

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

张蓓蓓, 王 朋, 文彦君, 杨 飞, 雷田旺

(陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室/宝鸡文理学院 地理与环境学院, 陕西 宝鸡 721013)

摘 要:整理明清时期(1368—1911)关中地区干旱灾害史料,利用数理统计方法和 Origin 8.5, Matlab 等软件,探讨明清时期关中地区干旱灾害的时空变化特征及其对小冰期气候变化的响应。结果显示:明清时期关中地区有 193 年发生干旱灾害,共计 274 次,平均每 2 年发生 1 次,轻度旱灾、中度旱灾、重度旱灾、特大旱灾分别发生了 92 次、124 次、36 次和 22 次;季节变化上,干旱灾害存在单季、两季、三季和四季连旱,主要以单季旱和两季连旱为主。年际变化上,干旱灾害可分为 6 个阶段,第一阶段(1368—1411 年)、第三阶段(1552—1611 年)和第五阶段(1652—1771 年)属于旱灾害少发期,第二阶段(1412—1551 年)、第四阶段(1612—1651 年)和第六阶段(1772—1911 年)属于旱灾害多发期。空间变化上,西安、咸阳、渭南、宝鸡和铜川分别发生了 215 次、189 次、183 次、172 次和 175 次,以西安地区发生的频次最高。周期变化上,干旱灾害有 8 a, 23 a, 44 a 变化周期,与太阳黑子活动 11 a 周期及其倍数相对应。明清时期关中地区干旱灾害与小冰期内气候冷暖次级波动有较好的对应关系,偏冷期干旱灾害发生频次高,偏暖期干旱灾害发生频次低。该研究为探索未来气候变化规律提供新的认知视角,为人类社会响应未来气候变化提供有益的历史依据。

关键词:明清时期; 关中地区; 干旱灾害; 小冰期

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)03-0105-06

Study on Temporal and Spatial Characteristics of Drought Disaster and Its Response to Climate Change in Little Ice Age in Guanzhong Region in the Ming and Qing Dynasties

ZHANG Beibei, WANG Peng, WEN Yanjun, YANG Fei, LEI Tianwang

(Key Laboratory of Disaster Survey and Mechanism Simulation of Shaanxi Province, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721013 China) Shaanxi Province, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721013, Shaanxi China)

Abstract: We collected historical data of drought disasters in Guanzhong area in the Ming and Qing Dynasties to analyze the temporal and spatial variation characteristics of drought disasters in Guanzhong area in the Ming and Qing Dynasties and its response to the Little Ice Age by using the method of mathematical statistics, Origin 8.5 and Matlab software. The results showed that drought disasters occurred a total of 274 times for 193 years in Ming and Qing Dynasties in Guanzhong area, the drought occurred once every two years; mild drought, moderate drought, severe drought and heavy drought happened for 92 times, 124 times, 36 times, 22 times, respectively; in terms of seasonal changes, the drought disasters in Guanzhong area in the Ming and Qing Dynasties had single season, two-seasons, three-season and four-season droughts while the single season and two season droughts mainly occurred; in terms of annual changes, the drought disasters could be divided into six stages, the first stage (years of 1368—1411), the third stage (years of 1552—1611) and the fifth stage (years of 1652—1771) were the periods with rare drought disasters, while the second stage (years of 1412—1551), fourth (years of 1612—1651) and the sixth stage (years of 1772—1911) were the periods with multiple drought disasters; in terms of spatial changes, the droughts occurred for 215 times, 189 times, 183 times, 172 times and 175 times in Xi'an, Xianyang, Weinan, Baoji and Tongchuan, respec-

tively, while the disasters occurred most frequently in Xi'an in the Ming and Qing Dynasties; in terms of periodic changes, drought disasters were 8-year, 23-year and 44-year periods in Guanzhong area in the Ming and Qing Dynasties, which was mostly consistent with 11-year period and its times of the sunspot activity. There was a good correspondence between the drought disasters and the secondary fluctuations of the cold and warm in the Little Ice Age of Guanzhong area in the Ming and Qing Dynasties. The frequency of drought disasters in the cold period was high while the frequency of drought disasters in the warm period was low. This research could provide the new cognitive perspective for exploring the law of future climate change, and also provide the useful historical basis for human society to respond to future climate change.

Keywords: Ming and Qing Dynasties; Guanzhong area; drought disaster; Little Ice Age

气候变化对国家经济系统的运行和社会系统的发展所产生的意义深远^[1-2]。IPCC 第五次评估报告指出未来全球气候变暖已是事实,面对气候变暖要积极做出应对措施是人类社会走向可持续发展的有效策略^[3]。探讨过去气候变化与社会发展的关系,能为人类社会响应未来气候变化提供历史依据^[4]。受气候变化的影响,近百年来人类社会遭受重大自然灾害打击的频率不断增大,气候变化已成为众多国家社会经济发展难题,增强对过去以及未来气候变化规律的认识、降低自然灾害对人类社会发展的不利影响已成为学术界研究的核心内容^[5-8]。历史时期干旱灾害是中国境内高频发生的自然灾害之一,严重影响社会和谐稳定^[9]。中国历史悠久,大量的历史文献资料对干旱灾害进行了详实的记录,这为重建历史气候变化及其对历朝历代社会影响提供了重要证据。因此,加强对历史时期干旱灾害的研究,能为探索未来气候变化规律提供新的认知视角。

目前对历史时期自然灾害的研究取得了一定进展。叶柏松等^[10]对塔里木河流域近 300 a 旱涝灾害特征进行了分析,认为近 300 a 来塔里木河流域旱涝灾害发生频率逐渐增加,呈现 15 a 的周期性变化;万红莲等^[11]分析了宝鸡地区明清时期旱涝灾害的时空变化特征,认为明清时期宝鸡地区旱涝灾害的交替发生是对气候变化的响应。这些研究为重建历史时期气候变化作出了巨大贡献。本文通过搜集明清时期关中地区干旱灾害的史料,分析明清时期关中地区干旱灾害的时空变化特征及其对小冰期气候变化的响应,并探讨影响该区干旱灾害发生的因素。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

关中之名始于战国,地处陕西省中部,一般指关中平原或渭河平原,辖西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川五地区。南靠秦岭,北临陕北高原,西起宝鸡,东临潼关,东西长

约 360 km,南北宽 30~80 km,地势西高东低,地形以平原和黄土塬为主。属温带大陆性季风性气候,受东部季风影响显著,年降水量为 500~800 mm,雨热同期,光照充足,其优越的地理位置,使其成为重要的粮食产区和社会经济中心。但该区降水季节变率大,夏秋多雨,冬春少雨,易发生干旱灾害。

1.2 数据来源

文中数据来源于《中国气象灾害大典·陕西卷》^[12]、《西北灾荒史》^[13]、《陕西历史自然灾害简要纪实》^[14]等史料。

1.3 分析方法

参考已有研究成果^[15-16],根据史料记载描述,将明清时期关中地区干旱灾害划分为 4 个等级。轻度旱灾(1 级):降水偏少,影响农作物播种和农作物生长,但未造成农业大面积减产,对民众生活影响不大;中度旱灾(2 级):长时间干旱,降水完全不能满足农作物播种和农作物生长需要,造成粮食减产,民众生存艰难,需要减轻赋税;重度旱灾(3 级):农作物因旱缺水无法生长,粮食绝收,民众饥荒,疫病流行,民多流亡饿死,需开仓赈灾;特大旱灾(4 级):连年旱荒,久旱无雨,无法进行农业生产活动,粮食殆尽,民众颠沛流离,剥及树皮,至人相食,死亡遍野。

以明清时期关中地区干旱灾害发生频次为分析对象,利用数理统计方法和 Origin 8.5, Matlab 等软件,分析干旱灾害时空变化特征。农历历法反映我国农业生产,与民众日常生产活动联系紧密,干旱灾害季节变化以农历历法为主要划分依据。小波分析能够揭示干旱灾害长时间序列的不同时间尺度中周期变化趋势,利用 Matlab 软件中小波分析模块,选用 Morlet 小波,分析干旱灾害的周期变化。

2 结果与分析

2.1 干旱灾害等级变化

按照上述划分等级统计出不同等级干旱灾害发

生频次。图 1 显示,关中地区轻度旱灾发生了 92 次,占比为 33.58%,平均每 5.9 年发生 1 次;中度旱灾发生了 124 次,占比为 45.26%,平均每 4.4 年发生 1 次;重度旱灾发生了 36 次,占比为 13.14%,平均 15 年发生 1 次;特大旱灾发生了 22 次,占比为 8.03%,平均每 24.7 年发生 1 次。中度旱灾和轻度旱灾发生频次高,其造成的受灾面积和灾害损失小,重度旱灾和特大旱灾发生频次较低,但波及范围广,造成的灾害损失巨大。

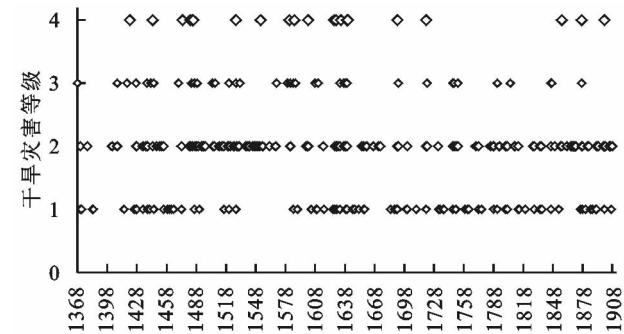


图 1 明清时期关中地区干旱灾害等级序列

2.2 干旱灾害季节变化

由图 2 可知,明清时期关中地区发生的干旱灾害中单季旱发生频次最高,其次是两季连旱,三季连旱、四季(全年)连旱发生频次最低。单季旱中,以夏旱和秋旱为主,分别发生了 103 次和 83 次,其次是春旱,发生了 53 次,冬旱最少,发生 32 次;两季连旱中,以夏秋连旱和春夏连旱为主,分别发生了 31 次、27 次,其次是秋冬连旱,发生了 16 次;三季连旱中,以春夏秋连旱、夏秋冬连旱为主,分别发生了 11 次、10 次;四季连旱仅发生 5 次。关中地区属于典型大陆性季风气候,冬季受蒙古—西伯利亚高压的控制,夏季受太平洋副热带高压控制,降水随着东部季风变化而变化,降水季节变率大,夏秋多雨,冬春少雨,南部秦岭山脉对东部季风有阻挡作用,复杂的地形地貌结构,使得干旱灾害季节分布差异也更为显著。

2.3 干旱灾害年际变化

明清时期关中地区共有 193 年发生了干旱灾害,共发生了 274 次,平均每 2 年发生 1 次,以 20 年为间距统计出各阶段干旱灾害发生的频次(图 3),以反映明清时期关中地区干旱灾害年际变化特征。根据干旱灾害在各时段发生频次分布不均的特点,将明清时期关中地区干旱灾害划分为 6 个阶段:第一阶段 1368—1411 年,共发生 10 次,平均 4.4 年发生 1 次;第二阶段 1412—1551 年,共发生 140 次,平均 1.6 年发生 1 次;第三阶段 1552—1611 年,共发生 60 次,平均 2.4 年发生 1 次;第四阶段 1612—1651 年,共发生

40 次,平均 1.3 年发生 1 次;第五阶段 1652—1771 年,共发生 45 次,平均 2.7 年发生 1 次;第六阶段 1772—1911 年,共发生 77 次,平均 1.8 年发生 1 次。以 20 年为间隔统计出明清时期关中地区干旱灾害距平变化特征。图 4 显示,第一阶段、第三阶段和第五阶段时期内干旱灾害的距平值主要以负值为主,第二阶段、第四阶段和第六阶段时期内干旱灾害的距平值主要以正值为主,表明第一阶段、第三阶段和第五阶段为明清时期干旱灾害的少发期,第二阶段、第四阶段和第六阶段是明清时期干旱灾害的频发期,明清时期关中地区干旱灾害总体趋势呈现波动变化。

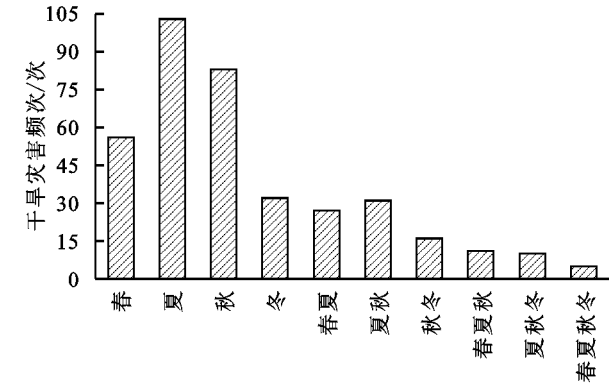


图 2 明清时期关中地区干旱灾害季节变化

2.4 干旱灾害空间变化

统计出明清时期关中辖区内干旱灾害的频次分布,分析干旱灾害的空间变化。由图 5 可知,明清时期西安市、咸阳市、渭南市、宝鸡市、铜川市分别发生了 215 次、189 次、183 次、172 次和 175 次干旱灾害,占干旱灾害总频次比例依次为 78.47%,68.98%,66.79%,62.77%和 63.87%。明清时期以西安地区发生的干旱灾害次数最多,其他四市次之。

关中属平原地形,自秦汉以来就是人口和农业集中分布区,对水资源的需求和依赖程度较高。区域内各地气候差异较小,降水变率变化一致,因此,降水较少的季节受旱地区范围广,干旱灾害造成的总体受灾面积大。由于境内人口密度、农业种植面积分布不均,区域内对水资源需求也存在一定差异。明清时期咸阳市、渭南市、宝鸡市、铜川市城市规模较小,对水资源的需求量较低,咸阳、宝鸡、渭南位于渭河、泾河、洛河等河流的上游,干旱季节相对下游地区水资源较丰富,干旱灾害对其造成影响较小,发生的频次也相对较低。西安地区作为关中乃至陕西省社会经济重心区域,总体对水资源需求更大,又位于渭河、泾河等河流的下游阶段,旱季河流下游水量减少,加之上游区域开展农业生产活动对水资源的需求,使得下游河流径流量进一步减少,加剧了西安地区干旱程度。

接受。葛全胜等^[26-27]认为小冰期三大偏冷期大体上出现于15世纪、17世纪和19世纪,而相应的16世纪前半叶和18世纪前半叶为相对偏暖期。朱士光等^[28]通过对大量历史文献研究,认为关中地区在14世纪后半叶,16

世纪中叶、18世纪及19世纪前半叶较为温暖期,15世纪后半叶、16世纪80年代至17世纪30年代、17世纪后半叶及19世纪后半叶气候呈现寒冷干燥。17世纪前半叶是小冰期为最寒冷时期。

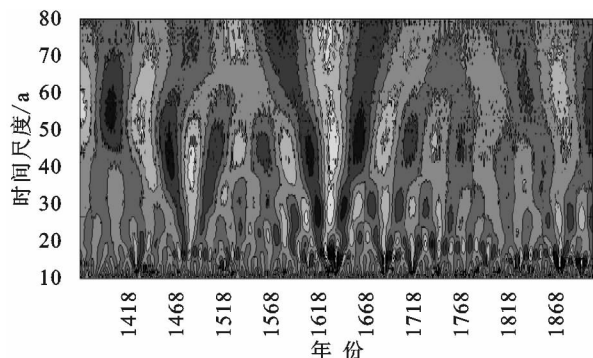
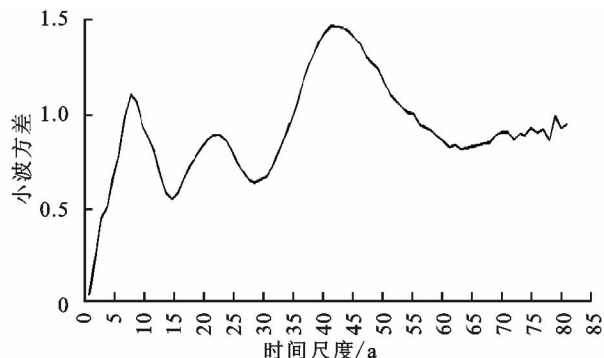


图6 明清时期关中地区干旱灾害小波实部等值线图和小波方差图



建立明清时期关中地区干旱灾害11 a滑动平均序列,反映不同时间序列干旱灾害发生频次的变化规律。图7显示,15世纪初叶到16世纪中叶、17世纪中叶、19世纪后半叶到20世纪初叶干旱灾害发生的频次较高,尤其是17世纪前半叶干旱灾害发生频次最高,而16世纪后半叶、18世纪到19世纪中叶干旱灾害发生频次较低。小冰期作为全球气候变化事件,其起止时间基本涵盖明清全部时间,明清时期关中地区干旱灾害发生的频次与小冰期内冷暖次级波动有较好的对应关系,冷期气候相对干旱,干旱灾害发生频次高,暖期气候较为暖湿,干旱灾害发生频次低。表明明清时期关中地区干旱灾害是对小冰期气候变化的响应。

等^[32]对我国东部季风区1951—2005年降雨量研究表明,我国东部季风区降水与春季APO强弱有明显的正相关性,APO弱,降水偏多,反之偏少。周秀骥等^[33]利用降水和温度等气象代用资料,分析了过去1000年不同冷暖期我国东部地区夏季季风区海陆热力环流差异,认为小冰期APO指数以负值为主,1450—1570年期间APO指数段达到最低值。小冰期APO整体较弱,西太平洋副高势力减弱,使得季风雨带移向内陆动力不足,进而使得我国东部季风分区降水差异显著,呈现出南涝北旱。明清时期关中地区干旱灾害集中发生在春、夏季节,1450—1570年APO偏弱期与第二阶段(1412—1551年)干旱灾害频发期相对应,干旱灾害有8 a,23 a,44 a变化周期,明清时期关中地区干旱灾害的发生与小冰期APO整体较弱、季节差异以及5.5 a周期变化有一定关联性。

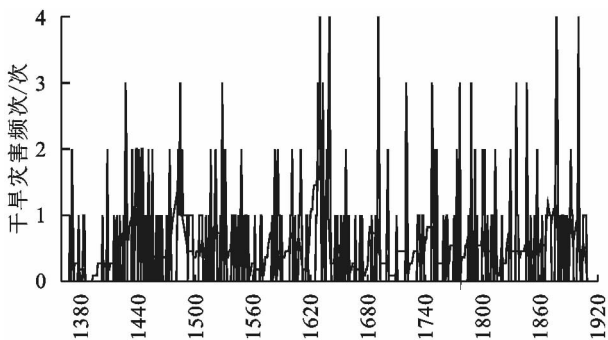


图7 明清时期关中地区干旱灾害11年滑动平均序列图

3 讨论

亚洲—太平洋涛动(APO)用来指示亚洲大陆与太平洋之间大气热力环流变化差异,该差异会引起亚洲陆地季风环流发生改变,导致亚洲陆地降水增多或减少,易引发旱涝灾害^[29-30]。赵平等^[31]对长江流域1958—2001年夏季降水研究表明,夏季长江流域降水偏少与亚洲—太平洋之间的对流层热力差异整体趋势较弱相关性,同时也指出APO具有显著的5.5 a周期。周波涛

4 结论

(1) 明清时期关中地区有193年发生了干旱灾害,共计274次,平均每2 a发生1次,其中轻度旱灾、中度旱灾、重度旱灾、特大旱灾分别发生了92次、124次、36次和22次。

(2) 明清时期关中地区干旱灾害的季节差异显著,单季旱中以夏旱和秋旱为主,其次是春旱,冬旱最少;两季连旱中,以夏秋连旱和春夏连旱为主,其次是秋冬连旱,三季连旱中,以春夏秋连旱、夏秋冬为主,四季连旱最低。年际变化上,干旱灾害可划分为6个阶段,第一阶段(1368—1411年)、第三阶段(1552—1611年)和第五阶段(1652—1771年)是干旱灾害少发期,第二阶段(1412—1551年)、第四阶段(1612—1651年)和第六阶段(1772—1911年)为干旱灾害频发期。

(3) 明清时期关中地区干旱灾害具有一定空间差异,西安、咸阳、渭南、宝鸡、铜川五地区分别发生了 215 次、189 次、183 次、172 次和 175 次,西安地区发生旱灾频次最多;干旱灾害存在 8 a, 23 a, 44 a 变化周期,与太阳黑子活动 11 a 周期及其周期倍数相对应。

(4) 明清时期关中地区干旱灾害与小冰期内气候冷暖次级波动有较好的对应关系,偏冷期气候冷干,干旱灾害发生频次高,偏暖期气候暖湿,干旱灾害发生频次低。

参考文献:

- [1] 方修琦,萧凌波,苏筠,等. 中国历史时期气候变化对社会发展的影响[J]. 古地理学报, 2017, 19(4): 729-736.
- [2] 魏柱灯,方修琦,苏筠,等. 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, 2014, 29(3): 336-343.
- [3] 沈永平,王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068-1076.
- [4] 葛全胜,刘浩龙,郑景云,等. 中国过去 2000 年气候变化与社会发展[J]. 自然杂志, 2013, 35(1): 9-21.
- [5] 周洪建,孙业红. 气候变化背景下灾害移民的政策响应: 从“亚太气候(灾害)移民政策响应地区会议”看灾害移民政策的调整[J]. 地球科学进展, 2012, 27(5): 573-580.
- [6] 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.
- [7] 高翔. 《巴黎协定》与国际减缓气候变化合作模式的变迁[J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(2): 83-91.
- [8] 成爱芳,冯起,张健恺,等. 未来气候情景下气候变化响应过程研究综述[J]. 地理科学, 2015, 35(1): 84-90.
- [9] 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.
- [10] 叶柏松,赵成义,姜逢清,等. 近 300 a 来塔里木河流域旱涝灾害特征分析[J]. 冰川冻土, 2014, 36(1): 173-182.
- [11] 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.
- [12] 温克刚,翟佑安. 中国气象灾害大典陕西卷[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [13] 袁琳. 西北灾荒史[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1994.
- [14] 王守森. 陕西历史自然灾害简要纪实[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [15] 贾铁飞,施汶好,郑辛酉,等. 近 600 年来巢湖流域旱涝灾害研究[J]. 地理科学, 2012, 32(1): 66-73.
- [16] 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, 24(4): 384-388.
- [17] 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.
- [18] 郝志新,耿秀,刘可邦,等. 关中平原过去 1000 年干湿变化特征[J]. 科学通报, 2017, 62(21): 2399-2406.
- [19] 屠泓为,李智敏,罗国富,等. 太阳黑子活动周期对中国大陆西部不同震级段地震的影响探讨与分析[J]. 地球物理学进展, 2009, 24(3): 879-885.
- [20] 窦睿音,延军平. 关中平原太阳黑子活动周期与旱涝灾害的相关性分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(8): 76-82.
- [21] 王苏民,刘健,周静. 我国小冰期盛期的气候环境[J]. 湖泊科学, 2003, 15(4): 369-376.
- [22] Grove J M, Switzer R. Glacial geological evidence for the Medieval Warm Period [J]. Climatic Change, 1994, 26: 143-169.
- [23] 王绍武. 小冰期气候的研究[J]. 第四纪研究, 1995(3): 202-212.
- [24] 张德二. 中国的小冰期气候及其与全球变化的关系[J]. 第四纪研究, 1991(2): 104-112.
- [25] Yang B, Braeuning A, Johnson K R, et al. General characteristics of temperature variation in China during the last two millennia[J]. Geophysical Research Letters, 2002, 29(9): 38-42.
- [26] Ge Quansheng, Zheng Jingyun, Hao Zhixin, et al. Recent advances on reconstruction of climate and extreme events in China for the past 2000 years[J]. Journal of Geographical Sciences, 2016, 26(7): 827-854.
- [27] 葛全胜,刘健,方修琦,等. 过去 2000 年冷暖变化的基本特征与主要暖期[J]. 地理学报, 2013, 68(5): 579-592.
- [28] 朱士光,王元林,呼林贵. 历史时期关中地区气候变化的初步研究[J]. 第四纪研究, 1998(1): 1-11.
- [29] Zhao P, Zhu Y, Zhang R. An Asian - Pacific teleconnection in summer tropospheric temperature and associated Asian climate variability[J]. Climate Dynamics, 2007, 29(2/3): 293-303.
- [30] 周秀骥,赵平,刘舸. 近千年亚洲—太平洋涛动指数与东亚夏季风变化[J]. 科学通报, 2009, 54(20): 3144-3146.
- [31] 赵平,陈军明,肖栋,等. 夏季亚洲—太平洋涛动与大气环流和季风降水[J]. 气象学报, 2008, 66(5): 716-729.
- [32] 周波涛. 亚洲—太平洋涛动与中国东部春季降水[C]//第 27 届中国气象学会年会副热带季风与气候变化分会场论文集. 中国气象学会, 2010.
- [33] 周秀骥,赵平,刘舸,等. 中世纪暖期、小冰期与现代东亚夏季风环流和降水年代—百年尺度变化特征分析[J]. 科学通报, 2011, 56(25): 2060-2067.