

# 明代1425—1643年北京地区干旱灾害 与气候事件研究

陈颖<sup>1</sup>, 赵景波<sup>1,2</sup>

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 中国科学院地球环境研究所  
黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075)

**摘要:**通过对明代1425—1643年北京地区历史资料的搜集、整理和数学分析,对该时期北京地区的干旱灾害等级及其成因进行了研究。结果表明:明代1425—1643年北京地区共发生干旱灾害160次,平均每1.37年发生1次;其中共发生轻度旱灾44次,占旱灾总数的27.5%;发生中度旱灾54次,占旱灾总次数的33.75%;发生大旱灾54次,占旱灾总数的33.75%;发生特大旱灾8次,占干旱总数的5%。明代1425—1643年北京地区旱灾变化可分为3个阶段,第1个阶段在1425—1509年,第2个阶段在1510—1579年,第3个阶段在1580—1643年。明代1425—1643年北京地区旱灾的突出特点是发生频繁和等级高,其原因主要是当时气候变干和干旱气候事件频繁出现造成的,指示明代1425—1643年是较为干旱的气候期。根据现代干旱年平均降水量推断,北京地区明代1425—1643年间大旱灾发生年份主要灾区的年均降水量为390 mm左右,特大旱灾发生年份的年均降水量为230 mm左右。初步确定北京地区明代1425—1643年发生过9次干旱气候事件,这些事件给人们的生命和财产带来了巨大损失,引起了社会动荡。

**关键词:**北京地区;干旱灾害;明代;灾害等级;气候变干;干旱气候事件

**中图分类号:** P532 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2011)04-0532-09

## The research on drought disasters and climate events in Beijing from 1425 to 1643 in Ming Dynasty

CHEN Ying<sup>1</sup>, ZHAO Jing-bo<sup>1,2</sup>

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** After collecting, interpreting and analyzing the historic material of drought disasters in Beijing from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty, this paper covered the grades and reasons of drought disasters in the study area. As the results showed, from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty, there were 160 drought disasters which occurred once every 1.37 years in Beijing. In this period, the numbers of the slight, moderate, serious and extremely serious drought disasters were 44, 54, 54, 8, and their frequency were 27.5%, 33.75%, 33.75%, 5% respectively. We can divide this period into three stages. The first stage was from 1425 AD to 1509 AD, the second one was from 1510 AD to 1579 AD, and the third one was from 1580 AD to 1643 AD. The outstanding features of drought disasters in Beijing from 1425 AD to 1643 AD during Ming Dynasty were frequent drought disasters and higher draught grades. The main reasons were drying climate and frequent draught climate events which indicated that Ming Dynasty was a drying period. According to average precipitation of modern times, when the serious

收稿日期:2011-05-03

基金项目:教育部人文社会科学研究基地重大项目(05JJD770014);中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室项目(SKLLQG0808)

通讯作者:赵景波, E-mail:zhaojb@snnu.edu.cn

drought disasters occurred in Beijing during Ming Dynasty, the annual precipitation was about 390 mm. When the extremely serious drought disasters occurred, the annual precipitation was about 230 mm. There were 9 draught climate events occurred in Beijing from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty, which brought great losses to local residents and caused turbulence.

**Key words:** Beijing; drought disaster; Ming Dynasty; drought disaster grade; the drying climate; draught climate events

干旱灾害是因长时期的缺水逐渐孕育而造成的一种渐进性灾害,主要表现为长时期的降水偏少、地表水匮乏、地下水位下降。干旱灾害是北京地区发生最频繁、波及面最大、持续时间最长的一种气象灾害(张德二, 2004; 温克刚和谢璞, 2005)。通过文献查阅,我们发现人们对北京地区的旱灾研究比较少,而且主要集中于研究旱涝灾害对北京地区农业的影响、北京地区的连续干旱情况以及相应的对策(姚佩珍和张强, 1996; 叶彩华和郭文利, 2000; 陈广庭, 2002; 周俊菊等, 2002; Zhang, 2004),而对于干旱灾害发生的等级、阶段和变化趋势等研究不够,尤其是对于旱灾多发的明代研究更少。在国外,虽然有一些关于干旱的研究,但主要侧重于以下三个方面:重建干旱发生频率,分析干旱的严重性;研究干旱灾害与其他气象灾害诸如洪涝灾害或厄尔尼诺现象的关系;探讨特定区域干旱灾害发生的原因(郑水红等, 2000; 胡俊大, 2001; Jiang et al, 2006; Wang et al, 2006; Calanca, 2007; Cook et al, 2007; Yin et al, 2009)。我国历史文献资料丰富,为研究干旱灾害的变化提供了宝贵资料。

单一的旱灾频率会受到记录详实程度以及记录缺失的严重影响。明朝建国时始以南京为京城,永乐十九年(1421年),明成祖迁都北京,之后社会整体比较稳定,北京又是京城,可以认为其气象灾害记录没有缺失。因此,本文根据明代1425—1643年历史文献进行整理和分析,探讨北京地区干旱灾害发生的阶段、等级、变化趋势与特点,分析干旱灾害成因,探讨干旱灾害与气候事件的联系。干旱灾害的研究对于认识历史时期干旱灾害的发生规律具有重

要科学意义,对旱灾防治有重要的实际意义。

## 1 研究区概况

北京地区位于华北平原的西北边沿,地势由西北向东南倾斜,西部属太行山余脉,北、东北为燕山山脉,两条山脉在昌平县南口附近交汇,形成一个向东南展开的山湾,它所围绕的平原为北京小平原。北京三面环山,形成一条山脊平均海拔高度约1000 m的山前、山后的天然分界线(温克刚和谢璞, 2005)。北京地区包括东城区、崇文区在内的城八区以及密云、延庆等区县,共16区、2县。北京地区位于中纬度季风气候区,多年平均降水量为609.2 mm,年均气温在12.3℃左右。由于逐年间季风气候的不稳定性,年际间干旱灾害频繁出现,并且年降水量的四分之三都集中在夏季,而夏季的降水量又往往是由暴雨构成的,所以北京地区降水历时短,强度大,导致旱涝灾害频繁发生(宋连春, 2003; 张书余, 2003)。

## 2 明代1425—1643年北京地区干旱灾害等级划分

根据干旱灾害持续时间、强度、受灾范围以及受影响程度的大小等,并且以《中国三千年气象记录总集》(张德二, 2004)、《中国气象灾害大典:北京卷》(温克刚和谢璞, 2005)中对明代1425—1643年北京地区干旱灾害的描述为依据,将北京地区的干旱灾害划分出以下4个等级(表1)。

按表1等级划分,可将北京地区明代1425—1643年旱灾划分等级并示于图1。

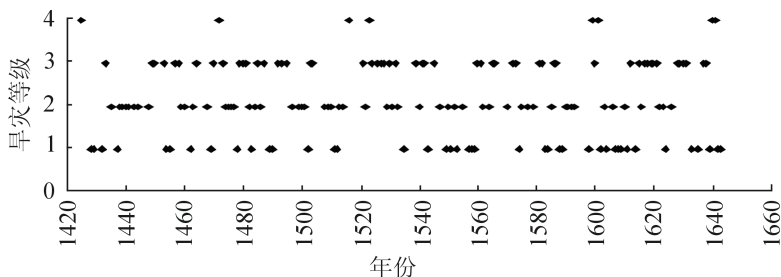


图1 北京地区明代1425—1643年旱灾等级变化

Fig. 1 Change of the grades of drought disasters in Beijing area from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty

表1 明代1425—1643年北京地区旱灾等级

Table 1 The drought disasters grade in Beijing from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty

| 灾害等级        | 划分依据                                                               | 灾害情况                                                                                                                                                  | 灾害次数 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 第一级<br>轻度旱灾 | 数县范围内连季少雨或不雨。文献中只记载了局部地区或个别地区发生旱灾,而未提及旱灾对农业及当地人民的影响。               | 如:明天顺六年(1462年),冬,直隶无雪;明嘉靖三十二年(1553年),(顺天府)春深未闻雷雨,四月初一日,以久旱祈雨。                                                                                         | 44次  |
| 第二级<br>中度旱灾 | 较大面积连季少雨或不雨。文献中有记载,免赋税、缓征额赋或粮食歉收等。                                 | 如:明成化二十年(1484年),顺天府以久旱灾故免夏税小麦二万二千余石,秋粮二万七千三百余石。                                                                                                       | 54次  |
| 第三级<br>大旱灾  | 出现成灾严重,区域大旱并造成社会经济问题。文献中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,粮食价格飞涨等。     | 如:明弘治六年(1493年),(顺天府)自去冬无雪,至四月不雨,连日狂风。雨霾。风蝗蔽日,流民万计。(大兴、宛平)自春及秋亢旱为灾,蝗虫大作。以旱灾免顺天府夏麦一万五千三百九十石。发预备仓赈大兴、宛平旱灾。以顺天府大兴、宛平二县旱灾,命发预备仓赈之,下户二月,稍优者一月,大口各给粮三斗,小口半之。 | 54次  |
| 第四级<br>特大旱灾 | 为持续一年或数年,大区域范围的跨季度、跨年度的严重干旱。文献中有河流断流,人口大面积死亡,人口发生迁移,人民生命财产受到重大损失的。 | 如:明嘉靖二年(公元1523年),京师去冬无雪,今春夏大旱,无麦,米价腾贵。(顺天府)亢旱久,风霾不息,黄沙蔽天,二麦未秀,秋种未布。赤地千里,饥民流离,殍殍载道。祈雨,蠲租有差。                                                            | 8次   |

(据张德二,2004;温克刚和谢璞,2005。)

图1表明,北京明代1425—1643年共发生轻度旱灾44次,占旱灾总数的27.5%;发生中度旱灾54次,占旱灾总次数的33.75%;发生大旱灾54次,占旱灾总数的33.75%;发生特大旱灾8次,占干旱总数的5%。

### 3 明代1425—1643年北京地区干旱灾害的变化

干旱灾害是北京地区发生最频繁、波及面最大、

持续时间最长的一种气象灾害,北京地区自公元1425(明洪熙元年)到1643年(崇祯十六年)的219年里中,共发生干旱灾害160次(一年中有多次旱灾的按一次计算),平均每1.37年发生一次,可谓旱灾多发。

#### 3.1 干旱灾害频次分析

根据《中国三千年气象记录总集》和《中国气象灾害大典:北京卷》,以10年为单位统计出明代1425—1643年北京地区干旱灾害发生的频次(图2)。

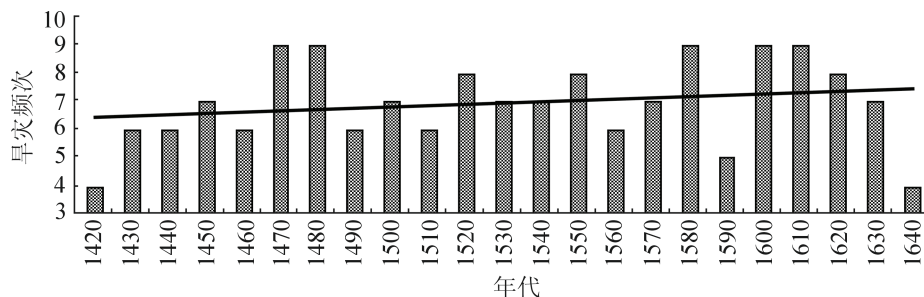


图2 明代1425—1643年北京地区旱灾频次变化

Fig. 2 Change of the occurring frequency of drought disasters in Beijing area from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty

从图2可以看出,北京地区在明代1425—1643年旱灾变化可分为3个阶段。第1个阶段在1425—1509年,共发生旱灾60次,每1.42年发生1次。第2个阶段在1510—1579年,共发生旱灾49次,每1.43年发生1次。第3个阶段在1580—1643年,共发生旱灾51次,每1.25年发生1次。其中1470—1489、1580—1589年、1600—1609年和1610—1619年间,旱灾频次最高,每年均发生1次。总体而言,从明代早期到晚期,旱灾发生频次呈增高的趋势(图2)。

值得注意的是,8次特大旱灾不均等的分布在上述阶段的3个阶段中,第1、2、3个阶段分别发生的特大旱灾次数为2次、2次、4次。由此可见,明代1425—1643年北京地区发生的特大干旱事件发生的频数大,而且不均匀地分布于各个阶段中,呈现出递增的趋势。

为清楚反映北京在明代1425—1643年旱灾变

化,我们以10年为单位,做了旱灾频次变化距平图(图3)。由图3可知,1430、1440、1450、1460、1470、1480、1490、1500、1510、1520、1530、1540、1550、1560、1570、1580、1600、1610、1620、1630年代发生旱灾的次数大于每10年内的平均次数6.96次。而且1450、1470、1480、1500、1520、1530、1540、1550、1570、1580、1600、1610、1620、1630年代发生旱灾的距平次数都大于或等于7次,表明这些年代干旱灾害发生较多,其中1470、1480、1580、1600、1610年代是干旱灾害多发年代。其他年代发生的干旱次数都低于旱灾平均次数。由图3可以清楚地看到,旱灾发生的次数具有波动变化的特点,即在一定年代内旱灾较少,随后旱灾又增多。图3还表明,北京地区旱灾频次在明代1425—1643年间以正距平值为多,表明旱灾频次高于平均频次,是旱灾较高发生期。

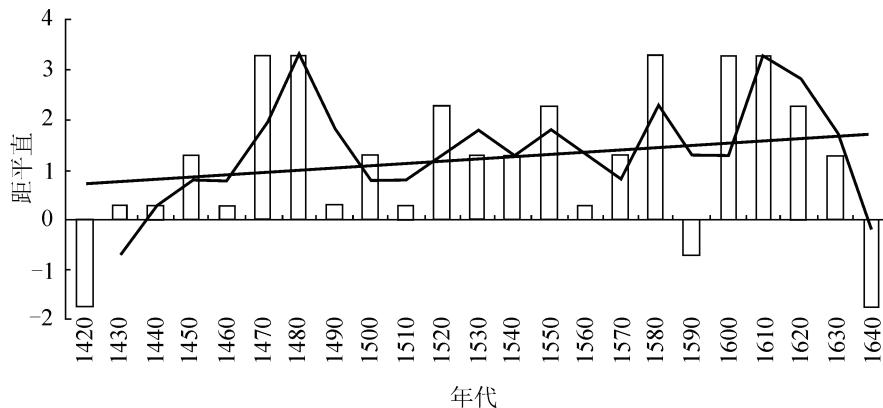


图3 北京地区明代1425—1643年干旱灾害频次距平值变化

Fig. 3 Change of occurring frequency anomaly of drought disasters in Beijing from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty

### 3.2 利用最小二乘法拟合干旱灾害发生频次

#### 3.2.1 模型建立的理论推导

经典的最小二乘法在气象统计中有着极为广泛的应用,本文统计了明代1425—1643年北京地区旱灾资料,以每10年为1年次建立样本观测值 $\{(x_i, y_i)\}_{i=0}^n$ ,并通过此值建立一个连续函数 $y = \phi(x) \in V$ ,所以要寻找一函数 $\phi^*(x) = \sum_{i=0}^n c_i \phi_i(x) \in \Phi \equiv \text{span}\{\phi_0, \dots, \phi_n\}$ ,  $c_i^* \in R, 0 \leq i \leq n$ ,  $\Phi$ 为 $V$ 的一个子空间,使得 $\|f - \phi_n^*\|_2 = \min_{\phi \in \Phi} \|f - \phi\|_2$ ,令 $I(c_0^*, c_1^*, \dots, c_n^*) = \|f - \phi_n^*\|_2^2$ ,有 $I =$

$$\begin{aligned} (c_0^*, c_1^*, \dots, c_n^*) &= \min_{c_i \in R} I(c_0, c_1, \dots, c_n) = (\phi - y, \phi - y) \\ &= \left[ \sum_{i=0}^n c_i \phi_i - y, \sum_{i=0}^n c_i \phi_i - y \right] = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_i c_j (\phi_i, \phi_j) - 2 \sum_{i=0}^n c_i (\phi_i, y) + (y, y) = C^T G_n C - 2C^T Y + (y, y) = I(c), \end{aligned}$$

其中:  $C = (C_0, C_1, \dots, C_n)^T$ ,  $Y = [(\phi_0, y), (\phi_1, y), \dots, (\phi_n, y)]^T$ ,  $G_n = (\phi_i, \phi_j)$ 。由定理(封建湖等, 2001)可知,要使二次函数 $I(c)$ 取得最小值,充分必要条件是:向量 $C^*$ 是线性方程 $GC = Y$ 的解向量。且 $G_n = (\phi_i, \phi_j) = \sum_{k=0}^n \phi_i(x_k) \phi_j(x_k) =$

$$\begin{Bmatrix} \phi_0(x_0) & \phi_0(x_1) & \cdots & \phi_0(x_n) \\ \phi_1(x_0) & \phi_1(x_1) & \cdots & \phi_1(x_n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \phi_n(x_0) & \phi_n(x_1) & \cdots & \phi_n(x_n) \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \phi_0(x_0) & \phi_1(x_0) & \cdots & \phi_n(x_0) \\ \phi_0(x_1) & \phi_1(x_1) & \cdots & \phi_n(x_1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \phi_n(x_n) & \phi_n(x_n) & \cdots & \phi_n(x_n) \end{Bmatrix} = A^T A$$

上述线性方程可变为:  $A^T A C = A^T y$ , 通过求解此方程得到解向量  $C^*$ , 并得到拟合函数  $\phi_n^*$ 。其平方误差为:  $\delta^2 = (\phi^* - y, \phi^* - y) = (y, y) - (y, \phi^*) = (y, y) - Y^T C^*$ 。

### 3.2.2 干旱灾害发生频次的拟合曲线

应用最小二乘法意义下 5 次多项式的拟合, 可以直观地为我们显示明代 1425—1643 年明代北京地区干旱灾害频次变化在 10 年尺度下的变化特点(图 4)。

拟合方法的优点是能够更清楚地反映变化趋势, 还能够分辨出旱灾变化的阶段性。图 4 表明, 从早期到晚期, 北京地区明代 1425—1643 年旱灾发生特点呈明显的波动增加趋势, 旱灾变化可分为 3 个阶段。

## 4 明代 1425—1643 年北京地区干旱灾害的成因

### 4.1 降水年际变化及其季节分配不均的影响

冯丽文研究了北京的气候振动, 得出北京

1941—1980 年年降水量的多年振动曲线, 从 19 世纪 70 年代至 90 年代中期及 20 世纪 50 年代降水量明显偏多, 19 世纪 50—60 年代及 20 世纪初至 40 年代降水量偏少(冯丽文, 1985)。王亚娟等通过对降水的距平及 11 a 滑动平均分析得出了类似的结论(王亚娟等, 2008)。我们根据《中国气象灾害大典: 北京卷》对近代干旱年的描述, 确定北京地区在 1959 年发生特大旱灾, 1989 年和 1997 年发生大旱灾, 旱灾发生时年降水量明显减少, 与冯丽文、王亚娟等关于降水量的变化描述吻合, 说明北京干旱灾害的发生与降水量减少有关。

为进一步查明干旱灾害事件和降水量的关系, 根据中国气象科学数据共享网站提供的从 1951 年至 2000 年北京地区年降水量的数据, 以及《中国气象灾害大典: 北京卷》对近代干旱年的描述, 可以得到北京地区在公元 1951—2000 年发生旱灾时年降水量与旱灾等级的关系(图 5)。

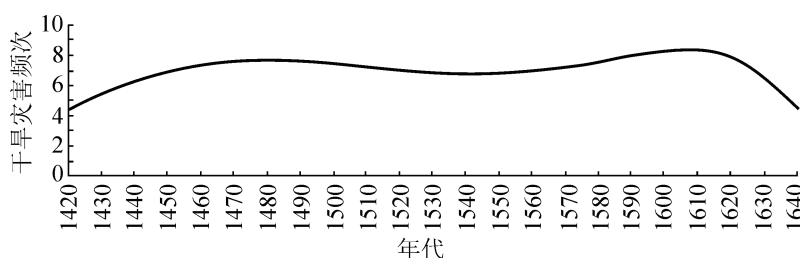


图 4 经 5 次多项式拟合后的北京地区明代 1425—1643 年干旱灾害变化

Fig. 4 Drought disaster changeable curve after 5 times' polynomial fit from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty in Beijing

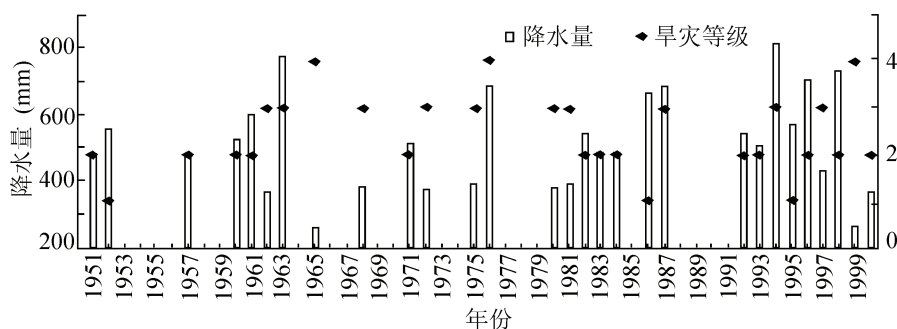


图 5 北京地区 1950—2000 年年降水量与旱灾等级的对比

Fig. 5 The comparison between drought disasters and precipitation in Beijing area from 1950 AD to 2000 AD

可以看出,一旦北京地区发生旱灾,发生年份都会出现年降水量明显下降的现象,年降水量的减少从7%(43.1 mm)到57%(351.2 mm)不等。例如,1951年,北京地区年降水量比常年偏少21%,共减少129.4 mm;1962年,年降水量比常年偏少40%,共减少246.4 mm;1980年,年降水量比常年偏少41%,共减少252.6 mm;1997年,年降水量比常年偏少30%,共减少184.8 mm;1999年,年降水量比常年偏少56%,共减少345 mm。由此推断,气候变干,年降水量显著减少,是北京地区明代1425—1643年干旱灾害发生的主要原因。

由(图5)中现代干旱年的旱灾等级划分和中国气象灾害大典:北京卷》可知,1968年北京地区年降水量比常年减少221.8 mm,大秋作物播种受到影响,造成夏粮大幅度减产,发生大旱灾。1975年,年降水量比常年减少215.6 mm,发生大旱灾,由于自1975年8月下旬至1976年5月底连续干旱少雨,降水量仅52.1 mm,比常年同期偏少73%,导致1976年发生特大旱灾。1980—1981年,连续两年大旱灾,减少的年降水量分别为252.6 mm和215.6 mm,干旱导致地下水位持续下降,不仅造成农业灾害,城郊群众生活用水也受到很大影响。1999年,发生特大旱灾,北京地区年降水量比常年减少345 mm,夏季降水量比常年减少69%,是自1724年有降水量记录以来夏季降水量最少年。据此可知,北京地区持续长的大旱灾和特大旱灾使降水量显著减少,年降水量一般减少200 mm以上。

旱灾发生与季节降水量变化也有关系。年降水量减少导致降水量季节分配发生变化,特别是在作物需水的春末和夏季降水减少,都会导致旱灾的发生,而且常常以轻度和中度旱灾为多。根据图5可知,年降水量的减少引起了季节降水量的减少和变化,导致了旱灾的发生,在年降水量没有减少的情况下,几乎

没有完全由降水量季节变化引起的旱灾发生。

#### 4.2 降水量的恢复

为进一步明确干旱和年降水量的关系,根据现代干旱年平均降水量的数据,可初步恢复明代1425—1643年北京地区主要灾区旱灾发生时的年降水量。根据中国气象科学数据共享网站提供的从1951年至2000年北京地区的年降水量数据,以及《中国气象灾害大典:北京卷》对近代干旱年的描述,可以查出1959年、1962年、1965年、1968年、1972年、1980年、1981年、1989年、1997年、1999年、2000年年均降水量分别为140.5 mm、366.9 mm、261.4 mm、386.5 mm、374 mm、380.7 mm、393.2 mm、442.2 mm、430.9 mm、266.9 mm、371.1 mm。通过资料描述,可以确定北京地区在1962年、1968年、1972年、1980年、1981年、1989年、1997年、2000年都发生了大旱灾,其中1980年至1982年连续3年干旱范围超出北京地区,波及到华北大部分地区,以北京地区旱情最为严重。1997年春夏秋三季连旱,1999年为百年罕见的大旱,年降水量远远低于300 mm。从1992年起至21世纪初至少连续11年出现旱情,连旱次数仅次于明代最长的连旱年数16年(公元1472—1487年)(封建湖等,2001)。同时统计得出,北京地区1965、1999年发生的特大旱灾,年降水量不足300 mm。由此可以看出,大旱灾发生时的年均降水量一般为390 mm左右,而特大旱灾发生年其年均降水量一般为230 mm或更低,即该区从半湿润气候变成干旱气候。根据现代干旱年平均降水量可推断,明代1425—1643年北京地区大旱灾发生年份主要灾区的年均降水量为390 mm左右,特大旱灾发生年份的年均降水量为230 mm左右。由此可初步恢复北京地区明代大旱灾与特大旱灾发生年主要灾区当时的年降水量(图6)。

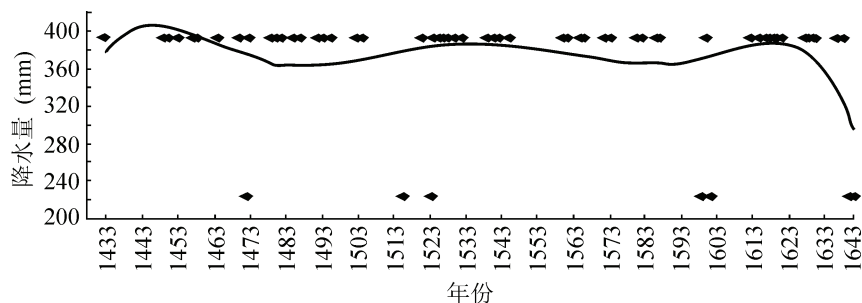


图6 北京地区明代1425—1643年大旱灾与特大旱灾发生年主要灾区年降水量恢复

Fig. 6 Precipitation restored in drought years from 1425 AD to 1643 AD in Ming Dynasty in Beijing area

由图6的6次拟合曲线可以看出,北京地区明代1425—1643年主要灾区的年降水量呈逐渐递减的趋势。尤其在明代1425—1643年间后期,降水量骤然减少,表明该时期的气候更干,旱灾发生也更频繁,这也刚好印证了前文关于北京地区明代1425—1643年旱灾的频次变化分析。

#### 4.3 气候变干和干旱气候事件的影响

北京地区属暖温带半湿润大陆性季风气候。冬季寒冷干燥多西北风,夏季炎热多雨多东南风,春季干旱,多风沙,秋季降温快,早晚温差较大。由于北京地区背山面海的特殊地形的影响,北京地区的气候较之同纬度的其他地区要复杂得多(温克刚和谢璞,2005)。明代1425—1643年处于我国500年来最为寒冷的第四寒冷气候期(封建湖等,2001),该时期气候不仅以寒冷为特征,而且极其异常多变,干旱时有发生。

根据历史文献,我们查得北京地区明代1425—1643年在不同冷暖气候背景下有代表性的重大干旱事件共有9例,分别是:公元1472—1487年、1521—1524年、1526—1533年、1538—1543年、1572—1591年、1598—1604年、1614—1624年、1628—1631年、1637—1643年。

第1次干旱气候事件发生在明成化八年(1472年)至成化二十三年(1487年),北京地区连旱16年,是历史上连旱年数最长的时期。1472年,“京畿自二月至四月不雨,土地干坼,秋禾难布,运河水涸”,河干涸,民饥死,这是特大旱灾发生的最具代表性的标志,到了次年,旱情稍减,但仍然是“狂风弥月,土干麦槁,民不聊生”的大旱灾。公元1479—1481年,出现3年连续大旱灾,“以旱灾故,免顺天等府州县夏税九万六千八百石有奇;二麦未秀,米价涌贵”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005)。可见,成化年间这次连旱持续时间长,降水少,共发生6次大旱灾,1次特大旱灾,根据前文降水量恢复,可确定出该地区当时年降水量在310 mm至390 mm之间,旱情严重。

第2次干旱气候事件发生在明正德十六年(1521年)至嘉靖三年(1524年),北京地区连旱4年,发生大旱灾2次,特大旱灾1次。公元1521年,“顺天府久旱不雨”,到1523年,顺天府“亢旱久,风霾不息,黄沙蔽天,赤地千里,饥民流离,殍殍载

道”。次年秋冬,顺天府“冻饿死者随处可见”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005)。可见这短短四年发生的旱灾是很严重的。

第3次干旱气候事件发生在明嘉靖五年(1526年)至嘉靖十二年(1533年),北京地区连旱8年,发生5次大旱灾。公元1526—1528年,连续三年大旱灾,其中1527年,顺天府“罢征夏税及马价、物料”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005)。根据降水量恢复,该区当时年降水量应在390 mm以下,加上大旱灾连旱,致使当地农事维艰,百姓无以上缴税费。

第4次干旱气候事件发生在明嘉靖十七年(1538年)至嘉靖二十二年(1543年),北京连旱6年。该事件之所以作为重大干旱事件,是因为这九年不仅旱灾严重,而且由旱灾伴生的蝗灾也很严重。公元1541年,顺天府“四月久旱,漕渠水涸;五月旱甚蝗,民饥;五月,密云飞蝗蔽天”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005),河涸民饥,根据降水量的恢复,可知当时的年降水量在390 mm左右,气候较干。同时旱灾是诱发蝗灾的直接因素(马雪琴,1998),一旦旱灾伴生出严重的蝗灾,灾区旱情更为严重。

第5次干旱气候事件发生在明隆庆六年(1572年)至万历十九年(1591年),该时期处于小冰期最寒冷阶段到来之前的相对温和时段。北京地区连旱11年,发生6次大旱灾。值得注意的是,这期间一旦出现大旱灾,就是连续两年的大旱灾连旱,如公元1586年,顺天府“春,久旱,祈祷。风霾。四月癸酉,连月以来,风霾屡作,雨泽未沾。昌平秋七月旱灾伤稼叠见。怀柔春旱。四月灾旱频仍,顺天、宣化、河间……五府尤甚”。北京地区的旱灾在这一整年几乎没有停止过,到了次年,“入夏风霾屡作,沛泽未沾”,又是“天时抗旱,三农失望”的大旱灾(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005)。其他四次大旱灾也是以这样的情况在这11年中间断出现,根据降水量恢复,该地区当时年降水量在310 mm左右,比上一次干旱气候事件明显减少,致使本就连旱严重的北京地区更加干旱。

第6次干旱气候事件发生在明万历二十六年(1598年)至万历三十二年(1604年)。北京地区连旱7年,发生1次大旱灾,2次特大旱灾。这三次重大灾害都是在三年内连续发生的。公元1599年,“顺天、永平二府,旱历三季,河井干竭,二麦枯槁”,

以致“京师米价涌贵三倍”。1600年发生特大旱灾,“春秋,久旱酷热,诸谷焦枯”,大旱导致大饥,百姓疾苦。次年,顺天府“土脉焦枯,河井干涸,二麦尽槁,民不聊生,茅草既尽剥及树皮……道瑾相望,村室无烟”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005),北京地区又再次发生特大旱灾。虽然这七年大旱灾、特大旱灾次数不多,但是从恢复的年降水量来看,该地区当时的年降水量也不会超过390 mm,因为旱灾历时时间长,加上三年大旱灾、特大旱灾交替发生,干旱程度还是非常严重的。

第7次干旱气候事件发生在明万历四十二年(1614年)至天启四年(1624年)。北京地区连旱11年,发生6次大旱灾,而且从公元1617年至1621年连续5年发生大旱灾。公元1617年,“六月河流涸竭”;1618年,“雨泽未降,春夏旱”;1619年,顺天府“春夏旱”;1620年,“六、七、八月间旱魃为虐,草木尽枯”;1621年,“河间以北二麦未种,春深不雨,风霾极目,怪风扬沙,既旱且蝗”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005)。很明显,北京地区当时有整年不雨的现象,年降水量在310 mm左右,再次减少,再加上河流干涸,春夏连旱,粮食绝收,蝗灾伴生,旱情一年比一年严重,大旱灾长期持续不退,民不聊生。

第8次干旱气候事件发生在明崇祯六年(1628年)至崇祯九年(1631年)。北京地区4年大旱灾连旱。公元1628年,“赤地千里,京师斗米千钱”,旱灾导致粮食告急;次年,顺天府“三伏过半,酷旱不雨,秋禾将枯”;1630年,顺天府“自春至夏,恒阳不雨,风旱异常”;1631年,顺天府“春夏不雨,畿辅百里,二麦尽槁,风沙昼卷”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005)。长时间的干旱加上昼夜的风沙,使气候更为干旱。

第9次干旱气候事件发生在明崇祯十年(1637年)至崇祯十六年(1643年),北京地区连旱7年,共发生2次大旱灾和2次特大旱灾。公元1637年,“京师不雨,夏大旱”,次年,“京师大旱蝗。密云六月蝗蝻食禾几尽”(张德二,2004;温克刚和谢璞,2005),大旱伴生大蝗灾,严重影响百姓的粮食生产。1640年和1641年2年特大旱灾连旱,出现在崇祯末年,根据降水量恢复,该地区当时的年降水量应该在230 mm左右,气候干旱严重,最终灾区出现了“饿殍遍野,人相食”的局面。

根据《中国三千年气象记录总集》和《中国气象灾害大典:北京卷》统计,北京地区明代1425—1643年共发生29次干旱连旱,其中2年连旱7次,3年连旱5次,4年连旱4次,5年连旱2次,6年连旱3次,7年连旱4次,8年连旱1次,11年连旱2次,16年连旱1次,由此可以看出北京地区明代1425—1643年干旱不仅连旱次数多,而且超过十年的连旱次数也有3次,连旱频数大是北京地区明代1425—1643年干旱的一大特点。可见,明代1425—1643年北京地区连旱时间变长并且频数变大,反映出明代1425—1643年北京地区气候在逐渐变干,降雨量减少的事实。

## 5 结论

总结以上分析,可以得到如下结论:

(1)明代1425—1643年北京地区共发生干旱灾害160次,平均每1.37年发生1次;其中共发生轻度旱灾44次,占旱灾总数的27.5%;发生中度旱灾54次,占旱灾总次数的33.75%;发生大旱灾54次,占旱灾总数的33.75%;发生特大旱灾8次,占干旱总数的5%。

(2)明代1425—1643年北京地区旱灾变化可分为3个阶段,第1个阶段在1425—1509年,共发生旱灾60次,每1.42年发生1次。第2个阶段在1510—1579年,共发生旱灾49次,每1.43年发生1次。第3个阶段在1580—1643年,共发生旱灾51次,每1.25年发生1次。

(3)根据现代干旱年平均降水量可推断,北京地区明代1425—1643年大旱灾发生年份主要灾区的年均降水量为390 mm左右,特大旱灾发生年份的年均降水量为230 mm左右。气候变干,年降水量显著减少是北京地区明代1425—1643年干旱灾害发生的主要原因,并且持续长的大旱灾和特大旱灾一般是降水量明显减少造成的。轻度、中度干旱灾害的发生多与季节内的降水分配不均有关,而这又直接与年降水量的减少有关。

(4)根据历史文献记载,我们确定北京地区明代1425—1643年共发生了9次严重干旱气候事件,分别出现在公元1472—1487年、1521—1524年、1526—1533年、1538—1543年、1572—1591年、1598—1604年、1614—1624年、1628—1631年、1637—1643年。

## 参考文献

- 陈广庭. 2002. 北京强沙尘暴史和周围生态环境变化[J]. *中国沙漠*, 22(3): 210-213.
- 封建湖, 车刚明, 聂玉峰. 2001. 数值分析原理[M]. 北京: 科学出版社, 81-87.
- 冯丽文. 1985. 北京的气候振动[J]. *地理科学*, 5(2): 129-137.
- 胡俊大. 2001. 北京地区连续干旱的几点启示[J]. *北京水利*, (3): 21-22.
- 马雪芹. 1998. 明清河南自然灾害研究[J]. *中国历史地理论丛*, (1): 19-32.
- 宋连春. 2003. 干旱[M]. 北京: 气象出版社.
- 王亚娟, 马京津, 吴海山, 等. 2008. 北京地区未来2~3年降水趋势分析[J]. *北京水务*, (3): 47-49.
- 温克刚, 谢璞. 2005. 中国气象灾害大典: 北京卷[M]. 北京: 气象出版社.
- 姚佩珍, 张强. 1999. 北京地区春旱和春季第一场透雨指标的确定[J]. *气象*, 25(5): 49-53.
- 叶彩华, 郭文利. 2000. 北京旱涝灾害对农业生产的影响及对策[J]. *北京农业科学*, 18(1): 24-27.
- 张德二. 2004. 中国三千年气象记录总集[M]. 南京: 凤凰出版社, 江苏教育出版社.
- 张书余. 2008. 干旱气象学[M]. 北京: 气象出版社.
- 郑水红, 王守荣, 王有民. 2000. 气候灾害对北京可持续发展的影响及对策[J]. *地理学报*, 55(增刊): 119-127.
- 周俊菊, 赖彦斌, 徐霞, 等. 2002. 中国北方干旱化数据库的建立及问题探讨[J]. *海南师范学院学报(自然科学版)*, 15(4): 101-105.
- Calanca P. 2007. Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes? [J]. *Global and Planetary Change*, 57(1-2): 151-160.
- Cook E R, Seager R, Cane M A, et al. 2007. North American drought: Reconstructions, causes, and consequences[J]. *Earth-Science Reviews*, 81(1-2): 93-134.
- Jiang T, Zhang Q, Zhu D, et al. 2006. Yangtze floods and droughts (China) and teleconnections with ENSO activities (1470-2003) [J]. *Quaternary International*, 144(1): 29-37.
- Wang J, Su Y, Shang Y, et al. 2006. Vulnerability identification and assessment of agriculture droughts disaster in China[J]. *Advances in Earth Science*, 21(2): 161-168.
- Yin Y, Xu Y, Chen Y. 2009. Relationship between flood/drought disasters and ENSO from 1857 to 2003 in the Taihu Lake basin, China [J]. *Quaternary International*, 208(1-2): 93-101.
- Zhang J. 2004. Risk assessment of drought disaster in the maize-growing region of Songliao Plain, China [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102(2): 133-153.