

历史时期以来山西省雪灾特征与气候变化*

徐兆红, 殷淑燕

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 通过对历史文献资料的搜集、整理与统计分析, 利用最小二乘法、小波分析和空间 Kriging 插值等方法, 对山西省历史时期(730BC-2000AD)以来雪灾的等级、发生时间(阶段、季节变化和周期等)和空间变化规律进行研究。结果表明: 历史时期以来山西省共发生雪灾 208 次, 平均 13.125 a 发生一次。其中, 将雪灾划分为轻度、中度、重度三个等级, 各占灾害总频次的 16.83%、72.60% 和 10.58%; 小波分析显示, 雪灾存在 5 a、23 a 的周期变化, 23 a 左右的周期振荡最强。历史时期以来山西省雪灾呈波动上升趋势, 阶段性特征明显, 经历了频次较少-快速增加两个阶段; 4 月和冬季发生频次最高, 分别占总数的 15.76% 和 34.47%。雪灾发生频次空间差异大, 南部发生的最多。初步确定, 历史时期以来山西省雪灾的发生与气候的异常变化是密切相关的, 明清时期雪灾发生频次最高; 现代为雪灾发生的频发期, 寒冷气候需进一步考证。

关键词: 雪灾; 山西; 历史时期; 时空分布; 寒冷气候

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2016)05-0135-06

Characteristics of snow disaster in Shanxi Province and its climate change in historical period

XU Zhaohong, YIN Shuyan

(College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Based on the statistics and analysis of snow disasters in historical documents in Shanxi province during historical period, the temporal and spatial variations of snow disasters were obtained by using least squares, wavelet analysis and Kriging method. There are 208 recorded snow disasters in Shanxi province, approximately once every 13.125 years on average. The mild, moderate and severe disasters accounted for 16.83%, 72.60% and 10.58%, respectively. Wavelet analysis showed that snow disasters had 5 and 23-year oscillation period and the 23-year oscillation period was the strongest. The snow disaster in Shanxi province showed an increasing trend during the historical period. In April and winter season, snow disasters occurred most frequently, accounting for 15.76% and 34.47% of the total, respectively. The spatial distribution of snow disaster was different, mostly distributed in southern area. It can be concluded that snow disasters were closely related to the climate change; snow disasters occurred most frequently during the Ming and Qing Dynasties; modern time is a period of frequent occurrence of snow disasters.

Key words: snow disaster; Shanxi; historical period; temporal and spatial distribution; cold climate

* 收稿日期: 2015-09-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41471071); 中央高校基本科研业务费创新团队资助项目(GK201301003)

作者简介: 徐兆红(1988年生), 女; 研究方向: 环境变化与自然灾害; 通讯作者: 殷淑燕; E-mail: yinshy@snnu.edu.cn

雪灾是一种我国常见且分布广泛的典型气象灾害。因降雪量较大、持续时间长,伴有大风、降温,使农作物、蔬菜、果木等遭受冻害,下雪时因能见度减小和积雪覆盖地面影响交通、压断树枝和电线线路、造成牲畜缺食或冻死、冻伤及农作物产量减少或绝收^[1-2]。雪灾作为寒冷气候的表现形式之一,国内外的学者都进行了研究,并取得了重要成果^[3-10]。

雪灾是山西省影响范围较广,危害作物种类多,经济损失大的气象灾害之一。山西省冬半年寒冷干燥,降雪年际变化大,降雪集中,往往伴随着强降温,易造成交通、电力、农业等巨大的影响。目前,我国学者对于山西省自然灾害的研究集中于干旱、洪涝、霜冻、低温等气象灾害,孟万忠等^[4]研究 1901-2000 年山西省的霜雪灾害,刘耀文等^[8]对 2009 年 11 月 10-12 日出现的特大暴雪的环流背景、前期天气特点和成因(地面影响系统、水汽和动力条件及云图演变等)方面进行分析。但是对山西省雪灾的具体研究几乎是空白的,尤其是长时间尺度的研究。赵桂香等^[11]主要研究 1971-2008 年山西大雪天气的主要特征。鉴于此,本文通过搜集和整理历史时期以来(730BC-2000AD)山西省的雪灾,分析灾害发生的等级、时空变化规律及其与气候变化的关系,揭示和认识其发生、发展规律,降低灾害对人们生命财产的损失,为山西省雪灾的预测和防治,提供科学依据。

1 研究区概况及数据来源

山西省位于东经 $110^{\circ}14'42''$ - $114^{\circ}33'17''$,北纬 $34^{\circ}34'58''$ - $40^{\circ}44'30''$,地处黄河中游东岸,黄土高原东部,因居太行山以西而得名。其地理位置偏北,地势东北高,西南低,东部为山地区,西部为高原山地区,中部为断陷盆地,平均海拔在 1 000 m 以上。位于中纬度地带的内陆,东距海洋 400~500 km,大气环流的季节性变化明显,属温带大陆性季风气候。其气候具有四季分明,雨热同步,光照充足,南北气候差异显著,冬夏气温悬殊,昼夜温差大的特点,旱、涝、雹、风、冻、雪等气象灾害频繁。山西降雪期较长,但降雪量不大,积雪日数不多。山西年降雪量大部分地区为 20~60 mm,全省各地年降雪日数 14~16 d,五台山中台顶年降雪日数达 95 d;全省各地积雪初日比降雪初日晚约 20 d,积雪终日比降雪终日早约 15~20 d。

雪灾的统计主要根据从 730BC(东周)至 2000 年山西省的各市、县的地方志、档案以及文献[1, 12-16]记载,选取的资料都是史料中有明确记载的灾害事件。这些历史文献资料都具有十分重要的可靠性。本文以“年”为单位进行统计,即如果一年中发生 2 次及以上灾害,均统计为该年度发生过 1 次雪灾。例如清康熙四十七年(1708 年),“二月,沁州大雨雪一昼夜,深四五尺,街衢消融竟成洪波,车旅不行者数日;九月二十一日,永和大雪”,一年内发生了 2 次,统计时就按本年发生旱灾统计为一次。由于历史记载具有时代性和局限性,而且不同朝代对气象灾害的承受能力和抗灾救灾强度不同以及对其重视程度不同等影响因素,会导致雪灾记录详略不同。为获得更真实可靠地数据,本文对不同时期、不同文献中的记载进行详细的对比参照,采取统一的尺度进行统计,在一定程度上可以反映历史时期以来雪灾的发生情况。

2 结果与分析

2.1 雪灾时间特征分析

据统计,在 2 700 多年间,山西省有明确记载的雪灾总计发生了 208 次,平均 13.125 a 发生一次。为了更深入细致的研究历史时期以来山西省雪灾在时间上的变化特点,本文分别以 50 a 为单位整理统计雪灾发生的频次。

2.1.1 雪灾频次统计分析 以 50 a 为单位,对历史时期以来山西省雪灾发生的频次进行统计(图 1)。历史时期山西省雪灾发生的频次呈波动上升的趋势。具体而言,大约在 1500 年之前,山西省雪灾发生的频次较低,波动的幅度也较小,雪灾发生 53 次,占雪灾总数的 25.48%,平均 42.08 a 发生一次,峰值出现在 501-550 年(北魏后期和东魏),平均每 50 a 发生 5 次雪灾。约在 1500 年之后,山西省雪灾发生频次的波动幅度明显增大,雪灾的发生次数也明显增多,并且出现了 3 个雪灾发生频率高峰:清朝后期(1851-1900 年)和现代(1951-2000 年)发生的雪灾频率最高,50 a 中发生 29 次,平均 1.72 a 发生一次;其次是清朝初期(1651-1700 年),50 a 中发生 21 次,平均 2.38 a 发生一次。清朝到现代是山西省雪灾发生频次最高的时期。从图 1 可知,在 1500 年之前,雪灾频次整体较低;在此之后,拟合曲线迅速上升,表明雪灾频次迅速提升,到 1900 年和 2000 年达到顶峰。

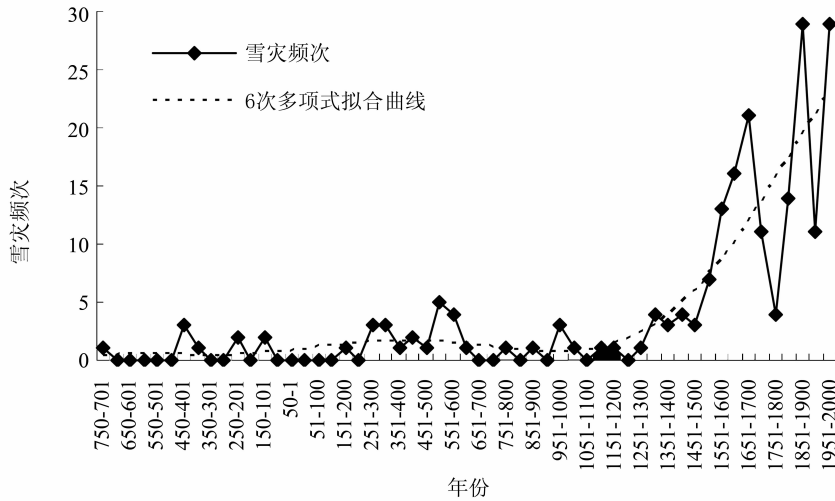


图 1 历史时期 (730BC - 2000AD) 每 50 a 山西省雪灾害频次统计

Fig. 1 Statistical results of snow disasters in Shanxi Province per 50 years in historical period (730BC - 2000AD)

2. 1. 2 雪灾的季节和月份变化特征 山西省历史时期的雪灾除了具有年际波动上升的特征之外，在季节和月份上分布也有其特点，其中雪灾有明确月份记载的有 150 次。由图 2 可知，山西省雪灾在月份具有以下特点：雪灾各月发生次数不均，4 月发生次数最多，占总数的 15.76%；7 月最少，占总数的 1.09%；其次在月份上，雪灾发生具有明显的集中性。集中发生在 12 月和 1-4 月，共占总数的 58.7%。

历史文献中，雪灾有明确季节记载的有 192 次，冬季雪灾发生频次最高，共 81 次，占总数的 34.47%；其次是春季 70 次和夏季 50 次，分别占总数的 29.79% 和 21.28%；秋季发生次数最少，为 34 次，占 14.47%。冬季和春季雪灾发生的频次高是山西省历史时期雪灾在时间分布上的一个显著特点。

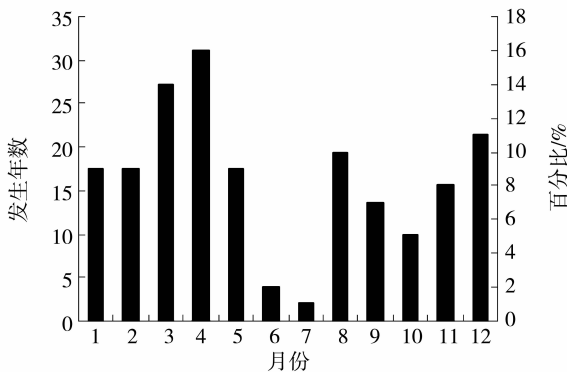


图 2 历史时期山西省雪灾的年变化特征

Fig. 2 The annual variation of snow disasters in Shanxi Province in historical period

2. 1. 3 雪灾的周期特征分析 为明确历史时期以来山西省雪灾发生的周期特征，本文借助 Matlab 软件，利用小波分析方法进行分析 (图 3)。由图 3 上下分析可得，雪灾主要存在 20 a 以上尺度的周期变化，周期中心为 23 a。在 23 a 时间尺度上的周期振荡非常明显，雪灾经历少→多→少→多 4 个循环交替，底部几个相对高发期和低发期的循环交替。小波方差图能够显示时间序列的主要周期，根据山西省雪灾发生距平的小波方差，绘制出小波方差 (图 4)。雪灾有 2 个明显的周期或更大的周期变化，2 个周期分别是 5 a、23 a 的时间尺度，最高峰出现在 23 a 处，其中雪灾的主周期为 23 a，说明 23 a 左右的周期振荡最强。

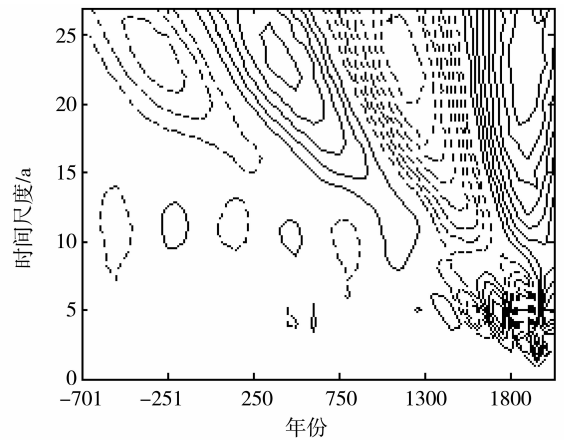


图 3 历史时期山西省雪灾的小波变化图

Fig. 3 Wavelet transform of snow disasters in Shanxi Province in historical period

横坐标 -701 表示的是 750BC 至 701BC 时间段，-251 表示的是 300BC 至 251BC 时间段

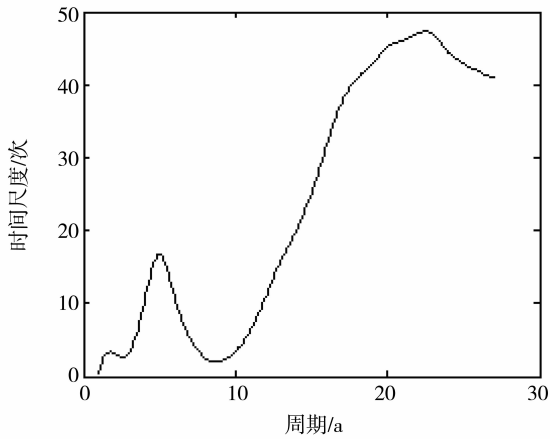


图 4 历史时期山西省雪灾发生的小波方差图
Fig. 4 Wavelet variance of snow disasters in Shanxi Province in historical period

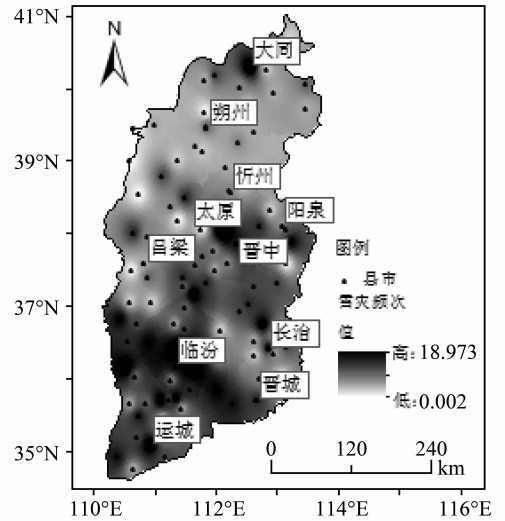


图 5 历史时期山西省雪灾频次空间差异图
Fig. 5 The frequency space difference of snow disasters in Shanxi Province in historical period

2.2 雪灾空间差异性分析

统计历史时期以来山西省雪灾发生的频次并借助 ArcGIS10.0 软件绘制成图 (图 5), 洪洞、太原、大同、介休、运城、新绛、吉县等地雪灾发生较多, 频次都在 10 次以上; 其次为襄垣、浮山、曲沃、长治、沁水、晋中、临汾、平遥等地, 雪灾发生的频次在 6~9 次; 左云、平定、沁县、朔州、广灵、乡宁、忻州等地, 雪灾发生频率在 3~5 次; 阳泉、潞城、晋城、右玉、石楼、古交、兴县等地发生雪灾较少。雪灾发生频次空间分布差异明显, 山西省北部雪灾发生的频次最低, 只有一个高频中心, 高频中心为大同; 山西省中部雪灾发生频次稍微高于北部, 但低于南部, 高频中心位于太原; 山西省南部发生的频次最高, 有多个高频中心。

2.3 雪灾等级

根据文献中对雪灾的定性描述及雪灾持续时间的长短、受灾范围的大小、雪灾的强度和受灾的程度等几个因素综合地考虑, 将历史时期以来山西省的雪灾划分为以下 3 个等级。3 个雪灾等级的具体划分标准、雪灾情况如表 1 所示。由表 1 知, 山西省 2 700 多年间共发生轻度雪灾 35 次, 占雪灾总数的 16.83%; 中度雪灾发生 151 次, 占雪灾总数的 72.60%; 重度雪灾发生 22 次, 占雪灾总数的 10.58%。

可见, 历史时期山西省雪灾的灾害类型以中度雪灾为主, 轻度和中度雪灾发生的频次相对较低。

表 1 历史时期山西省雪灾等级划分及频次
Table 1 The snow disaster grade and frequency in Shanxi Province in historical period

等级	冻灾程度	灾情描述	频次
1 级	轻度雪灾	文献资料中用“雪”、“雨雪”等词语来描述和记载某个局部地区或某年、某月发生了雪灾, 为提到其对社会经济的影响, 尤其是对百姓的影响。其影响范围小、持续时间短, 将这一类雪灾归为轻度雪灾。例如, 明永乐十二年 (1414 年), 乡宁“秋八月, 乡宁雨雪”(《山西通志》卷一百六十三)	35
2 级	中度雪灾	文献资料中用“大雪”、“伤禾”、“伤稼”、“苗、麦、树木多冻死”等词语描述某一个地区或多个地区的雪灾, 对该地区的人民生活和生产产生重大影响, 其影响范围较大、持续时间长, 将此类雪灾归为中度雪灾。例如, 北魏始光二年 (425 年), 阳高“十月, 阳高大雪”(《阳高县志》卷五)	151
3 级	重度雪灾	文献资料中用“人畜多冻死”、“房屋倒塌”、“交通阻塞”、“死者甚多”等词语记载的雪灾, 受灾程度严重、范围广, 出现人畜大量死亡, 给人民的生命财产安全带来严重损失, 将这类冻灾划分为重度雪灾。例如, 晋永和三年 (347 年), 临汾“八月, 临汾大雪, 人马多冻死”(《太原县志》卷十五)	22

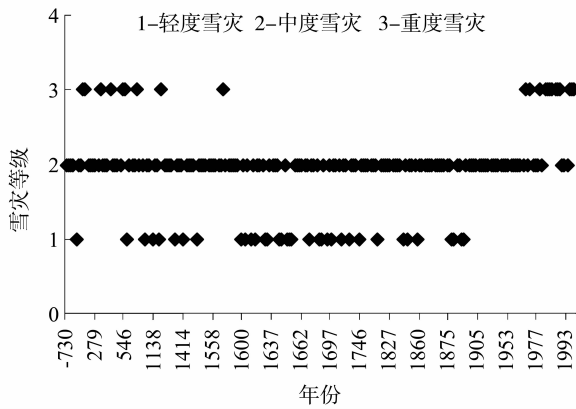


图6 山西省历史时期雪灾等级序列

Fig. 6 The snow disaster grade sequence of Shanxi Province in historical period

为探知雪灾的不同等级在时间上的变化特征,利用 Excel 软件制作出图 6。由图 6 可看出,各级雪灾在时间发生上存在着较大差异:(1)雪灾发生具有明显的阶段性,各等级雪灾都有低发期和高频期;(2)各等级雪灾高频期发时间早晚不同。从明代后期(1598 年)到清代(1745 年)为 1 级轻度雪灾的频发期,共发生了 19 次,占轻度雪灾总数的 54.29%;从 1666 年至 2000 年是 3 级重度雪灾的频发期,共发生 13 次,占重度雪灾总数的 59.09%;而中度雪灾(2 级)从东周(730 B. C.)至 1981 年都连续发生,发生频次最高,具有连续性。

3 雪灾特征与气候变化

根据对史料文献的研究分析,历史时期以来山西省某些时段发生的雪灾特点突出,可以指示该时期的气候变化^[11,17]。竺可桢^[18]认为,近五千年的气候主要有四个寒冷期,西周冷期、三国两晋南北朝冷期、北宋冷期和明清冷期。公元 501-600 年间,共发生雪灾 9 次,平均 11.11 a 发生 1 次。如 480 年(“九月,平城大风雪,深三尺”)和 546 年(“二月,大雪,人畜冻死,道路相望”)发生的雪灾与北朝时期的寒冷期相对应^[18-19]。本文统计的 501-550 年山西雪灾的频发期与这个气候转冷期一致。朱海峰等^[20]对青海省乌兰地区近千年树木年轮记录的温度变化的研究可知,历史时期的气候以冷暖交替的形式出现,16 世纪末进入 1000 多年来最长的冷期(约 1590-1850 年),与本文的研究结果一致。从明末清初开始,气候的冷干化更加明显,称为“明清小冰期”,是中国历史上气候最恶劣的时期^[18,21-23],而清朝时期共发生 82

次,平均 3.26 a 发生一次,导致这一时期雪灾的发生频率很高。孟万忠等^[24]研究认为明代雪灾发生时的周均温应该低于 -5°C ,极端最低气温可能在 -15°C 以下;明代晚期气候异常寒冷,比现在的年均温低 2-3 $^{\circ}\text{C}$ 。由此可见,历史时期山西雪灾的发生与气候的异常变化是密切相关的。

1900 年以后为仪器观测时期,对雪灾的记录更为详细。1900-2000 年间发生雪灾 40 次,平均 2.5 a 发生 1 次,灾害发生频繁,但现代是一个暖期^[18]。IPCC 第五次研究报告指出,近 100 年全球平均地表温度升高了 0.85°C ^[25],中国普遍升温,北方较明显,达 0.8°C ^[26-28]。郭志梅等^[29]认为,中国北方地区近 50 年来增温态势十分明显,20 世纪 80 年代中后期发生一次显著的变暖突变,90 年代以来北方地区的气温明显偏高。同样陈文海等对中国 1951-1997 年气候变化趋势的研究可知,增温主要发生在冬、春季,冬季增温最为明显,北方的增温强度大于南方。由于全球变暖,现代为气象灾害的频发期、气候恶化期和不稳定期,各种气象灾害可能都会增多^[30-31]。这期间并不是雪灾发生次数多就为寒冷期,雪灾的发生还受到其他因子的影响,需要全面的对比、分析,结论才能更准确可靠,有待进一步研究。近百年来在全球气候变暖的背景下,山西省雪灾多次发生,呈现出与气候变暖相反的变化趋势,反映山西省气候变化的异常性。

4 结论

本文对历史时期(730BC-2000AD)以来山西省雪灾的时空变化特征和等级进行了分析,得到如下结论:

1) 历史时期以来山西省共发生雪灾 208 次,平均 13.125 a 发生一次。其中,轻度雪灾 35 次,占雪灾总数的 16.83%;中度雪灾发生 151 次,占雪灾总数的 72.60%;重度雪灾发生 22 次,占雪灾总数的 10.58%。可见,历史时期山西省雪灾的灾害类型以中度雪灾为主,轻度和中度雪灾发生的频次相对较低。小波分析显示:雪灾存在 5 a、23 a 的周期变化,23 a 左右的周期振荡最强。

2) 雪灾发生的频次呈波动上升的趋势,阶段性特征明显,经历了频次较少-快速增加两个阶段,清朝到现代是山西省雪灾发生频次最高的时期。各级雪灾在时间发生上存在着较大差异,都有其低发期和高频期,中度雪灾(2 级)连续发生,频次最高,具有连续性。

3) 从季节和月份上看,冬季雪灾发生频次最

高,共81次,占总数的34.47%;雪灾各月发生次数不均,4月发生最多,7月最少,集中于4月、3月、12月、1月和2月。雪灾发生频次空间差异大,北部发生频次最低,以大同为中心;中部发生频次稍微高于北部,但低于南部,以太原为中心;南部发生的频次最高,有多个高频中心。

4) 历史时期山西雪灾的发生与气候的异常变化是密切相关的,“明清小冰期”,雪灾发生频次最高。现代期间并不是雪灾发生次数多就为寒冷期,雪灾的发生还受到其他因子的影响,需要全面的对比、分析,结论才能更准确可靠。

参考文献:

- [1] 温克刚,刘庆桐. 中国气象灾害大典·山西卷[M]. 北京:气象出版社,2005:833-834.
- [2] 袁林. 西北灾荒史[M]. 兰州:甘肃人民出版社,1994:1202-1244.
- [3] GASTON R D. The catastrophic floods of February 1784 in and around Belgium: A little ice age event of frost, snow, river ice... and floods [J]. *Hydrological Sciences Journal*, 2006, 51(5):878-898.
- [4] 孟万忠,刘晓峰,王尚义,等. 近百年山西霜雪灾害时空特征[J]. *地理研究*,2012,31(12):2292-2300
- [5] 许剑辉,舒红,刘艳. 2000-2010年新疆雪灾时空自相关性分析[J]. *灾害学*,2014,29(1):221-227.
- [6] 王绍武. 冰雪覆盖与气候变化[J]. *地理研究*,1983,2(3):73-76.
- [7] 璩向宁,汪一鸣. 近一千年来贺兰山积雪和气候变化[J]. *地理研究*,2006,25(1):35-42.
- [8] 刘耀文,张红英,史云飞,等. 山西省秋季罕见大暴雪天气过程诊断[J]. *干旱气象*,2010,28(3):332-337.
- [9] 赵景波,邢闪,周旗. 关中平原明代霜雪灾害特征及小波分析研究[J]. *地理科学*,2012,32(1):81-86.
- [10] 于希贤. 徐霞客对十七世纪大雪奇寒记载的研究[J]. *地理研究*,1993,12(3):119-123.
- [11] 赵桂香,杜莉,范卫东,等. 山西省大雪天气的分析预报[J]. *高原气息*,2011,30(3):727-738.
- [12] 张杰. 山西自然灾害史年表[M]. 山西:山西省新华印刷厂,1988:1-378.
- [13] 《山西自然灾害》编委会. 山西自然灾害[M]. 太原:山西科学教育出版社,1989:1-483.
- [14] 陈高佣等. 中国历代天灾人祸表[M]. 上海:上海书店,1986:1-1690.
- [15] 钱林清,郑炎谋,郭慕萍,等. 山西气候[M]. 北京:气象出版社,1991:199-200.
- [16] 冯佩芝,李翠金,李小泉,等. 中国主要气象灾害分析[M]. 北京:气象出版社,1985:14-180.
- [17] 彭维英,尹淑艳,鲍小娟,等. 汉江上游历史时期寒冻灾害特征及其社会影响研究[J]. *干旱区资源与环境*,2013,27(8):83-89.
- [18] 竺可桢. 中国近五千年气候变迁初步研究[J]. *中国科学(B辑)*,1973,16(2):226-256.
- [19] 葛全胜,方修琦,郑景云. 中国历史时期温度变化特征的新认识[J]. *地理科学进展*,2002,21(4):311-317.
- [20] 朱海峰,郑永宏,邵雪梅,等. 树木年轮记录的青海乌兰地区近千年温度变化[J]. *科学通报*,2008,53(15):1835-1841.
- [21] 王绍武. 小冰期气候的研究[J]. *第四纪研究*,1995(3):202-212.
- [22] 李明启,靳鹤龄,张洪. 小冰期气候的研究进展[J]. *中国沙漠*,2005,25(5):731-737.
- [23] 任振球. 中国近五千年气候的异常期及其天文成因[J]. *农业考古*,1986(1):298-303.
- [24] 孟万忠,赵景波. 近六百年来山西气象灾害与气候变化[M]. 北京:中国社会科学出版社,2014.
- [25] IPCC. Summary for policymakers [C] // Stocker TF, Qin D, Plattner GK et al, eds. *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2013.
- [26] 丁一汇,任国玉,石广玉,等. 气候变化国家评估报告(I)中国气候变化的历史和未来趋势[J]. *气候变化研究进展*,2006,2(1):3-8.
- [27] 王绍武,叶瑾琳. 近百年全球气候变暖的分析[J]. *大气科学*,1995,19(5):545-553.
- [28] 王海军,张勃,赵传燕,等. 中国北方近57年气温时空变化特征[J]. *地理科学进展*,2009,28(4):643-650.
- [29] 郭志梅,缪启龙,李雄. 中国北方地区近50年来气温变化特征的研究[J]. *地理科学*,2005,25(4):448-454.
- [30] 尹淑艳,王海燕,王德丽,等. 陕南汉江上游历史洪水灾害与气候变化[J]. *干旱区研究*,2010,27(4):522-528.
- [31] 尹淑艳,黄春长. 汉江上游近50a来降水变化与暴雨洪水发生规律[J]. *水土保持通报*,2012,32(1):19-25.