

渭河关中段近 400 a 来洪涝灾害变化研究

赵景波^{1,2}, 龙腾文¹, 陈颖¹

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 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, 陕西 西安 710075)

摘要: 通过历史文献资料的整理和统计分析的方法, 对 1600—1995 年 396 a 间渭河关中段洪涝灾害发生频次、等级和周期进行了研究。研究结果表明, 渭河关中段在这一时段内共发生了 99 次洪涝灾害, 平均约 4 a 出现 1 次; 其中轻度涝灾 52 次, 中度涝灾 35 次, 大涝灾 8 次, 特大涝灾 4 次。根据洪涝灾害频次变化, 可将这一时期洪涝灾害分为 3 个阶段, 其中 1600—1669 年和 1670—1859 年属洪涝灾害少发阶段, 但两阶段的变化趋势不一样, 前者主要以灾害加剧为特征, 后者则主要以灾害频次稳定为特征; 1860—1995 年是洪涝灾害多发阶段。周期分析发现准 3 a 洪水周期最为明显, 其次是 7.14 a 的周期。初步判断准 3 a 洪水周期可能与 ENSO (赤道厄尔尼塔和南方涛动是一种海气耦合过程, 统一称为 ENSO) 的 2~7 a 周期存在一定联系。

关键词: 洪涝灾害; 洪灾等级; 周期变化; 渭河

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)02-0005-04

中图分类号: P467

Scale and Temporal Properties of Flood Sequence of Guanzhong Reach of Weihe River During the Last 400 Years

ZHAO Jing-bo^{1,2}, LONG Teng-wen¹, CHEN Ying¹

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

Abstract: Based on the method combining statistical analysis with the compilation of historical archives, this article makes an investigation of the temporal and scale properties of flood disasters that occurred in the Guanzhong reach of Weihe River during the last 400 years. According to the related historical archives, 99 flood events were recorded during the period, with an approximate frequency of 4 years. 52 of these floods are classified into small-scale flood, 35 into medium-scale flood, 8 into large flood, and 4 into catastrophic flood. Three main flood sub-periods are also distinguished. The period from 1600 to 1669 and the period from 1670 to 1859 were characterized by low-frequency floods, with a rising and a relatively level tendency, respectively, while the period from 1860 to 1995, by high frequency floods. Periodical analysis indicates that quasi 3-year is a most prominent cycle and 7.14-year, a secondary cycle, which are supposed to correspond to the 2~7 year cycle of ENSO.

Keywords: flood disaster; flood scale; flood cycle; Weihe River

史前及历史时期的洪水是近年来兴起的古洪水文学的主要研究对象^[1-2]。前人发展了大量方法对没有准确器测的古代洪涝灾害进行深入研究^[1-2]。参考古代文献和记录来对当时的洪涝灾害进行估测就是其中重要且有效的一种方法, 在世界各地的研究工作中都被广泛使用。中国有着丰富的历史文献资料, 利用它们来对古洪涝灾害进行恢复是业已开展的一项工

作^[5-6]。但是, 对于渭河河道发生古代洪水的系统研究尚不多见。而渭河流域地处季风区非季风区交界地带, 具有非常典型的水文特征, 它的洪水研究对了解季风控制下的河流水文有重要的研究意义。本研究将对历史文献资料记录的渭河关中段 1600—1995 年近 400 a 间的洪涝灾害进行统计分析, 以揭示该区域在此阶段内的灾害规律, 为现代防洪减灾提供依据。

收稿日期: 2009-06-23

修回日期: 2009-08-29

资助项目: 国家自然科学基金项目“关中地区 1000 年来渭河洪水变化研究”(40571004); 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室项目 (SK LLQG0705)

作者简介: 赵景波(1953—), 男(汉族), 山东省滕州市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事第四纪研究。E-mail: zhaobjb@snnu.edu.cn.

1 研究区概况

渭河发源于甘肃省渭源县,流经渭源、陇西、武山、甘谷、天水等市县,由宝鸡市进入陕西省境内,在陕西省境内全长 450 km,是陕西省最重要的河流。根据咸阳站的历年水文系列资料,多年平均径流量为 $5.38 \times 10^9 \text{ m}^3$,多年平均流量 $170.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。实测年最大径流量 $1.12 \times 10^{10} \text{ m}^3$,实测年最小径流量 $2.07 \times 10^9 \text{ m}^3$,最大与最小径流量比值为 5.4,年际变化显著。渭河属季风性河流,径流年内分配极不均匀。一般来说 7—9 月为丰水期,12 月至翌年 3 月为枯水期^[7]。

2 渭河陕西段干流近 400 a 来洪涝灾害序列时间特征

2.1 洪涝灾害阶段划分

参考《陕西省自然灾害简要纪实》^[8]、《西北灾荒史》^[9]、《中国三千年气象记录总集》^[10]等文献,统计

分析了 1600—1995 年 396 a 间渭河的洪涝灾害。在只选取明确记载渭河关中段河道有洪水发生的资料。统计结果表明,396 a 来共发生洪涝灾害 99 次,平均每 4 a 发生一次洪涝灾害。以 10 a 为单位,统计各时段中洪涝灾害的发生情况(图 1)。从图 1 可以看到,近 400 a 来渭河陕西段干流的洪涝灾害可以明显分为 3 个阶段。第 1 阶段在公元 1600—1669 年之间。在这 70 a 中,共发生洪涝灾害 12 次,占洪涝灾害频次的 12.1%,平均每 5.83 a 发生一次,是洪涝灾害发生较少的时段,灾害出现呈上升趋势。第 2 阶段在 1670—1859 年之间,持续了 190 a,共发生洪涝灾害 37 次,占洪涝灾害频次的 37.4%,平均每 5.14 a 发生一次,也是洪涝灾害发生频率较低的时段,但是年际间变化比较小。第 3 阶段是 1860—1995 年之间,持续了 136 a,共发生洪涝灾害 50 次,占洪涝灾害频次的 50.5%,平均每 2.72 a 发生一次,是洪涝灾害发生最频繁的时段。

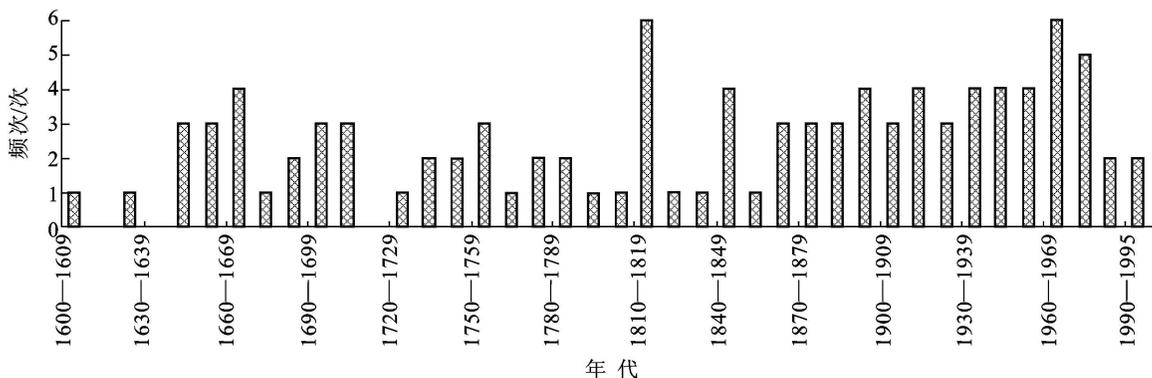


图 1 渭河关中段 1600—1995 年洪涝灾害频次变化

为了更清楚地揭示洪涝灾害的时间变化特征,对近 400 a 的洪涝灾害序列进一步作出频次距平图(图 2),它更直观地表示了洪涝灾害在特定阶段的频率高低特征。距平值为正,说明洪涝灾害的发生比平均情况时要频繁,距平值为负,说明洪涝灾害的发生不如平均情况时频繁。从图 2 中可以看出,第 1 阶段和第 2 阶段距平值主要为负,说明洪涝灾害发生相对较少;第 3 阶段曲线虽然波动特征明显,但距平值主要为正,说明洪涝灾害的发生非常频繁。

2.2 洪涝灾害发生频次的拟合

2.2.1 方法简介 经典的最小二乘法在数理统计分析中有着极为广泛的应用,在此可以利用它来进行数据拟合。数据拟合的具体作法是:对给定数据 (x_i, y_i) ($i=0, 1, \dots, m$),在取定的函数类 Φ 中求 $p(x) \in \Phi$ 使误差 $r_i = p(x_i) - y_i$ ($i=0, 1, \dots, m$) 的平方和最小,即

$$\sum_{i=0}^m r_i^2 = \sum_{i=0}^m [p(x_i) - y_i]^2 = \min$$

从几何意义上讲,就是寻求与给定点 ($i=0, 1, \dots, m$) 的距离平方和为最小的曲线 $y = p(x)$ 。函数 $p(x)$ 称为拟合函数或最小二乘解,求拟合函数 $p(x)$ 的方法称为曲线拟合的最小二乘法。在曲线拟合中,函数类 Φ 可有不同的选取方法。其中,选取函数类 Φ 为高次多项式的方法称为高次多项式拟合。

2.2.2 洪涝灾害序列拟合曲线 利用在最小二乘法意义下 6 次多项式的拟合及其图像表示,可以更加清楚地显示洪涝灾害频次变化在 10 a 尺度下的变化特点,并分辨出洪涝灾害的阶段性。

拟合后的曲线为: $y = -2E-07x^6 + 2E-05x^5 - 0.0009x^4 + 0.022x^3 - 0.2745x^2 + 1.6414x - 3.9864$, 回归系数为 $R^2 = 0.4178$ (图 2 中光滑曲线)。图 2 表明,渭河流域该段时间内的洪涝灾害发

生特点是呈现明显的波动变化,洪涝灾害变化曲线三段式的特征非常明显(上升—平稳—波动上升),这充分说明了将洪涝灾害序列划分为三个阶段是合理的。

2.3 洪涝灾害序列周期特征分析

利用红噪声软件 Redfit^[11-12] 对近 400 a 来的洪涝灾害时间序列进行分析,以期认识其周期性特征。

由分析结果(图 3)可知,通过 99% 检验的只有 3.33 a 周期和 2.59 a 周期,通过 95% 检验的还有 2.01 a 周期、3.88 a 周期和 7.14 a 周期,通过 80% 检验的还有 13.51 a 周期等。可以看到,准 3 a 周期是最为明显,其次是 3.88 和 7.14 a 的周期。这可能主要与 ENSO 的 2~7 a 周期^[13-16] 存在着一定联系。

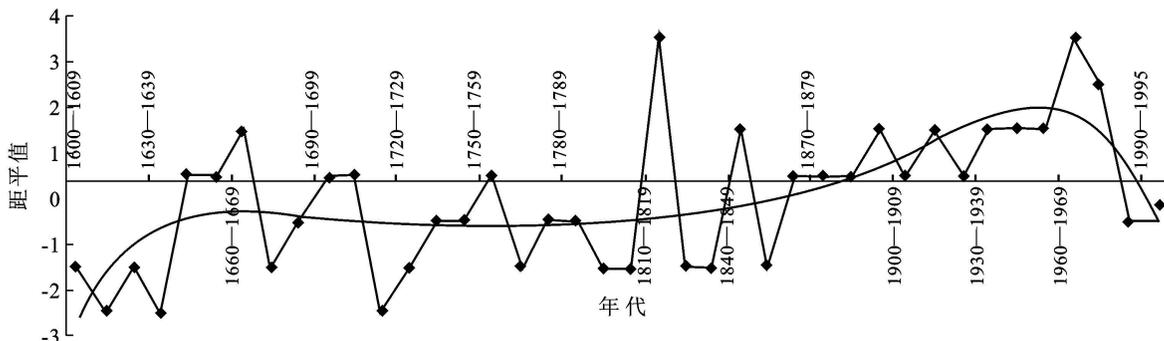


图 2 渭河关中段 1600—1995 年洪涝灾害频次距平变化及 6 次拟合曲线

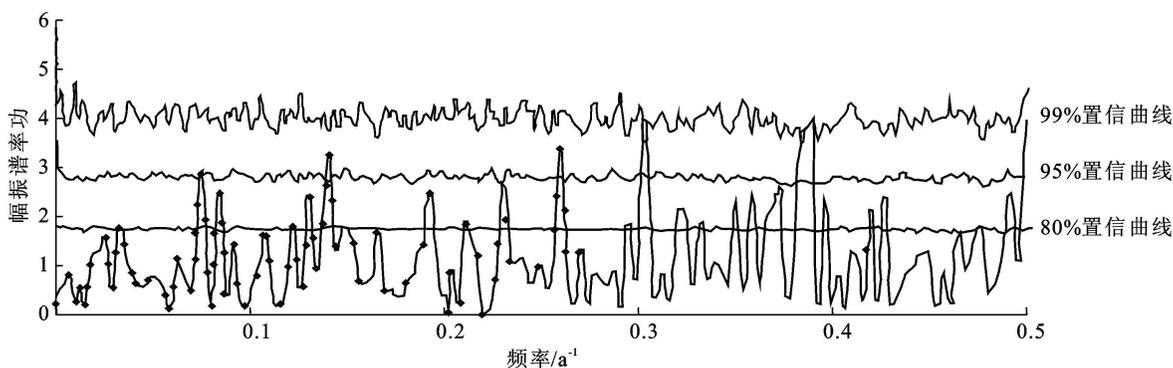


图 3 渭河关中段 1600—1995 年洪涝灾害序列功率谱

3 渭河陕西段干流近 400 a 来洪涝灾害等级序列

文献上记录的洪涝灾害一般都是文字叙述,没有定量的指标和划分,这不利于对洪涝灾害发生规律和特征的进一步深入分析。

本研究根据通常的划分标准(图 4),将洪涝灾害划分为轻度涝灾、中度涝灾、大涝灾、特大涝灾 4 个等级^[17-18]。

第 1 级是轻度涝灾。文献中常常有“溢”、“大溢”、“淹没农田”、“沙压民田”等记载。如 1849 年,渭水大溢,沙压民田无数^[9]。1863 年 5 月 25 日,渭水大溢^[9]等。

第 2 级是中度涝灾。常记载有大水冲毁居民住宅,淹没田庐等。如 1819 年,陕西地区自 7 月 22 日至 8 月 6 日,大雨连绵,昼夜不息,黄、渭、泾、洛各河同时涨发,宣泄不及,潼关之东水、姚女湾等村屯,华

阴之西北、东北两乡,并近河之三阳等村堡,华州之西北乡、杜家堡至东北乡石村北堡,朝邑之东、南两乡,又附近低洼处所,大荔之兴平等村被水淹没^[9]。1921 年,黄、渭两河冲崩,义和庄子等 10 余村被水成灾^[9]。第 3 级是大涝灾。常记载有大水造成人畜死伤。如 1884 年,闰 5 月 12 日大雨,各河水涨,渭水南徙至县北坛堡、庐河,漂流人畜、器具、树木甚伙,黑水暴涨尤甚^[9]。同时,考虑到近现代人们的抗灾御灾能力有所提高,所以把一些虽然没有明确记载人畜死伤,但对于洪涝灾害的描述明显地表明了灾害的剧烈性的记录也归入大涝灾。如 1931 年秋夏之交天雨连绵,关中区黄河、渭水两流域,纵横泛滥^[9]。8 月 29—30 日,(渭南)大雨连绵,渭水泛滥,东西七八十里尽成泽国,约计淹没秋禾当在数十万亩,冲毁民房不下数百家^[9]。

第 4 级是特大涝灾。同时记载洪涝灾害的地点常有十数个以上,且记载洪灾程度十分严重,常常是

淫雨月余甚至两月以上, 或对人民生命财产造成严重危害。如 1662 年, 多达 16 个以上的地点记载了长时间降水和洪灾的情况, 且记录中的描述显示洪灾长达数 10 d 之久, 如记录咸阳地方月大雨, 平地水深数丈, 8 月又霖雨 40 余日, 诸水皆溢^[9]。

根据以上的等级划分标准, 对近 400 a 以来的洪

涝灾害的等级划分结果为: 轻度涝灾 52 次, 占总发生次数的 52.5%; 中度涝灾 35 次, 占总发生次数的 35.4%; 大涝灾 8 次, 占总发生次数的 8.1%; 特大涝灾 4 次, 占总发生次数的 4.0%。这表明等级较高(洪水量、水位较大)的洪涝灾害发生较少, 而等级较低(洪水量、水位较小)的洪涝灾害相对频发(图 4)。

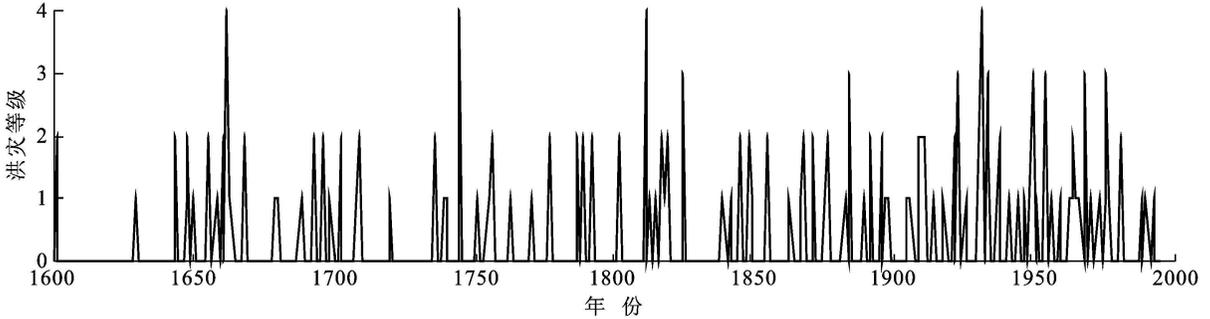


图 4 渭河关中段 1600—1995 年洪涝灾害等级序列

4 结论

(1) 渭河陕西段干流在 1600—1995 年的 396 a 间共发生洪涝灾害 99 次, 平均每 4 a 发生 1 次。

(2) 396 a 间渭河关中段洪涝灾害序列可以明显分为 3 个阶段。其中第 1 阶段和第 2 阶段是洪涝灾害发生频率较低的时期, 第 3 阶段是洪涝灾害发生频率较高的时期。

(3) 周期分析发现, 洪涝灾害序列的准 3 a 周期最为明显, 其次是 7.1 a 周期, 这可能与 ENSO 的 2~7 a 周期存在着一定联系。

(4) 通过对洪涝灾害的等级划分, 发现等级较高的洪涝灾害发生较少, 而等级较低的洪涝灾害相对频繁。

[参 考 文 献]

- [1] Baker V R. Palaeoflood hydrology in a global context [J]. *Catena*, 2006, 66: 161-168.
- [2] Saint L D. Palaeoflood hydrology: an emerging science [J]. *Progress in Physical Geography*, 2004, 28: 531-543.
- [3] Lorenzo M, Pia Rosella T. Some observations on the use of data from historical documents in debris-flow studies [J]. *Natural Hazards*, 2004, 38(3): 301-320.
- [4] Frédéric Gob, Nicolas Jacob, Jean P B, et al. The value of lichenometry and historical archives in assessing the incision of submediterranean rivers from the Little Ice Age in the Ardèche and upper Loire (France) [J]. *Geomorphology*, 2008, 94: 170-183.
- [5] 袁晓玉, 薛根元, 顾骏强, 等. 浙江省洪涝灾害的统计分析 [J]. *灾害学*, 2002, 17(1): 56-96.
- [6] 周寅康, 王腊春, 许有鹏, 等. 淮河流域洪涝变化动力系统研究 [J]. *地理科学*, 2001, 21(1): 41-45.
- [7] 陕西师范大学地理系. 西安市地理志 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 1988: 140-141.
- [8] 《陕西历史自然灾害简要纪实》编委会. 陕西历史自然灾害简要纪实 [M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [9] 袁林. 西北灾荒史 [M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1994.
- [10] 张德二. 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, 2004.
- [11] Schulz M, Mudelsee M. REDFIT: Estimating red noise spectra directly from unevenly spaced paleoclimatic time series [J]. *Computers and Geosciences*, 2002, 28: 421-426.
- [12] Giuseppe C, Jane K D, Kjell R. Late Pleistocene-Holocene radiolarian paleotemperatures in the Norwegian Sea based on artificial neural networks [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2005, 224: 311-332.
- [13] 刘宣飞, 袁慧珍, 管兆勇. ENSO 对 IOD 与中国夏季降水关系的影响 [J]. *热带气象学报*, 2008, 24(5): 502-506.
- [14] 梁晓妮, 俞永强, 刘海龙. ENSO 循环年代际变化及其数值模拟 [J]. *大气科学*, 2008, 32(6): 1471-1482.
- [15] 龚道溢, 王绍武. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响 [J]. *科学通报*, 1999, 44(3): 315-320.
- [16] 于淑秋, 林学椿. 黄河中游地区近 522 年旱涝突变 [J]. *应用气象学报*, 1996, 7(1): 89-95.
- [17] 龙腾文, 赵景波. 明代洛河流域洪涝灾害序列分形结构研究 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2008, 28(3): 115-119.
- [18] 马莉, 赵景波. 宋代关中平原洪涝灾害研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(10): 78-82.