

Relationship between Flood Disaster and Soil Erosion of the Fenhe River in the Qing Dynasty

Shifang Ren

Taiyuan Normal University, Jinzhong Shanxi
Email: Ren74@126.com

Received: May 8th, 2019; accepted: May 22nd, 2019; published: Jun. 6th, 2019

Abstract

On the basis of statistical collation and quantitative analysis of relevant historical materials in local history records and Qing Archives, two trend analysis methods namely sliding average and Spearman rank correlation test are applied to study the development trend of flood disasters during the Qing Dynasty in the Fenhe River. The results show that the severity of flood disasters has increased in 268 years. Through the analysis of the changes in social factors such as population and cultivated land during the same period, the reasons for the increase of flood were explored. The conclusion is that the rapid increase of population during the Qing Dynasty led to a large demand increase for building materials and fuels. The accompanying activities of reclamation and deforestation increased the amount of soil erosion and resulted in channel sedimentation. Therefore, the risk of flooding and breaking banks increased, and eventually led to an increase in the number of floods in the basin.

Keywords

The Qing Dynasty, Fenhe River, Flood, Soil Erosion

清代汾河流域洪涝灾害发展与土壤侵蚀之关系

任世芳

太原师范学院, 山西 晋中
Email: Ren74@126.com

收稿日期: 2019年5月8日; 录用日期: 2019年5月22日; 发布日期: 2019年6月6日

作者简介: 任世芳(1974-), 湖南湘阴人, 硕士, 研究方向为水文水资源及环境变迁。

摘要

在对地方史志及清宫档案中相关史料进行统计整理和量化分析的基础上,应用滑动平均和斯波曼秩次相关检验两种趋势分析方法,对清代汾河流域洪涝灾害的发展趋势进行研究,结果显示268年间洪涝灾害的严重程度呈增长趋势;通过对同期人口、耕地数量等社会因素变化情况的分析,探寻了洪涝灾害数量增长的原因。结论认为:清代人口的迅速增加导致建筑用材和燃料的需求大增,伴随而来的开垦荒地和砍伐山林植被等人类活动使该区土壤侵蚀量增加,从而导致河槽泥沙淤积、河道行洪能力降低等情况的发生,这些情况均使河流泛滥和破堤的风险增加,并最终导致流域水患数量不断增长。

关键词

清代, 汾河流域, 洪涝灾害, 土壤侵蚀

Copyright © 2019 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

汾河是黄河第二大支流,也是山西省内最大的河流,流域面积占山西全省面积的四分之一强[1]。作为省内社会经济发展最发达的地区,汾河流域在山西省具有举足轻重的地位。

清朝跨越 268 年,是中国历史上统治时间仅次于唐代的朝代之一。清代汾河流域的洪涝灾害较为严重,经常发生的河溢、决堤甚至改道事件的记载多见于各类史籍,且资料记载翔实,极少对事实进行夸大和缩小。以往针对该流域水患灾害的研究多从历史时期包含更多朝代的长时间尺度来进行,由于对史料的解读存在差异导致对个别灾情的统计情况有误,对于灾害发生发展原因的探究也多以定性为主。本研究的目的在于通过对流域人口与耕地同步增长的定量分析,探讨人类活动导致的土壤侵蚀对该区水患发生趋势的影响,研究结果不仅有助于还原清代汾河流域水环境演变情况,系统性、多角度审视整个流域的发展过程,对历史流域特征的提炼和今后流域的综合治理工作也有重要的参考价值。

2. 历史洪涝灾害史料来源和量化方法

汾河流域在清代包括以下府、州、县:太原府的阳曲、太原、榆次、祁县、太谷、徐沟、交城、文水、岚县;汾州府的汾阳、平遥、介休、孝义;平定州的寿阳;宁武府的宁武;蒲州府的荣河、万泉;忻州的静乐;霍州的灵石、赵城;平阳府的洪洞、临汾、浮山、襄陵、太平、曲沃、翼城、汾西;绛州的河津、稷山,共计 4 府 3 州,下辖 30 县[1]。

根据《汾河志》中有关清代汾河流域洪涝灾害情况的统计并结合地方史志及清宫档案进行核对[2],按照灾情轻重程度和灾区范围大小,对每次灾害进行加权,整理出《清代汾河流域洪涝灾害权重表》(表 1),加权的标准参照文献[2]中的建议规定如下:

- 1) 一个县范围的“大水”,灾情一般,则权重为 1.0,如 1658 年“文水大水伤禾”。
- 2) 如一个县洪灾,洪水入城、破堤、冲毁城墙,人员财产损失较重,则权重为 1.5,如 1659 年“大小河溢,太原坏城没禾”。更重则权重为 2.0,如 1711 年“平阳大水,漂没居民数百人”。
- 3) 几个县的洪灾,则按县数加倍,如 1722 年,“孝义汾河水涨。文水大水伤禾”。

4) 个别村庄山洪灾害, 则略去不计。

Table 1. The weight of flood disasters in the Fenhe River basin during the Qing Dynasty
表 1. 清代汾河流域洪涝灾害权重表

公元	1645	1647	1648	1649	1651	1652	1653
王朝纪元	顺治二年	顺治四年	顺治五年	顺治六年	顺治八年	顺治九年	顺治十年
权重	2.5	2.5	6.0	4.5	5.0	8.0	3.0
公元	1654	1657	1658	1659	1654	1660	1661
王朝纪元	顺治十一年	顺治十四年	顺治十五年	顺治十六年	顺治十一年	顺治十七年	顺治十八年
权重	4.0	2.0	1.0	1.5	4.0	2.5	1.5
公元	1662	1663	1664	1667	1668	1672	1683
王朝纪元	康熙元年	康熙二年	康熙三年	康熙六年	康熙七年	康熙十一年	康熙二十二年
权重	7.5	1.5	2.0	1.0	1.0	1.5	1.0
公元	1684	1687	1689	1692	1693	1694	1695
王朝纪元	康熙二十三年	康熙二十六年	康熙二十八年	康熙三十一年	康熙三十二年	康熙三十三年	康熙三十四年
权重	3.0	3.0	1.0	5.0	4.5	3.0	3.0
公元	1696	1700	1707	1708	1711	1712	1717
王朝纪元	康熙三十五年	康熙三十九年	康熙四十六年	康熙四十七年	康熙五十年	康熙五十一年	康熙五十六年
权重	2.0	1.0	1.5	2.5	2.0	2.0	2.0
公元	1720	1722	1725	1727	1729	1734	1748
王朝纪元	康熙五十九年	康熙六十一年	雍正三年	雍正五年	雍正七年	雍正十二年	乾隆十三年
权重	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	1.0
公元	1754	1756	1757	1758	1759	1761	1767
王朝纪元	乾隆十九年	乾隆二十一年	乾隆二十二年	乾隆二十三年	乾隆二十四年	乾隆二十六年	乾隆三十二年
权重	2.5	2.0	2.0	5.0	1.0	4.0	5.5
公元	1768	1775	1776	1777	1779	1782	1783
王朝纪元	乾隆三十三年	乾隆四十年	乾隆四十一年	乾隆四十二年	乾隆四十四年	乾隆四十七年	乾隆四十八年
权重	4.0	3.0	1.0	2.0	1.5	1.0	1.5
公元	1793	1794	1795	1802	1806	1807	1814
王朝纪元	乾隆五十八年	乾隆五十九年	乾隆六十年	嘉庆七年	嘉庆十一年	嘉庆十二年	嘉庆十九年
权重	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0
公元	1815	1829	1830	1831	1832	1833	1834
王朝纪元	嘉庆二十年	道光九年	道光十年	道光十一年	道光十二年	道光十三年	道光十四年
权重	2.0	2.0	2.0	4.0	1.0	2.0	2.0
公元	1835	1839	1840	1841	1843	1844	1847
王朝纪元	道光十五年	道光十九年	道光二十年	道光二十一年	道光二十三年	道光二十四年	道光二十七年
权重	3.0	1.0	1.0	7.0	5.0	4.0	1.5
公元	1849	1851	1853	1854	1860	1862	1865
王朝纪元	道光二十九年	道光三十一年	咸丰三年	咸丰四年	咸丰十年	同治元年	同治四年
权重	3.0	1.0	2.0	1.5	4.0	1.0	2.5
公元	1866	1871	1872	1873	1878	1879	1880
王朝纪元	同治五年	同治十年	同治十一年	同治十二年	光绪四年	光绪五年	光绪六年
权重	1.0	10.0	2.5	7.5	3.0	6.5	2.0
公元	1881	1883	1886	1889	1892	1893	1894
王朝纪元	光绪七年	光绪九年	光绪十二年	光绪十五年	光绪十八年	光绪十九年	光绪二十年
权重	1.5	1.0	11.0	1.0	12.0	2.0	1.5
公元	1895	1896	1900	1901	1902	1905	1906
王朝纪元	光绪二十一年	光绪二十二年	光绪二十六	光绪二十七	光绪二十八	光绪三十一	光绪三十二
权重	17.0	3.5	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0
公元	1911						
王朝纪元	宣统三年						
权重	6.0						

3. 时间系列的趋势分析

应用滑动平均和斯波曼(Spearman)秩次相关检验两种趋势分析方法[3] [4]对上述洪涝灾害权重的时间序列进行趋势识别和检验。

3.1. 两种趋势分析方法研究结果

运用滑动平均方法对时间序列 X_1, X_2, \dots, X_n 的几个前期和后期值取平均。当振荡的平均周期 $m = (2k + 1)$ 为奇数时, 求出新的序列 Y_t , 使原系列光滑化。研究取 $K = 2$ 时的 5 点滑动平均, 结果如图 1 所示:

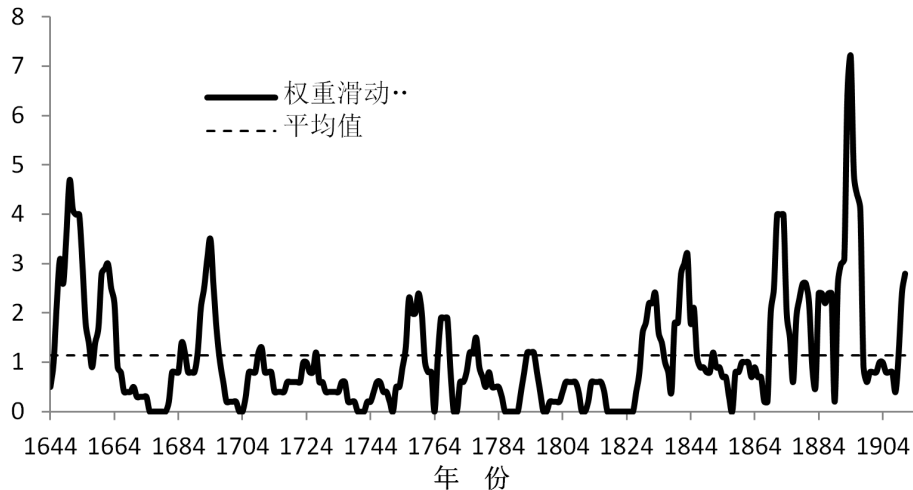


Figure 1. The moving average of flood weight of the Fenhe River in the Qing Dynasty
图 1. 清代汾河洪涝灾害权重滑动平均

斯波曼秩次相关检验中, 假设原研究系列无趋势, 由序列长度 $n = 108$ (表 1), 算得相关系数 $r = -0.1878$; 统计量 $T = -22.582$ 。当选择显著水平 $\alpha = 0.05$ 时, 查表得 $\alpha/2 = 2.23$; 因 $|T| = 22.582 > 2.23$, 拒绝原假设, 故趋势显著, 清代汾河流域洪涝灾害的发生呈现上升趋势。

3.2. 洪涝灾害严重程度变化趋势

按照文献[5]中提出的方法将清代分为 4 个时期, 每期长度为 67 年。设年均水患灾害权重 $fd = (\text{河决次数} + \text{河溢次数} + \text{河徙次数} + \text{大水次数}) / \text{统计时段长(年)}$, 暂定当 $0.50 > fd > 0.20$ 时, 为水患相对严重时期, $fd \geq 0.50$ 为水患非常严重时期, 则清代具体情况如表 2 所示, 4 个时期均为水患非常严重时期。

Table 2. The degree of flood disasters of the Fenhe River basin during the Qing Dynasty

表 2. 清代汾河流域水患灾害程度

时段起讫	1644~1700 年	1711~1777 年	1778~1845 年	1846~1911 年
年数	67 年	67 年	67 年	67 年
权重和	91.0	55.01	62.0	104.5
f_d	1.358	0.821	0.925	1.583
灾害程度	非常严重	非常严重	非常严重	非常严重

由分期权重之和的比较可见, 第一期从清初的顺治元年(1644)到康熙四十九年(1700), 洪涝灾害较为严重; 第二期从康熙五十年(1711)到乾隆四十二年(1777), 灾害状况最轻, 比之前的第一期减少了 40%; 第三期从乾隆

四十三年(1778)到道光二十五年(1845), 灾害比第二期增长 12.7%; 第四期从道光二十六年(1846)到宣统三年(1911), 灾害程度突然加重, 比第三期增加了 14.8%, 是整个清代灾害程度最重的时期。从直观上看, 第二、三、四期呈增长趋势, 到第四期甚至高于第一期, 清代洪涝灾害权重滑动平均(图 1)的变化趋势清楚显示了这一变化趋势, 故可认为清代汾河流域的洪涝灾害发展确实呈现增长趋势。

4. 洪涝灾害发展趋势的社会背景

4.1. 人口和耕地的增长情况

根据之前研究中的估算[6], 清代汾涑水流域的人口为 691.92 万人, 其中: 汾河流域约为 528 万人。与明代人口比较, 明代汾涑水流域人口为 267.79 万人, 其中汾河流域为 190.42 万人, 清代人口为明代人口的 2.77 倍。同样根据之前研究中的估算[2], 清代汾河海流域在光绪中期实额耕地为 1867.0 万市亩, 而明代该流域的耕地为 1431.2 万市亩, 清代比明代增加了 30.52%。

4.2. 土壤侵蚀情况

根据文献[6], 汾河流域耕地中, 地面坡度 $< 3^\circ$ 的平川地面积为 1222.93 万市亩(即今制亩), $3^\circ\sim 7^\circ$ 的准平川地面积为 261.17 万市亩, $7^\circ\sim 15^\circ$ 的缓坡地面积为 248.19 万市亩, 三者合计 1732.29 万市亩。因清光绪年间该流域有耕地 1867 万市亩, 超过上述 3 种耕地之和, 约有 134.71 万市亩, 可以估计, 该期至少有 134.71 万市亩为 $15^\circ\sim 25^\circ$ 的坡耕地。

因 $< 3^\circ$ 、 $3^\circ\sim 7^\circ$ 、 $7^\circ\sim 15^\circ$ 及 $15^\circ\sim 25^\circ$ 耕地上的年平均侵蚀模数分别为 $500\text{ t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 、 $1358\text{ t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 、 $2858\text{ t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 及 $4930\text{ t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ [6], 则年侵蚀量分别为 407.64 万 t、236.454 万 t、472.88 万 t 及 442.75 万 t; 合计 1559.72 万 t。由此可见: 清代汾河流域的耕地侵蚀量为明代的 2.42 倍, 占到了 1956~2000 年汾河干流河津站实测多年平均输沙量 2120 万 t 的 73.57% [6]。

5. 洪涝灾害数量增长的原因分析

5.1. 河道淤积

汾河干流纵贯太原、临汾两大盆地, 盆地段干流纵坡平缓, 约为 $0.3\%\sim 0.5\%$ 。最大的一级支流文峪河中游段纵坡 $0.3\%\sim 1.4\%$, 下游段更加平缓, 在 $0.25\%\sim 0.3\%$ 之间。另一个一级支流磁窑河的平川河道纵坡为 $0.28\%\sim 0.5\%$ 。干流及几大支流因而泥沙淤积严重, 例如在交城县城附近有 13 km 已成悬河, 高出地面 1.0~2.6 m [6]。

5.2. 山林植被的破坏

据 2001 年《宁武县志》所载: “1893 年宁武谢岗因大面积毁林, 山洪暴发, 冲地五百亩”, 但类似明确植被灾害与洪涝灾害因果关系的仅此一例(谢岗现名谢岗地, 村址在东寨镇汾河河源附近)。

王尚义先生等在文献[8]中, 引用清代史料, 比较宏观地研究汾河上游山林植被破坏的情况。据乾隆《宁武府志·卷八·名宦》记载, 康熙二十三年(1683), 宁武百姓立《民山碑》, 歌颂宁武同知李文焕禁伐森林的功德。碑文中描述: “中粮府李查勘得宁化等山, 产木之处无几, 即有一、二亦即皆桦柳杆树, 非真有大木、乔松可以为栎为梁者”; “且诸山地属苦寒, 不产五谷, 居民借砍伐椽木, 采取药苗、蘑菇, 货卖以输粮养生者。况以有限之山林, 一经斧斤, 不过一、二年间, 山穷木尽”等等[8]。

从李文焕查勘的情况, 可以着重看到以下几点: 1) 到康熙二十三年时, 即清廷入关不到四十年, 管涔、芦芽林区的滥伐已非常严重。当然这不完全是清代发生的, 可能在明代对植被的破坏已很严重。2) 两山脉所在林区已有村庄近百处, 可见开垦度已经很高, 且已有“坡田”, 当是毁林草而开垦的坡耕地。3) 李文焕认为, 一

且允许开荒,剩余的林地在一、二年间即可伐尽。从1683年到光绪中叶(如1893年),时间长达210年之久,一个府级副职官员李文焕立下的规矩,不可能长久且全面的在整个汾河流域得到执行,上文提到,《民山碑》树立后一百一十年,宁武府当地的谢岗地就因大面积毁林而导致山洪暴发,冲毁田地。

按照历史流域学的方法和理论,生态因素是历史时期水患发生的主要肇因之一,与人类活动关系密切[9]。历史时期当土地大量开垦破坏了天然植被时,土壤侵蚀加剧将导致河流输沙量加大,原本比降平缓的干流河槽因泥沙淤积使得河道行洪能力降低,从而导致流经平原河段河床淤积抬升,增加了泛滥和破堤的风险。汾河流域地处黄土高原,土壤的自然侵蚀本已较为严重。结合以上研究结果分析,清代汾河流域人类活动逐渐增强对流域土壤侵蚀量同步增长的影响很可能是导致水患数量不断增加的直接原因,而二者间的互动机制值得后续进一步讨论和深入研究。

基金项目

国家自然科学基金项目(41671142);山西省软科学研究项目(2017041032-1);山西省“1331工程”重点创新团队建设计划。

参考文献

- [1] 山西省水利厅编纂. 汾河志[M]. 太原: 山西人民出版社, 2006: 144-150.
The Water Resources Department of Shanxi Provincial. Fenhe Zhi. Taiyuan: Shanxi People's Publishing House, 2006: 144-150. (in Chinese)
- [2] 任世芳. 汾河流域水资源与水安全[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 70-74.
REN Shifang. Water resources and water security in the Fenhe River Basin. Beijing: Science Press, 2015: 70-74. (in Chinese)
- [3] 丁晶, 邓育仁. 随机水文学[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1988: 77-78.
DING Jing, DENG Yuren. Random hydrology. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press, 1988: 77-78. (in Chinese)
- [4] 王文圣, 丁晶, 金菊良. 随机水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 34-35.
WANG Wensheng, DING Jing and JIN Juliang. Random hydrology. Beijing: China Water Resources and Hydropower Press, 2008: 34-35. (in Chinese)
- [5] 任世芳. 黄河环境与水患[M]. 北京: 气象出版社, 2011: 164-173.
REN Shifang. The environment and flooding in the Yellow River. Beijing: Meteorological Press, 2011: 164-173. (in Chinese)
- [6] 王尚义, 任世芳. 唐至北宋黄河下游水患加剧的人文背景分析[J]. 地理研究, 2004, 23(3): 385-394.
WANG Shangyi, REN Shifang. A cultural background analysis on the intensification of floods in the lower reaches of the Yellow River from the Tang Dynasty to the Northern Song Dynasty. Geographic Research, 2004, 23(3): 385-394. (in Chinese)
- [7] 李英明, 潘军峰 主编. 山西河流[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 33-34.
LI Yingming, PAN Junfeng, Eds. Shanxi river. Beijing: Science Press, 2004: 33-34. (in Chinese)
- [8] 王尚义, 张慧芝. 历史时期汾河上游生态环境演变研究——重大事件及史料编年[M]. 太原: 山西出版集团, 山西人民出版社, 2008: 360-364; 387-388.
WANG Shangyi, ZHANG Huizhi. Research on the evolution of ecological environment in the upper reaches of the Fenhe River in historical period——Major events and historical materials. Taiyuan: Shanxi Publishing Group, Shanxi People's Publishing House, 2008: 360-364; 387-388. (in Chinese)
- [9] 王尚义, 任世芳. 历史流域学研究视野中的水患——谈流域内人地关系与泥沙淤积.[N]. 光明日报, 2010-11-04 (07).
WANG Shangyi, REN Shifang. Floods in the field of vision of historical basin studies: On the relationship between man-land and sedimentation in the basin. Guangming Daily, 2010-11-04 (07). (in Chinese)