

明代山西霜雪低温灾害特征与周期规律分析

孟万忠^{1,2}, 赵景波¹, 刘晓峰²

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 太原师范学院 汾河流域科学发展研究中心, 太原 030012)

摘要: 通过对山西明代历史文献资料的搜集和统计分析, 研究了该地区霜雪低温灾害的等级、阶段、周期与成因。结果表明, 明代山西共发生霜雪低温灾害 114 次, 其中轻、中、重度分别为 22, 66, 26 次。灾害变化可分为 2 个阶段, 公元 1368—1519 年为第一阶段, 频次较少, 强度较弱, 以轻、中度灾害为主; 1520—1644 年为第二阶段, 频次较高, 强度较大, 以中度和重度灾害为主。小波分析显示, 灾害存在 3 个明显的周期, 即 2~3 a, 9~14 a 和 45~55 a。明代山西在 1531—1533 年、1578—1588 年、1591—1607 年和 1631—1642 年共发生了 4 次寒冷气候事件。寒冷气候事件都发生在 1520 年之后, 说明明代中晚期的气候比早期寒冷。

关键词: 霜雪低温灾害; 特征; 周期规律; 寒冷气候事件; 明代; 山西省
中图分类号: K903 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-2363(2012)06-0123-04

0 引言

凡是因地面气温急剧下降, 或因地面气温达到某一较低水平, 或因地面有一定积雪而造成的灾害都属于霜雪低温灾害^[1], 包括霜冻、低温和雪灾, 低温是它们共同的特点, 因此, 归为一类来研究。目前的研究成果大多集中在近 60 a, 国外学者的研究表明, 20 世纪北欧、加拿大、美国的霜冻日数都有减少趋势^[2-4]。我国学者采用不同的指标对全国不同地区霜、冻、雪等灾害的时空变化特征、原因和周期变化规律等进行了分析^[5-10]。此类灾害对作物的产量影响巨大, 在气候变暖的背景下仍需重视灾害的预防^[11-14]。对历史时期霜雪灾害的研究成果较少^[15-16], 目前也有学者给予关注^[17-19]。霜雪低温灾害使尚在生长、未成熟的农作物和经济作物被冻伤、冻死, 造成减产甚至绝收, 严重威胁粮食生产安全, 对山西的农业生产影响巨大。因此, 对该地区历史时期此类灾害进行研究具有重要的科学和现实意义。本研究以明代历史文献记载为依据, 探讨山西明代霜雪低温灾害发生的等级、阶段和时空变化规律, 并利用小波分析方法^[20]分析灾害的周期变化, 以期对此类灾害进行科学的预测和防治。

1 资料与等级划分

1.1 研究区概况与资料来源

山西南起 34°34′58″N, 北至 40°43′30″N, 西自 110°14′42″E, 东达 114°33′17″E。地处黄河以东, 太行山以西, 属黄土高原东部地区。地形复杂, 平均海拔 1 000 m 以上, 地势东北高, 西南低。属温带大陆性季风气候, 年平均气温 4℃~14℃, 年降水量 400~600 mm, 全年无霜期平均 80~220 d。

本研究以《中国气象灾害大典·山西卷》^[21]等资料对山西明代 277 年的霜冻、低温、大雪灾害记载的时间、发生的季节、灾情、受害的农作物种类等为依据进行研究。

1.2 等级划分

中国气象局颁布的《中华人民共和国气象行业标准》, 依据日最低气温下降的幅度、低温强度及植物遭到霜冻害后受害和减产的程度, 将霜冻分为轻、中和重霜冻 3 级; 依据 24 h 的降雪量将雪灾分为轻度、中度、重度和特重雪灾 4 级。但明代没有准确的温度和降雪量等数据, 依据现代的划分方法是不可行的。因此, 对历史时期的霜冻、低温和雪灾, 需要综合考虑其发生的季节、持续时间、强度、受灾范围以及人、畜、农作物受影响程度的大小, 进行等级划分。

统计表明, 明代 277 年山西共发生霜雪低温灾害 114 次, 其中霜冻 64 次, 低温 14 次, 雪灾 36 次。灾害划分为 3 个等级(表 1), 其中, 轻度 22 次, 占 19.3%; 中度 66 次, 占 57.9%; 重度 26 次, 占 22.8%。从不同等级灾害在时间上的变化(图 1)可知, 明代晚期灾害发生最频繁, 且灾害的强度最大, 其次是中期, 早期则频次和强度均最低。

收稿日期: 2012-06-14; 修回日期: 2012-10-25
基金项目: 国家自然科学基金项目(41071335); 山西省高等学校哲学社会科学基金项目(2011326); 山西省软科学研究计划资助项目(2012041015-03)
作者简介: 孟万忠(1971-), 男, 山西清徐县人, 高级工程师, 副教授, 博士后, 主要从事历史地理与环境变迁及 GIS 研究, (E-mail) mwz66@163.com。
通讯作者: 赵景波(1953-), 男, 山东滕州市人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事自然地理与第四纪研究, (E-mail) zhaojb@snnu.edu.cn。

表 1 明代山西霜雪低温灾害等级划分表

Tab.1 Gradation of frost-snow and low-temperature in Shanxi in Ming Dynasty

等级	分级依据	文献记载	次数
I 级轻度	文献中有“霜”、“陨霜”、“寒”、“大雨雪”、“大雪”等记载,但并未记载对人民生产、生活产生的影响	明成化二年(1466),十月,代州大雪;明嘉靖二十九年(1550),夏,广灵霜 ^[21]	霜冻 6 次,低温 5 次,雪灾 11 次
II 级中度	文献中记载有“陨霜杀禾”、“杀稼”、“杀谷”、“杀麦”等对农作物造成比较严重的影响,政府“诏免租”;“大雪数日,深数尺”等霜雪持续时间较长、受灾范围较大、减免受灾地区赋税等	明弘治八年(1495),四月庚申,榆社、沁源、襄垣、长子、陵川陨霜,杀麦、豆、桑;明万历二十年(1592),春三月,荣河、临晋、猗氏大雨雪至三尺 ^[21]	霜冻 48 次,低温 7 次,雪灾 11 次
III 级重度	文献中有“人畜多冻死”、“饥民流移相食”、“树木尽折、冻死”等描述了受灾范围较广,大量民田绝收,有人畜、树木死伤,人民生命财产受到重大损失	明万历十四年(1586),八月,襄垣、长治、黎城、潞城遭恶霜伤禾,庄稼冻死减收,发生饥荒,荒废并作,死者不计其数。长治大饥疫作,死三万人;明万历二十五年(1597),九月,蒲县大雪,禾皆压折,人马多冻死 ^[20]	霜冻 10 次,低温 2 次,雪灾 14 次

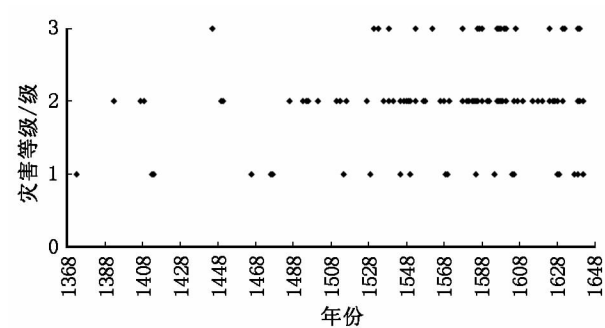


图 1 明代山西霜雪灾害等级变化

Fig.1 Change of grade of frost-snow

and low-temperature disasters in Shanxi in Ming Dynasty

2 灾害的时空变化特征

2.1 空间变化特征

明代山西 108 个县州所(只包括今山西境内),其中 57 个发生过霜冻灾害,12 个发生过低温灾害,34 个发生过雪灾。以《中国历史地图集》明代山西政区^[22]为底图,绘制了明代山西霜雪灾害发生频次空间分布图(图 2)和灾害等级空间分布图(图 3)。从图 2 可知,在地势低凹的盆地,灾害发生的频次较高,这是因为冷空气容易沉积到低部,因此,低凹地带更容易遭受灾害。从图 3 可知,明代山西各地发生灾害等级均为中、重度,这与冬季风势力对山西影响较大有直接关系。

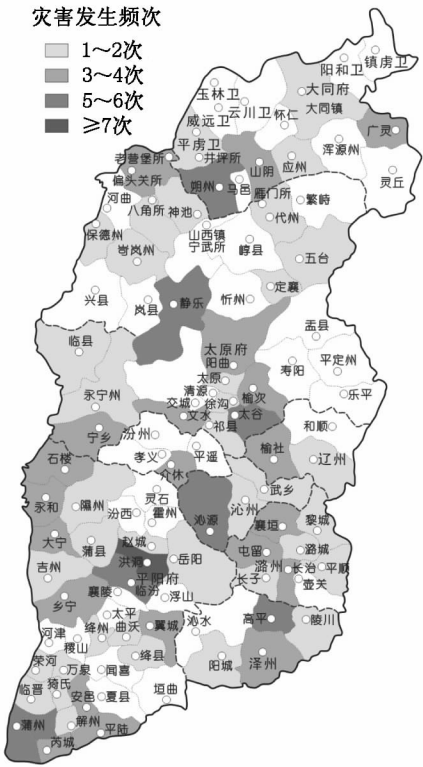


图 2 明代山西灾害发生频次空间分布图

Fig.2 Spatial distribution of

frequency of disasters in Shanxi in Ming Dynasty

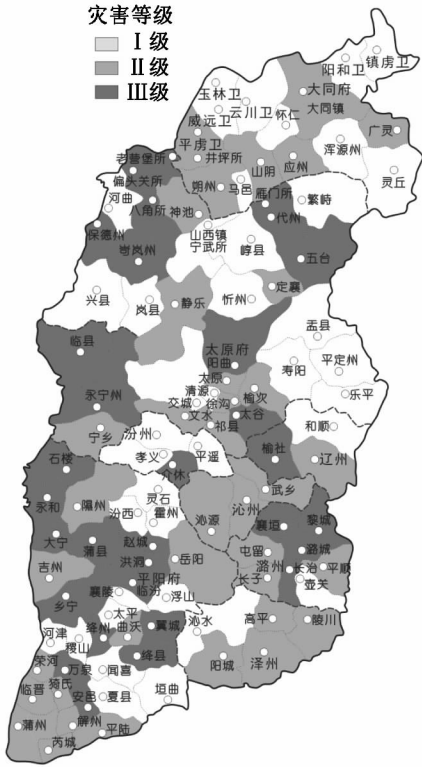


图 3 山西明代灾害等级空间分布图

Fig.3 Spatial distribution of

grade of disasters in Shanxi in Ming Dynasty

2.2 频次变化

以30 a为单位,统计出明代山西各时段灾害发生频次(表2)。根据表2,可将明代山西霜雪低温灾害变化分为两个阶段:1368—1519年为第1阶段,发生灾害21次,频次较低;1520—1664年为第二阶段,发生灾害93次,频次较高。结合表1、表2的统计分析可知,在第一阶段以轻、中度灾害为主,第二阶段以中度和重度霜雪灾为主。因此,可以判断在明代中、晚期是山西霜雪灾害的高发期,且强度较大。

表2 明代山西霜雪灾害发生频次

Tab.2 Frequencies of the disasters in Shanxi in Ming Dynasty

年代	灾害频次/次	年代	灾害频次/次	年代	灾害频次/次
1368—1399	2	1460—1489	4	1560—1589	23
1400—1429	4	1490—1519	8	1590—1619	25
1430—1459	3	1520—1559	23	1620—1644	22

明代每30年灾害发生的平均频次为12.35次,将平均频次与每30年实际发生的频次作差值,可以得出山西霜雪灾害距平值(表3)。表3表明,在1368—1519年的第1阶段,以负距平值为主,表明该阶段灾害频次低于平均频次,是灾害低发期;1520—1644年的第2阶段,以正距平值为主,表明这个阶段的灾害频次高于平均频次,是灾害的高发期。

表3 明代山西霜雪灾害距平值

Tab.3 Change of anomaly of the disasters frequency in Shanxi in Ming Dynasty

年代	距平值/次	年代	距平值/次	年代	距平值/次
1368—1399	-10.35	1460—1489	-8.35	1560—1589	10.65
1400—1429	-8.35	1490—1519	-4.35	1590—1619	12.65
1430—1459	-9.35	1520—1559	10.65	1620—1644	9.65

2.3 季节变化

霜雪低温灾害的发生具有季节性的特点,按灾害的发生季节统计(表4)。从表4可知,春季(农历正月至三月)占9.65%;夏季(农历四月至六月)占27.19%;秋季(农历七月至九月)占41.23%;冬季(农历十月至十二月)占21.93%。霜冻灾害,秋季最频繁,其次是夏、春季,冬季最少;雪灾春季最多,其次是冬季,夏、秋季差不多;低温以冬、春季为主。

春末夏初是冬季风与夏季风交替作用的季节,气温的迅速回升与剧烈降温现象频繁出现,对作物的危害尤其明显。夏季的霜雪灾害发生在农历四月,对刚出土的农作物和开花的果树影响严重;发生在五月,对冬小麦的收割和倒茬作物的播种危害严重;发生在六月,对夏播作物和大秋作物的生长不利。如,明嘉靖四十一年

表4 明代山西霜雪低温灾害季节分布

Tab.4 Seasonal distribution of the disasters in Shanxi in Ming Dynasty

季节	霜冻/次	低温/次	雪灾/次	百分比/%
春季	7	1	3	9.65
夏季	18	1	12	27.19
秋季	39	0	8	41.23
冬季	0	12	13	21.93

(1562),夏四月,襄垣、长治大雪,杀桑害蚕,花果不实;明万历十五年(1587),四月,介休陨霜,禾稼尽杀,百姓流徙,饿殍载道;明万历二十六年(1598),五月初一,五台雨雪,麦豆皆死。秋季下霜或雪过早,会使地面温度降到0℃以下,使正在发育的农作物受到危害甚至死亡,对秋季作物的收成产生重大影响,严重的会造成饥荒发生。如,明嘉靖十二年(1533),秋八月,柳林、石楼、永和、太谷陨霜杀稼,因雪灾、霜冻灾致使太谷、祁县、柳林等地,禾尽杀,大饥,饥民流移相食,道殣相望。冬季和春季发生的灾害,对冬小麦等农作物和家禽、家畜的越冬影响巨大。如,明嘉靖十年(1531),正月望日,洪洞大雨雪,四昼夜不息,平地深三四尺,壕池皆盈,树枝多压折,二麦无收;明万历六年(1578),冬,洪洞、赵城、翼城大雪,人畜冻死者甚众。

2.4 周期规律

小波分析方法^[20]能够对时间序列进行局部剖析和大的变化趋势展示,适宜分析具有不均匀性、多样性、差异性、随机性、迟缓性以及重现性等特点的自然灾害^[23]。气候变化存在一定的时间尺度和周期性,利用小波对明代山西霜雪低温灾害频次数据进行处理分析,得到时间尺度/时间序列的关系图(图4)。从图4可知,存在3个明显的集中区和3个明显的峰值,即在低等级层次中存在2~3 a频率,在中等等级层次中存在9~14 a的频率,在高等级层次中存在45~55 a的频率。这表明,明代山西霜雪低温灾害存在着2~3 a,9~14 a和45~55 a左右的周期。第2阶段周期信号特别明显,反映出这个阶段灾害发生的频率较高。

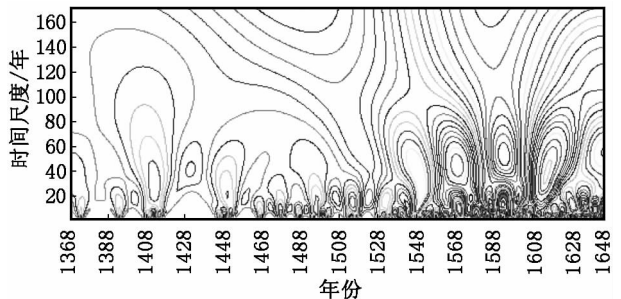


图4 明代山西霜雪低温灾害小波分析
Fig.4 Wavelet analysis of the disasters in Shanxi in Ming Dynasty

3 寒冷气候事件

根据资料分析和判断可知,明代山西发生的气候事件对该地区重度和中度灾害的发生起到了决定作用。分析发现,在明代有 3 年以上出现连续 3 次以上重度灾害,影响范围覆盖 3 个州府以上,把这样的极端气候阶段确定为寒冷气候事件。据此统计,明代山西共发生 4 次寒冷气候事件,分别出现在 1531—1533 年、1578—1588 年、1591—1607 年和 1631—1642 年。

第 1 次寒冷气候事件发生在明嘉靖十年(1531)至嘉靖十二年(1533),发生 3 次重度灾害,涉及洪洞、太谷、祁县、柳林、石楼、永和等县。洪洞“二麦无收”,柳林“禾尽杀,饥民流移相食”,太谷“百卉尽死,秋八月陨霜杀稼”。农作物绝收,饥民流移,甚至发生人相食的事件,说明灾情严重。

第 2 次寒冷气候事件发生在明万历六年(1578)至万历十六年(1588),发生 17 次灾害,6 次重度、9 次中度、2 次轻度。涉及岳阳、临晋、猗氏、辽州、朔州、静乐、隰县、洪洞、赵城、翼城、解州、临汾、襄垣、长治、黎城、潞城、介休、岢岚、五寨、山阴、太谷、乡宁、绛县等几乎山西从南到北全境的州县,不仅“人畜冻死者甚众”,而且“发生饥荒,荒废并作,死者不计其数”。

第 3 次寒冷气候事件发生在明万历十九年(1591)至万历三十五年(1607),发生 22 次灾害,7 次重度、12 次中度、3 次轻度。涉及曲沃、文水、榆次、沁源、高平、五台、泽州、保德、偏关、代县、辽州、临县、隰县、临汾、静乐、荣河、临晋、猗氏、山阴、黎城、蒲县、阳曲等几乎山西从南到北全境的州县。“人马多冻死”、“鬻妻儿女者甚众,僵尸载道”、“且瘟疫,民甚苦久”。

第 4 次寒冷气候事件发生在明崇祯四年(1631)至崇祯十五年(1642),发生 13 次灾害,5 次重度、5 次中度、3 次轻度。涉及潞城、朔州右卫、永和、安邑、万泉、解州、神池、新绛、绛县、平鲁、介休、榆社、广灵、大宁等州县。“树多冻死”、“陨霜杀桑麦。秋无禾,人相食,死者无数。解州斗米九钱,安邑特灾”。

4 结论

(1)明代山西发生灾害共 114 次,轻度占 19.3%;中度占 57.9%;重度占 22.8%。

(2)可分为两个阶段,1368—1519 年为第一阶段,频次较少,强度较弱,以轻、中度灾害为主。1520—1644 年为第二阶段,频次较高,强度较大,以中度和重度灾害为主。

(3)小波分析表明,灾害存在 2~3 a,9~14 a 和 45~55 a 3 个明显的周期。

(4)发生 4 次寒冷气候事件,分别出现在 1531—1533 年、1578—1588 年、1591—1607 年和 1631—1642 年。寒冷气候事件都发生在第二阶段,表明明代中晚期的气候比早期寒冷。

明代是中国近 5 000 年来的第 4 个寒冷期^[24],其中 1470 年以后是寒冷期中最具代表性的时期^[14],华北地区的冷冬出现在 1520 年以后^[25],寒冷期恰恰也是明代山西霜雪低温灾害发生频次较高、强度较大的年代。明代 4 次寒冷气候事件均发生在 1520 年之后,属于灾害高发的第二阶段,表明明代中晚期的气候比早期寒冷。由此亦可证明,公元 1520—1644 年为山西明代异常寒冷的时期,即明代小冰期,与竺可桢先生等人所确定的时间基本一致。

参考文献:

- [1] 袁林. 西北灾荒史[M]. 兰州:甘肃人民出版社,1994:145.
- [2] Heino R, Brazdil R, Forland R, *et al.* Progress in the Study of Climate Extremes in Northern and Central Europe[J]. Climatic Change,1999,(42):151-181.
- [3] Bonsal B R, Zhang X, Vincent L A, *et al.* Characteristics of Daily and Extreme Temperature over Canada[J]. J Climate,2001,5(14):1959-1976.
- [4] Easterling D R. Recent Changes in Frost Days and Frost-free Season in the United States[J]. Bull Amer Meteor Soc,2002,83(9):1327-1332.
- [5] 叶殿秀,张勇. 1961—2007 年我国霜冻变化特征[J]. 应用气象学报,2008,19(6):661-665.
- [6] 马柱国. 中国北方地区霜冻日的变化与区域增暖相互关系[J]. 地理学报,2003,58:31-37.
- [7] 陈乾金,张永山. 华北异常初终霜冻气候特征的研究[J]. 自然灾害学报,1995,4(3):33-39.
- [8] 钱锦霞,张霞,张建新,等. 近 40 年山西省初终霜日的变化特征[J]. 地理学报,2010,65(7):801-808.
- [9] 程志刚,刘晓东. 未来气候变暖情形下青藏高原多年冻土分布初探[J]. 地域研究与开发,2008,27(6):80-85.
- [10] 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.
- [11] 张霞,钱锦霞. 气候变暖背景下太原市霜冻发生特征及其对农业的影响[J]. 中国农业气象,2010,31(1):111-114.
- [12] 李艳丽,王迎春,孙忠富. 山西省霜冻灾害现状及其防御对策分析[J]. 中国农业资源与区划,2006,27(1):57-59.
- [13] 张建军,刘艳红,李晶晶. 北方春霜冻的危害及防御[J]. 中国农业信息,2009(7):24-25.
- [14] 尹君,苏筠. 农谚在河南冬小麦种植及气候适应中的应用[J]. 地域研究与开发,2011,30(4):153-157.
- [15] 张丕远,龚高法. 十六世纪以来中国气候变化的若干特征[J]. 地理学报,1979,34(3):238-247.

(下转第 164 页)

Abstract: This study adopted a test method of equal nutrient and soil nutrient, and did tests about affects of different fertilization on green vegetable yield, vitamin content, nitrate content and soil nutrient content. The results show that silicon-potash fertilizer can efficiently improve the soil available N and soil available phosphorus content, and increase the yield of vegetables and vitamin content of vegetables, reduce the nitrate content of vegetables, and reduce the heavy metals contents like cadmium, chromium,plumbum and so on .

Key words: silicon-potash fertilizer; green vegetable; yield and quality; soil nutrient

(上接第 126 页)

- [16] 李辉. 试论北朝时期霜雪冻等低温灾害发生的特点[J]. 长春师范学院学报, 2008, 27(2): 26-31.
 - [17] 孟万忠, 赵景波, 王尚义. 山西清代霜雪灾害的特点与周期规律研究[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(4): 40-47.
 - [18] 赵景波, 邢闪, 周旗. 关中南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): 81-85.
 - [19] 孟万忠, 刘晓峰. 1368—1948 年山西霜雪灾害的特征与周期规律研究[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 80-84.
 - [20] 葛哲学, 沙威. 小波分析理论与 MATLABR2007 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 42-43.
 - [21] 中国气象灾害大典编委会. 中国气象灾害大典. 山西卷[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 697-701; 738-739; 837-840.
 - [22] 谭其骧. 中国历史地图集第七册[M]. 北京: 中国地图出版社, 1982: 54-55.
 - [23] 魏一鸣. 自然灾害复杂性研究[J]. 地理科学, 1998, 18(1): 25-31.
 - [24] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究[J]. 中国科学 A 辑, 1973(2): 168-189.
 - [25] 王绍武. 小冰期气候的研究[J]. 第四纪研究, 1995, 15(3): 202-212.

Characteristics and Periodicity of Frost-Snow and Low-temperature Disasters of Shanxi in Ming Dynasty

Meng Wanzhong^{1,2}, Zhao Jingbo¹, Liu Xiaofeng²

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Fenhe-Valley Scientific Development Research Center, Taiyuan Normal University, Taiyuan 030012, China)

Abstract: Based on collecting, reorganizing and analyzing the history data about Shanxi in Ming Dynasty, this paper studied the grade series, stage changes, different grades' periodicity and reason of the frost-snow and low-temperature disasters in Shanxi. The statistical results showed that the disasters had 114 times, the disasters' grade may be divided into mild, moderate and severe disaster, and they were respectively 22, 66 and 26 times. The disasters can be divided into two stages. The first stage was from 1368 to 1519, the second stage was from 1520 to 1644. The first stage was that the disasters happen occasionally, and most of them were mild and moderate disasters. The second stage was that the disasters happen frequently, and most of them were moderate and the most serious. According to wavelets analysis, it was known that there were mainly 2 ~ 3a period, 9 ~ 14a period and 45 ~ 55a period. There were four cold climate events from 1531 to 1533, from 1578 to 1588, from 1591 to 1607 and from 1631 to 1642. The cold weather events had occurred after 1520 and prescribed the climate of the middle and late Ming Dynasty was colder than that of the early Ming Dynasty.

Key words: frost-snow and low-temperature disasters; characteristics; periodicity; cold climate events; Ming Dynasty; Shanxi Province