

延安地区明代干旱灾害与气候变化研究

赵景波^{1,2}, 张冲²

(1. 宝鸡文理学院 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721007;

2. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 通过对陕西省延安地区明代(公元1368—1644年)历史资料的搜集和整理, 对该时期干旱灾害等级、时间变化及成因进行了分析。结果表明: 在明代的277年中, 延安地区共发生干旱灾害91次, 平均每3年发生1次。轻度干旱灾害发生17次, 中等干旱灾害发生30次, 大干旱灾害发生29次, 特大干旱灾害发生15次, 分别占到干旱灾害总数的18.7%、32.9%、31.9%和16.5%。大干旱灾害与特大干旱灾害发生频次高是明代延安地区干旱灾害的突出特点, 指示明代总体为干旱气候期。延安明代干旱灾害可分为4个阶段, 第一阶段为公元1368—1420年, 为干旱灾害少发期; 第二阶段为公元1421—1520年, 为干旱灾害多发期; 第三阶段为公元1521—1617年, 为干旱灾害少发期; 第四阶段为公元1618—1644年, 为干旱灾害多发期。各等级干旱灾害特别是大与特大干旱灾害显著增加, 指示第二、四阶段气候显著变干, 降雨量明显减少。延安地区明代出现了2个极端干旱气候亚阶段, 分别在1480—1499年和1626—1641年之间, 当时年均降水量比现今少200 mm左右。

关键词: 干旱灾害; 极端干旱; 降水量; 等级; 明代; 延安地区

中图分类号: P532 文献标志码: A 文章编号: 1672-6561(2010)04-0430-06

Drought Disaster and Climatic Change During Ming Dynasty in Yan'an Area

ZHAO Jing-bo^{1,2}, ZHANG Chong²

(1. Key Laboratory of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating of Shaanxi Province, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721007, Shaanxi, China; 2. School of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, Shaanxi, China)

Abstract: Based on a compilation of historical data of drought disasters in Yan'an Area during Ming Dynasty (1368-1644), the temporal change, level and reason of drought disasters were analyzed. The results showed that during 277 years of Ming Dynasty, the drought disasters happened 91 times in Yan'an Area, with average once every 3 years. The drought disaster happened 17, 30, 29 and 15 times for mild, middle, great and serious levels, respectively. The high frequency of both great and serious drought disasters was the outstanding feature of the climate during Ming Dynasty in Yan'an Area, and indicated the climate was arid as a whole. The distribution of drought disasters in Yan'an Area during the Ming Dynasty could be divided into four stages: from 1368 to 1420 with low frequency of drought disasters (the first stage); from 1421 to 1520 with high frequency of drought disasters (the second stage); from 1521 to 1617 with low frequency of drought disasters (the third stage); from 1618 to 1644 with high frequency of drought disasters (the fourth stage). The significant dynamics of frequency of drought disasters among the four stages indicated that the climate in the second and fourth stages were obviously drier with decreased precipitation. In the second and fourth stages, there were two sub-stages of extremely dry climate (1480-1499, 1626-1641), in which the precipitation was 200 mm less than that in nowadays.

Key words: drought disaster; extremely dry climate; precipitation; grade; Ming Dynasty; Yan'an Area

0 引言

延安地区受东亚季风气候影响显著, 属于暖

温带半干旱气候区^[1], 降水较少, 这直接导致该区域干旱灾害发生频繁。统计结果表明, 干旱是延安地区最为严重的自然灾害之一^[1-5]。因此, 科学认

收稿日期: 2010-01-25

基金项目: 宝鸡文理学院陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室项目(09JS074); 教育部人文社科研究基地重大招标项目(05JJD770014)

作者简介: 赵景波(1953-), 男, 山东滕州人, 教授, 博士研究生导师, 理学博士, 从事第四纪地质与自然地理研究。E-mail: zhaojb@snmu.edu.cn

识干旱灾害的发生、发展规律,对于人类积极防治干旱灾害,减少干旱灾害带来的各种损失,具有重要意义。对于中国陕西地区历史时期的干旱灾害,前人曾做过一定研究。结果表明^[6-9]:陕北地区生态环境脆弱,自然灾害发生频繁,主要以干旱和洪涝最为突出,且干旱灾害发生的频率要明显大于洪涝灾害^[10];陕西地区近、现代发生的干旱灾害与降水量分配不均和减少有直接的联系^[9,11]。但是,前人并未对明代这一历史时期延安地区的干旱灾害变化和产生原因进行过深入研究。从文献记载中可以看出,明代近300年的历史中,延安地区的自然环境发生过几次较为明显的变化,气候的冷暖干湿异常就是其中一种具体的表现形式。笔者着重探讨了延安地区明代干旱灾害发生的特点、规律并划分干旱灾害等级、查明不同等级干旱灾害的发生频率和原因,从而为该区干旱灾害防治起到借鉴作用。

1 研究区概况

延安地区位于陕北黄土高原丘陵沟壑区,位于北纬 $35^{\circ}21' \sim 37^{\circ}31'$ 、东经 $107^{\circ}41' \sim 110^{\circ}31'$ 之间,北接榆林市,南连咸阳市、铜川市、渭南市,东隔黄河与山西省临汾市、吕梁市相望,西依子午岭与甘肃省庆阳市为邻^[1-2]。全区总面积 $370 \times 10^4 \text{ km}^2$,辖1区12县,总人口 19388×10^4 。本区属内陆干旱半干旱气候,四季分明,日照充足,昼夜温差大,年均无霜期170 d,年均气温 $7.7 \sim 10.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$,年均日照数 $2300 \sim 2700 \text{ h}$,年均降水量约560.6 mm,最低年降水量仅有 $330 \text{ mm}^{[1-2]}$ 。由于降水较少和降水量的年际、年内分配不均,本区干旱灾害时有发生,对该区农业危害最大。

2 干旱灾害等级划分

通常情况下,植物生长与干旱灾害的关系最为紧密。因此,自然条件下植物生长需要的水分不能得到满足,特别是不能满足农作物生长的需要,以致于因缺乏水分而枯萎、干死,称之为干旱灾害^[5]。笔者以《西北灾荒史》^[9]、《中国气象灾害大典(陕西卷)》^[3]和《中国三千年气象记录总集》^[12]中对明代延安地区干旱灾害的记载为依据(不包含只描述“陕西旱”的年份),分析和判别干旱灾害持续的时间、植物生长受影响程度等,将该区的干旱灾害划分为4个不同的级别(图1)。

2.1 轻度干旱灾害(1级)

历史资料中未提到干旱灾害对植物生长及百姓生活的影响,而只描述了某地发生了干旱事件,笔者将这种类型划分为轻度干旱灾害。比如“明,正统十二年(公元1447年)冬,陕西无雪。冬十(10)月,延安府并延、绥二卫旱伤”^[3-4]。

2.2 中度干旱灾害(2级)

历史资料中记载了因干旱灾害造成粮食歉收而免收赋税,官府筹粮赈灾,笔者将其划分为中度干旱灾害。如“明,成化九年(公元1473年)免陕西延绥、安德、庆阳三卫成化九年屯田子粒三万一千一百石,以旱灾故也”^[3-4]。

2.3 大干旱灾害(3级)

历史资料中记载了范围比较大的干旱事件,疫病流行,死者甚多,粮食短缺严重,百姓无食物可吃等,这样的干旱灾害划分为大干旱灾害。如“明,万历十一年(公元1583年)闰二(3)月,赈延安府旱灾,免田租。三(4)月至七(8)月,咸阳不雨,疫行,死者甚重。五(6)月,延安府、西安等州县旱灾”^[3-4]。

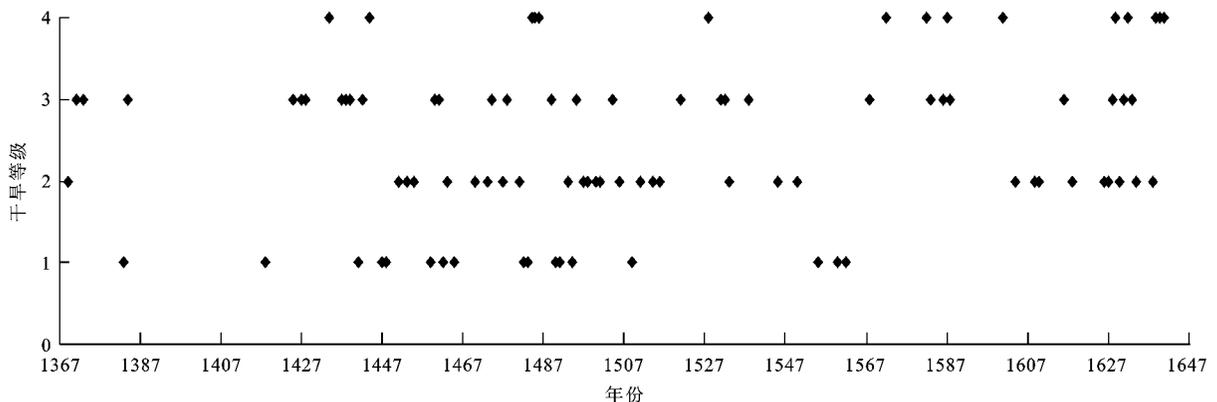


图1 延安地区明代干旱灾害等级序列

Fig. 1 Rank Order of Drought Disaster During Ming Dynasty in Yan'an Area

2.4 特大干旱灾害(4级)

历史资料中记载有长时间无雨(1年以上)或江河干枯,人口大量迁移和死亡,饿殍遍野,出现“人吃人”的惨状,这种类型划分为特大干旱灾害。如“明,崇祯二年(公元1629年)延安府一年无雨,草木枯焦。八、九月间,民争采山间蓬草而食,各府、县饿殍载道,人相食,为陕西明代最重之旱灾”^[3-4]。

在明代277年中,历史资料共记载延安地区干旱灾害91次^[1-2,5]。根据笔者干旱灾害级别划分标准,延安地区轻度干旱灾害发生17次,中度干旱灾害发生30次,大干旱灾害发生29次,特大干旱灾害发生15次,分别占到干旱灾害总数的18.7%、32.9%、31.9%和16.5%。统计表明,大干旱灾害与特大干旱灾害发生频次较高,几乎占到干旱灾害总数的一半(48.4%),这也是明代干旱灾害的一个突出特点。

3 干旱灾害频次变化与特点

3.1 干旱灾害统计的频次变化

为了更加深入研究明代延安地区干旱灾害在时间上的变化,笔者以年代为单位统计明代延安地区干旱灾害发生的频次。统计结果(图2)表明,在明代公元1368—1644年(共277年)的历史阶段中,延安地区有明确记载的干旱灾害总计发生91次,平均每3年发生1次。根据明代延安地区干旱灾害的频次变化,将明代从公元1368到1644年分为4个阶段:第一阶段为公元1368—1420年,第二阶段为公元1421—1520年,第三阶段为公元1521—1617年,第四阶段为公元1618—1644年。在第一阶段,发生干旱灾害6次,平均8.8年发生1次,占干旱灾害次

数的6.6%;在第二阶段,发生干旱灾害46次,平均2.2年发生1次,占干旱灾害次数的50.5%;在第三阶段,发生干旱灾害24次,平均4.1年发生1次,占干旱灾害次数的26.4%;在第四阶段,发生干旱灾害15次,平均1.7年发生1次,占干旱灾害次数的16.5%。可以看出,明代延安地区干旱灾害从早期到晚期呈现“波浪”型变化的特点。

统计显示,公元1480—1489、1490—1499、1630—1639年,每10年中有7次以上干旱灾害,这3个阶段是明代延安地区干旱灾害最频发的时期;发生频次较高的有公元1440—1449、1460—1469、1470—1479、1550—1509、1580—1589年,每10年中有3~5次干旱灾害;发生频次较低的有公元1380—1389、1410—1419、1470—1479、1540—1549、1550—1559、1570—1579年,每10年中有1~2次干旱灾害;没有干旱灾害发生的是公元1390—1399、1400—1409、1590—1599年。

通过统计做出该地区明代以年代为标准的干旱灾害发生频次距平图(图3),揭示延安地区干旱灾害发生特征。由图3可看出,在明代第二阶段公元1430—1520年间和第四阶段公元1620—1640年间,干旱灾害距平值以正值为主;而在明代第一阶段的公元1369—1420年间和第三阶段公元1530—1610年间距平值则以负值为主,而第二阶段和第四阶段的正距平值与第一阶段和第三阶段的负距平值相差较大。这表明明代第二阶段和第四阶段的干旱灾害发生频次显著高于平均值,第一阶段和第四阶段干旱灾害发生频次一般低于平均值,表明明代第二阶段和第四阶段是干旱灾害多发期,第一阶段和第三阶段是干旱灾害较少发生期。

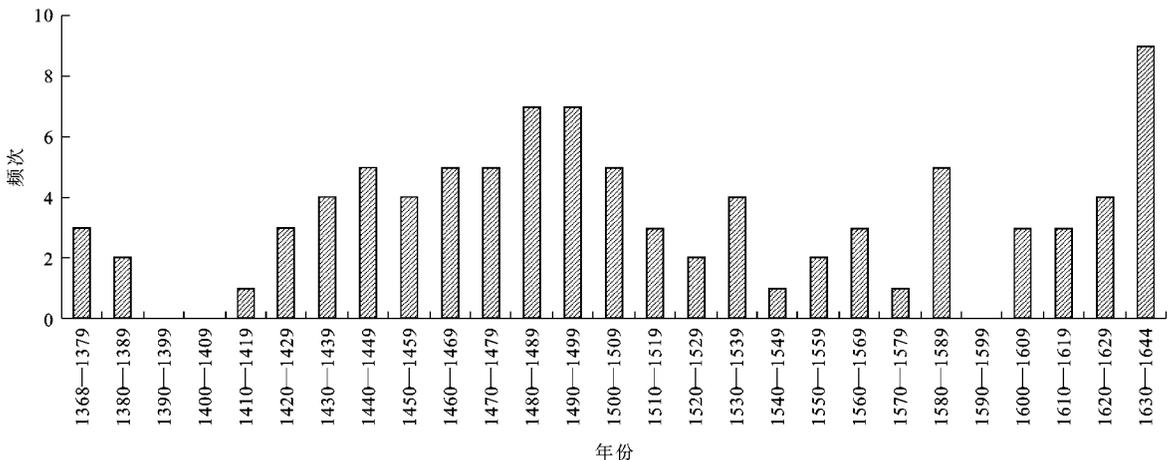
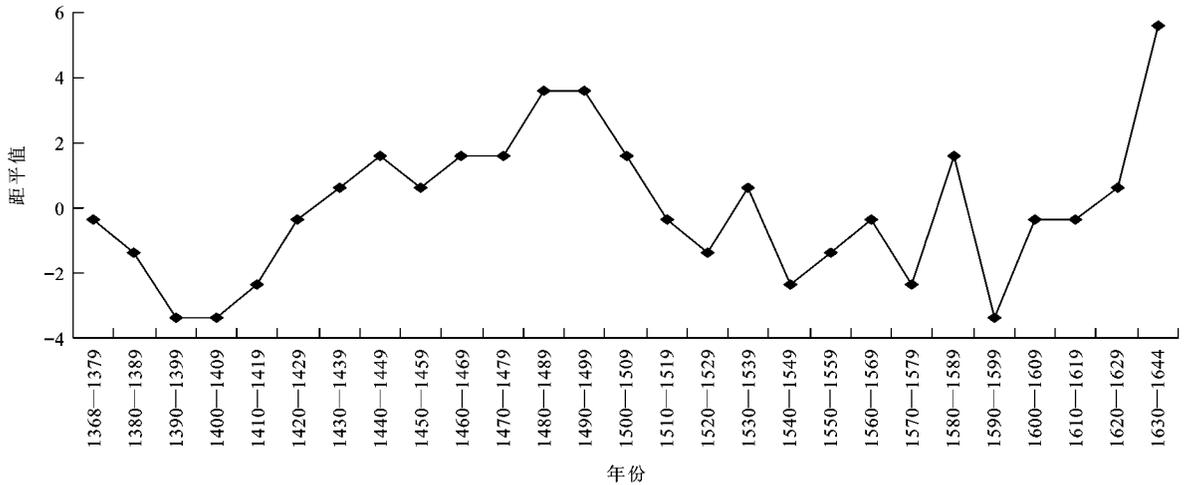


图2 延安地区明代干旱灾害每10年间隔发生频次

Fig. 2 Drought of Disaster Frequency Every 10 Years During Ming Dynasty in Yan'an Area



距平值为每个年代实际发生的干旱灾害次数和年代平均发生干旱灾害次数之差

图 3 延安地区明代每 10 年干旱灾害频次距平值变化

Fig. 3 Variation of Anomalies of the Frequency of Drought Disasters Every 10 Years During Ming Dynasty in Yan'an Area

3.2 最小二乘法拟合的干旱灾害变化

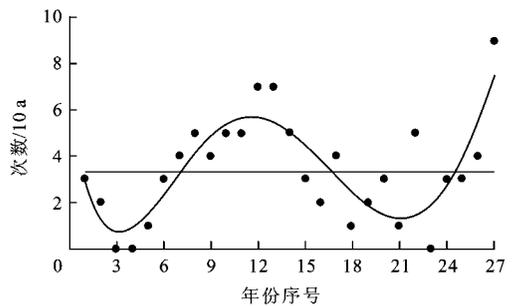
通过最小二乘法比较准确地表示了延安地区明代公元 1368—1644 年(共 277 年)的时间序列,以年代为一年次建立趋势线,即拟合回归曲线^[13]。得到五次多项式回归方程为

$$y = -3 \times 10^{-5} x^5 + 0.0025 x^4 - 0.0734 x^3 +$$

$$0.8902 x^2 - 3.7778 x + 5.8424 \quad r = 0.8223$$

式中: y 为干旱灾害次数; x 为年份序号; r 为相关系数。具体计算方法详见文献[13]。

从五次多项式拟合方程和图 4 可以看出,延安地区干旱灾害在明代不同时期分布存在明显不均,从明代早期到晚期存在“波浪”型变化的特点。



年份序号为明代 27 个时间段,大致为每 10 年为一个时间段;年份序号 2 对应 1380—1389 年,年份序号 3 对应 1390—1399 年,依次类推到年份序号 26;年份序号 1 对应 1368—1379 年;年份序号 27 对应 1630—1644 年

图 4 经五次多项式拟合的延安地区明代干旱灾害变化

Fig. 4 Change of Drought Disaster After Quintic Polynomial Fit During Ming Dynasty in Yan'an Area

4 极端干旱亚阶段与降水量

4.1 极端干旱亚阶段

明代延安地区干旱灾害发生频率最高的时期主要在明代第二阶段的公元 1480—1499 年和明代第四阶段的 1626—1641 年。第二阶段发生过 14 次不同等级的干旱灾害(包括 5 次大干旱灾害以上等级);第四阶段发生 13 次不同等级的干旱灾害(包括 8 次大灾害以上等级)。通过查阅历史文献^[1-2],公元 1480—1499 年和 1626—1641 年,没有发现延安地区有洪涝灾害的记录。公元 1484—1486 年和公元 1639—1641 年的特大干旱灾害是罕见的干旱阶段,所以笔者将延安地区明代公元 1480—1499 年和 1626—1641 年作为两个极端干旱亚阶段,也代表了 2 次很严重的干旱气候事件。根据史料记载,从全国来看,在延安地区明代第二次极端干旱亚阶段(1626—1641 年),中国西北、华北、华中、华东等省

发生特大干旱灾害。这是自公元 1400 年来持续时间最长、范围最广、灾情最重的一次干旱灾害^[3, 11-12]。

4.2 极端干旱亚阶段的降水量

为了探求延安地区极端干旱亚阶段的降水量,根据近年来延安的年平均降水量数据可知,20 世纪 90 年代中期 2 个干旱灾害年的年均降水量分别为 360.7、372.1 mm,2000 年后最初两年的年均降水量都不足 400 mm。根据资料记载,西北在 20 世纪 90 年代中期发生了持续时间超过一年的大干旱灾害^[10],损失极其严重。例如 1995 年特大干旱灾害面积超过 18 000 km²,绝收面积近 7 000 km²,农作物比 1994 年减产 300 多万吨^[14-15]。西北地区 20 世纪 20 年代未发生特大干旱灾害,陕北地区的年降水量不足 350 mm^[16]。华北平原 20 世纪 70 年代初发

生严重干旱灾害,当时河北省年平均降水量只有 350 mm,华北西部地区的年平均降水量也不足 360 mm。根据近代干旱灾害年平均降水量可推断,延安地区明代大干旱灾害发生年的年均降水量普遍在 400 mm 以下,特大干旱灾害发生年份的年均降水量最多也只有 360 mm。由此可初步得到延安地区明代两次严重干旱气候事件发生时的降水量。

5 干旱灾害成因与气候变化

已有研究表明,北纬 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 是中国干旱灾害出现机率最高的区域^[17]。延安大部分地处中国生态环境脆弱带上,干旱是该区出现机会最多、持续时间最长、危害范围最广、经济损失最大的一种农业自然灾害。通常情况下干旱灾害的发生主要受自然和人类活动两方面因素影响,自然因素主要表现为降水量明显减少等气候异常现象;而人类活动的影响则表现为人类长时间对环境的干预和破坏。

通过对中国 20 世纪以来发生干旱灾害的史料研究可以看出,区域干旱灾害发生的自然因素表现为:①年降水量明显减少,气候向冷干方向发展;②年降水量季节分配明显不均。一般来说,持续长的大干旱灾害一般是降水量明显减少造成的。明代早期是历史上的相对温暖期^[3],在这期间共发生 6 次干旱灾害,主要以轻中度干旱灾害为主。公元 1368—1420 年延安地区降水充沛,干旱灾害发生的几率较低,强度和危害性也较小。根据史料记载可以看出,此阶段发生的干旱灾害主要表现为季节性干旱灾害,持续时间不长,强度和对百姓生活危害也不大。从气候类型上来看延安地区属大陆性气候区,降水较少且主要集中在夏季,发生强度较低的季节性干旱灾害是很正常的。春季和夏季是该区农作物生长的主要季节,对水分旺盛的需求量是农作物生长期最主要的特点,这一特点往往使其对水分变化的反应非常灵敏,农作物生长期大气降水偏少,影响作物的正常生长,表现为干旱灾害^[18]。延安地区位于黄土高原丘陵沟壑区,土层深厚,地下水资源缺乏,使得大气降水成为本区最主要的补给水源,一旦大气降水减少对农业的补给受到制约^[19-24],易发生轻度和中度干旱灾害。

综上所述可以明显看出,公元 1421—1520 年,各种不同强度干旱灾害的频次,与前一阶段比较都有了明显增加,特别是大干旱灾害和特大干旱灾害的发生次数,呈现出非常明显的增多趋势。这表明在这一历史时期,气候干旱灾害频发,自然环境发生

了极大改变。自然环境的急剧恶化主要是由于大范围、区域性的气候冷干化引起的,其他人为因素的影响则是次要的。特大干旱灾害、大干旱灾害的发生,往往表现为一年中四季降水量显著减少和连续几年降水量的显著减少,给农业生产和百姓生活带来灾难。依据历史资料对比分析发现,干旱灾害是由于降水减少引起的,表现为在干旱灾害发生年没有洪水发生;如有洪水发生,说明该年降水集中^[23-24]。依据 20 世纪 90 年代中期陕西发生的两次大干旱灾害,延安地区年降水量分别为 360.7、372.1 mm,可以推断,降水量明显减少造成了该区域四季连旱和持续数年大干旱灾害。根据史料记载,公元 1480—1499、1626—1641 年无洪水灾害发生。由此认为,延安地区明代第一、二阶段的大干旱灾害与特大干旱灾害主要是年降水量显著减少造成的。另外,人类为了发展农业,不断加大对土地的开垦,不断破坏自然植被,导致土层含水量降低和降水量减少,也可能加剧了干旱灾害的发生的频次。

6 结语

(1)明代 277 年中,延安地区共发生干旱灾害 91 次,平均每 3 年发生 1 次;轻度干旱灾害发生 17 次,中等干旱灾害发生 30 次,大干旱灾害发生 29 次,特大干旱灾害发生 15 次,分别占干旱灾害总数的 18.7%、32.9%、31.9%、16.5%。大干旱灾害和特大干旱灾害的频繁发生是明代干旱灾害的突出特点,指示明代是气候较为干旱的时期。

(2)延安地区明代干旱灾害从早期到晚期呈现“波浪”型变化的特点,可以区分出 4 个变化阶段。第一阶段在公元 1368—1420 年,为干旱灾害少发期;第二阶段在公元 1421—1520 年,为干旱灾害多发期;第三阶段在公元 1521—1617 年,为干旱灾害少发期;第四阶段在公元 1618—1644 年,为干旱灾害多发期。

(3)明代公元 1421—1520 年和公元 1618—1644 年,延安地区气候明显变干,降雨量显著减少,是明代的 2 个气候干旱期,同时也造成了该地区大干旱灾害和特大干旱灾害等不同等级干旱灾害的显著增加。

(4)依据史料判定,明代延安地区共发生了 2 个极端干旱亚阶段,时间在公元 1480—1499 年和 1626—1641 年,当时的年降水量在 400 mm 以下,比现在少 200 mm 左右。

参考文献:

- [1] 《延安市志》编纂委员会. 延安市志[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1994.
- [2] 杨武圣. 陕西省志: 第六卷, 气象志[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [3] 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.
- [4] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究[J]. 考古学报, 1972(1): 15-38.
- [5] 袁林. 西北灾荒史[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1994.
- [6] Wang J A, Su Y, Shang Y R, et al. Vulnerability Identification and Assessment of Agriculture Drought Disaster in China[J]. Advances in Earth Science 2006, 21(2): 161-168.
- [7] Thorndycraft V R, Benito G. Late Holocene Fluvial Chronology in Spain: the Role of Climatic Variability and Human Impact[J]. Catena, 2006, 66(1/2): 34-41.
- [8] 肖军, 赵景波. 陕西省54年来农业干旱灾害特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(5): 201-204.
- [9] 赵景波, 郁耀闯, 王长燕. 1850—1949年关中地区干旱灾害研究[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2006, 34(4): 99-103.
- [10] 谭徐明. 近500年我国特大干旱灾害的研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2003, 23(2): 77-83.
- [11] 同海丽. 陕西省干旱特征与抗旱对策及应急供水[J]. 地下水, 2005, 27(4): 232-233.
- [12] 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.
- [13] 张超, 杨秉康. 计量地理学基础[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 1985.
- [14] 李兆元, 葛凤英. 陕西省旱涝规律的探讨[C] //陕西省气象学会. 陕西省气象学会论文选集. 西安: 陕西省科学技术协会, 1964.
- [15] 杨新. 陕西干旱灾害特征[J]. 灾害学, 1998, 13(2): 80-84.
- [16] 国家防汛抗旱总指挥部办公室, 水利部南京水文资源研究所. 中国水干旱灾害[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [17] 张养才. 中国农业气象灾害概论[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [18] 刘引鸽, 缪启龙. 西北地区农业干旱灾害与预测研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 564-569.
- [19] 梁旭, 尚永生, 张智, 等. 我国西北五省干旱灾害历史变化规律分析[J]. 干旱区资源与环境, 1999, 13(1): 28-33.
- [20] 赵景波, 马莉. 明代陕南地区洪涝灾害研究[J]. 地球科学与环境学报, 2009, 31(2): 207-211.
- [21] 任朝霞, 杨达源. 西北干旱区近50年旱涝时空变化及其防护措施研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(6): 118-121.
- [22] 李佩成. 关于气候变化的哲学思考[J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(4): 331-336.
- [23] 顾静, 赵景波, 周杰. 关中地区元代干旱灾害与气候变化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2007, 27(6): 111-117.
- [24] 任朝霞, 杨达源. 西北干旱区近50年气候变化特征与趋势[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(1): 99-102.
- (上接第419页)
- [2] 中国地质调查局成都地质调查中心. 四川泸定县地质灾害详细调查报告[R]. 成都: 中国地质调查局成都地质调查中心, 2008.
- [3] 陈富斌, 高生淮. 贡嘎山高山生态环境研究[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993.
- [4] DZ/T 0220—2006. 泥石流灾害防治工程勘查规范[S].
- [5] 谭炳炎. 泥石流活动评估与防治[R]. 北京: 国土资源部, 2004.
- [6] 吴积善, 田连权, 康志成. 泥石流及其综合治理[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [7] 田连权, 吴积善, 康志成, 等. 泥石流侵蚀搬运与堆积[M]. 成都: 成都地图出版社, 1993.
- [8] 田梅青, 姜振泉, 刘炜金, 等. 山东省栖霞市泥石流灾害的成因环境及危险性趋势分区评价[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(4): 24-27.
- [9] 四川省水利电力厅. 四川省中小流域暴雨洪水计算手册[S]. 成都: 四川省水利电力厅, 1984.
- [10] 周必凡, 李得基, 吕儒仁, 等. 泥石流防治指南[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [11] 李宗亮, 魏伦武, 杨全忠, 等. 四川泸定县冷碛镇黑沟泥石流发育特征与危害初探[J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(4): 88-92.
- [12] 殷跃平. 中国地质灾害减灾战略初步研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(2): 1-8.
- [13] 赵景波, 马莉. 明代陕南地区洪涝灾害研究[J]. 地球科学与环境学报, 2009, 31(2): 207-211.