶段为 1531—1644 年,这一时期旱灾波动性较强,可以明显看出 4 个旱灾高发阶段和 3 个旱灾少发阶段,其中 8~15 年准周期信号最强,同时存在较弱的 50~60 年尺度的周期。图 3 表明,

明代黄河三角洲地区干旱灾害存在 42 年、13 年、5 年三个主周期,其中 42 年周期信号较强,为第一主周期;13 年周期强度次之,为第二主周期;5 年周期最弱,为第三主周期。

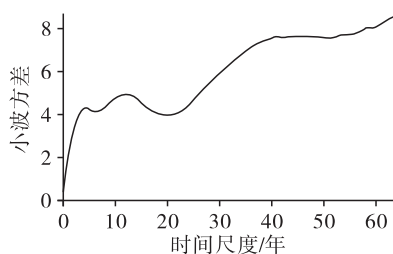


图 3 明代黄河三角洲地区干旱灾害小波方差图

### 四、明代黄河三角洲地区干旱灾害成因探讨

#### (一)自然因素

任丽萍根据黄河三角洲地区冷冻灾害记录,认为 1510 年前后(明正德年间)是黄河三角洲地区小冰期开始的时间<sup>[7]</sup>;王庆等根据与黄河三角洲地区临近的开元溶洞石笋  $\delta^{18}O$  记录,指出

1482年夏季风强度发生突变,进而提出1482年可以作为山东半岛西部小冰期开始的时间,并指出小冰期开始后,夏季风强度明显减弱,降水减少,气候波动性增大<sup>[30]</sup>;周秀骥等研究指出1450—1570年间东亚夏季风环流偏弱,EASM雨带主要停留在长江流域上空,华北地区降水较少<sup>[31]</sup>。如以1510年作为黄河三角洲地区小冰期开始时间,1368—1509年的142年间黄河三角洲地区共发生旱灾38次,平均每3.74年发生1次,大旱灾和特大旱灾较少;1510—1644年的135年间共发生旱灾67次,平均每2.01年发生1次,大旱灾和特大旱灾也主要发生在这一时期。

可见,小冰期开始后东亚夏季风减弱,黄河三角洲地区降水减少,是明代黄河三角洲地区旱灾特别是大旱灾、特大旱灾形成的主要原因。另外,受气候变化影响,黄河三角洲地区湖泊、河流的数量和水量锐减甚至出现枯竭现象<sup>[32]</sup>,水源减少,影响了水利灌溉事业的发展,进一步加重了旱情。

## (二) 社会因素

明代黄河三角洲地区干旱灾害的形成除自然因素外,人为因素也不可忽视。一是明代黄河三角洲地区人口增长,加之土地不合理开垦,导致区域生态环境恶化,引起干旱灾害的加剧。山东地区因元末明初的战乱造成大批农民逃亡,土地荒芜,明政府多次移民到人口少的地区。明洪武至永乐年间,山西洪洞县和河北枣强县一带大量移民进入黄河三角洲区域。与黄河三角洲地区临近的开元溶洞石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 记录的 $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ 植物比例在1494年前后发生突变<sup>[30]</sup>,标志着砍伐森林、开垦耕地、种植农作物等改变了该区域地表植被的 $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ 植物构成。可见,明代黄河三角洲地区移民垦荒政策和人口增长的压力,破坏了自然植被,导致水土流失加剧,生态环境恶化,加重了气候变化造成的干旱灾害。二是明朝中后期政治腐败,土地兼并严重,赋役繁重,经济衰败,农民贫困,导致干旱灾害造成的社会危机愈演愈烈。明代山东济南府“大片的土地被官僚地主阶层兼并,广大农民的生产和生活无以为继”“加之明中后期,赋役日重,民不堪负,不免逃亡”<sup>[33]</sup>,导致旱灾造成的损失更为严重。三是明

代黄河三角洲地区水利建设进展缓慢,基本农田水利设施缺失。如山东西部运河沿岸的济南、兖州、东昌三府,由于“沟洫不修之故”,“一雨则漫旱则赤地千里”<sup>[34-35]</sup>。明代后期严重的旱灾与蝗灾、瘟疫等连年发生,黄河三角洲地区民众大量流亡,土地荒芜,社会一片萧条。

## 五、结语

文献记载,明代黄河三角洲地区“春夏不雨”<sup>[24]</sup>,或“自正月至六月不雨”<sup>[24]</sup>,甚至“自正月至九月不雨”<sup>[20]</sup>,导致“无麦无禾”<sup>[20]</sup>、“长山连岁旱,饥,人相食。”<sup>[27]</sup>可见,一年中连续两季及多个季节的干旱,或持续多年干旱的累积效应,是黄河三角洲地区旱灾形成的原因。根据黄河三角洲地区滨州市1952—2010年的降水数据和干旱灾情资料,发生特大干旱时,年降水量在350 mm以下,大旱时年降水量在420 mm左右。如滨州市从2001年秋季起,全市降水持续偏少出现旱灾并发展,一直延续到2002年夏季,年降水量只有304 mm,比常年偏少256.4 mm,形成百年一遇的大旱。<sup>[36]</sup>

受历史资料所限,明代黄河三角洲地区干旱的记载中关于旱灾发生季节、月份的记载仅64次,占全部105次旱灾记录的60.9%,使本文关于黄河三角洲地区干旱灾害发生不同季节发生频次的统计可能存在一定的误差;查阅1368—1644年间黄河三角洲地区各州县干旱记载<sup>[18-20]</sup>,惠民县最早的干旱记录为1369年,而邹平、博兴、齐东等县最早出现干旱记载的年份则为1504年,1368—1503年间缺失干旱记录;明代博兴干旱事件仅有4次,干旱记载明显偏少。这表明黄河三角洲地区各州县关于干旱灾害记载的详略程度不尽一致,可能导致本文关于明代黄河三角洲地区干旱空间格局的分析存在一定的误差。

笔者基于黄河三角洲地区历史时期旱灾的记录,运用最小二乘法、小波分析法等研究了该区域干旱灾害的等级和频率、年际变化、季节变化及空间分布和周期特征,对明代黄河三角洲地区旱灾的成因进行了初步探讨。主要结论为:第一,明代277年间黄河三角洲地区共发生旱灾105次,平均每2.64年出现1次。在干旱灾害

等级方面,以中度旱灾和轻度旱灾为主,分别占旱灾总频次的 40.95%、37.14%;大旱灾、特大旱灾较少,分别占旱灾总频次的 13.34%、8.57%。第二,干旱灾害有逐渐加重的趋势。灾害频次变化为低(1368—1449年)—中(1450—1519年)—高(1520—1644年)。10年干旱灾害统计以 1550—1559 年为最多,达 7 次。旱灾的发生季节以夏旱为最多,跨季旱灾以春夏连旱为最多。旱灾周期存在 42 年、13 年、5 年 3 个主周期,其中 42 年主周期最明显。第三,旱灾空间分

布方面,北部和西部各州县旱灾发生较多,南部和东部各州县旱灾发生较少。旱灾频次最多的是海丰,为 20 次;最少的是博兴,为 2 次。旱灾频次的空间分布与黄河三角洲地区年降水量的分布基本一致。第四,旱灾的自然原因主要是小冰期气候变化,东亚夏季风减弱,黄河三角洲地区降水减少,河流、湖泊等天然水源减少;社会因素主要是人口增长与移民垦荒引起生态环境恶化、政治腐败等。

### 参考文献:

- [1]张强,潘学标,马柱国,等.干旱[M].北京:气象出版社,2009.
- [2]IPCC. Climate change 2021: the physical science basis; contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- [3]IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- [4]姜大膀,王晓欣. 对 IPCC 第六次评估报告中有关干旱变化的解读[J]. 大气科学学报, 2021(5): 650-653.
- [5]巢清尘,李柔珂,崔童,等. 中国气候变化科学认识进展及未来展望: 中国《第四次气候变化国家评估报告·第一部分》解读[J]. 中国人口·资源与环境, 2023(1): 74-79.
- [6]田家怡,潘怀剑,窦慧. 滨州市干旱和旱灾及减灾对策[J]. 滨州师专学报, 2002(4): 84-89.
- [7]任丽萍. 明清小冰期对黄河三角洲地区农业的影响[J]. 郑州航空工业管理学院学报(社会科学版), 2017(4): 86-92.
- [8]冯昕琪,王肖惠,王龙升,等. 明清时期山东省旱灾发生特征及影响因素[J]. 人民黄河, 2022(S1): 38-41.
- [9]葛全胜. 中国历朝气候变化[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [10]李恩菊,赵景波. 明代济南地区旱灾发生频次分析[J]. 中国沙漠, 2011(1): 230-235.
- [11]邢闪,赵景波. 明代济南地区干旱灾害特征与小波分析研究[J]. 地球环境学报, 2011(5): 619-624.
- [12]山东省滨州地区地方史志编纂委员会. 滨州地区志[M]. 北京: 中华书局, 1996.
- [13]张德二. 中国三千年气象记录总集[M]. 南京: 江苏教育出版社, 2004.
- [14]温克刚,王建国,孙典卿. 中国气象灾害大典: 山东卷[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [15]山东省水利厅水旱灾害编委会. 山东水旱灾害[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996.
- [16]魏光兴,孙昭民. 山东自然灾害史[M]. 北京: 地震出版社, 2000.
- [17]江苏省地理研究所. 山东省气候历史记载初步整理[M]. 南京: 江苏省地理研究所, 1975.
- [18]王赠芳,等. 济南府志[M]. 北京: 中华书局, 2013.
- [19]李熙龄. 武定府志[M]//中国地方志集成: 山东府县志辑: 21、22. 南京: 凤凰出版社, 2004.
- [20]毛永柏. 青州府志[M]//中国地方志集成: 山东府县志辑: 31、32. 南京: 凤凰出版社, 2004.
- [21]魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [22]侯雨乐,赵景波. 清末民国时期临汾地区旱灾变化研究[J]. 水土保持研究, 2017(4): 384-388.
- [23]盛赞熙. 利津县志[M]//中国地方志集成: 山东府县志辑: 24. 南京: 凤凰出版社, 2004.
- [24]张耀壁. 高苑县志[M]. 刻本. 1758(清乾隆二十三年).
- [25]周壬福. 重修博兴县志[M]. 刻本. 1840(清道光二十年).
- [26]栾钟垚,赵咸庆. 邹平县志[M]//中国地方志集成: 山东府县志辑: 26. 南京: 凤凰出版社, 2004.
- [27]倪企望. 长山县志[M]//中国地方志集成: 山东府县志辑: 27. 南京: 凤凰出版社, 2004.
- [28]方凤. 青城县志[M]. 刻本. 1759(清乾隆二十四年).
- [29]朱兰,等. 阳信县志[M]. 台北: 成文出版社, 1969.

- [30]王庆,周厚云,迟宏,等.最近千年来山东半岛西部气候环境变化的石笋  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$  记录(I)[J].海洋地质与第四纪地质,2015(5):135-142.
- [31]ZHOU X J,ZHAO P,LIU G,et al.Characteristics of decadal-centennial-scale changes in East Asian summer monsoon circulation and precipitation during the Medieval Warm Period and Little Ice Age and in the present day[J].Chinese science bulletin,2011(Z2):3003-3011.
- [32]张祖陆,聂晓红,卞学昌.山东小清河流域湖泊的环境变迁[J].古地理学报,2004(2):226-233.
- [33]张龙军.明代山东济南府社会经济初探[D].曲阜:曲阜师范大学,2014.
- [34]成淑君.政府行为对明代山东农业发展的影响:以农田水利建设为视角[J].济南大学学报(社会科学版),2007(2):50-53.
- [35]田家怡,闫永利,韩荣钧,等.黄河三角洲生态环境史[M].济南:齐鲁书社,2016.
- [36]滨州地方史志办公室.滨州年鉴[M].北京:方志出版社,2001.

(责任编辑:周新颜)

---

## 本 刊 声 明

本刊已许可中国知网(中国学术期刊(光盘版)电子杂志社)、北京万方数据股份有限公司(万方数据电子出版社)、重庆维普资讯有限公司、超星期刊域出版平台等在其各自的系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行及在信息网络传播本刊全文。作者著作权使用费和稿酬(即包括印刷版、光盘版和网络版等各种使用方式的报酬)一并支付。如作者对本声明持有异议,请在投稿时说明。