

开封地区宋元时期洪涝灾害与气候变化

楚纯洁^{1,2}, 赵景波¹

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 平顶山学院资源与环境科学学院, 河南 平顶山 467000)

摘要: 整理分析历史文献资料, 提取出北宋和元代开封地区的洪涝灾害信息, 对比探讨两个时期洪涝灾害发生特征及其反映的气候变化。结果表明, 宋元开封地区洪灾频发, 平均2.75~2.89 a发生1次, 北宋以中度雨涝为主, 元代以河流决溢大灾为主。北宋前70 a洪灾频发, 元代则两头少中间多。宋元洪灾主要集中于夏秋季节, 夏季风降水增多或集中是其主要驱动力。北宋洪灾空间差异较小, 元代则因距离黄河改道远近而差异较大。北宋前期约40 a气候偏干, 之后干湿波动频繁, 元代相对湿润并延续至后期; 宋元洪灾均具有共同的准3、7 a周期。

关键词: 洪涝灾害; 洪涝成因; 洪涝周期; 气候变化; 宋元时期; 开封

中图分类号: P331.1/X16

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2013)09-1150-07

气候变化和人类生存环境演变是当代人们普遍关注的问题, 而这些问题的探讨, 都要用到过去时期几百年以上的古气候信息。出于这种迫切需要, 高分辨率历史气候序列的重建, 是国际全球变化研究核心计划“过去全球变化”与“气候变率与可预报性”计划的重要内容^[1]。中国地域辽阔、地理环境复杂、生态环境脆弱、自然灾害类型多、发生频率高, 是世界上自然灾害最严重的国家之一。近10 a来, 中国学者已利用历史文献重建了大量与人类生存发展密切相关的自然环境变迁过程^[2-9], 这对于深入、系统地研究区域自然灾害发生规律以及气候变化具有重要意义。

开封市是影响黄河下游流域的一个重要节点, 历史上水患频繁而严重, 对黄河流域气候变化的响应非常深刻, 有的学者甚至提出开封是研究黄河环境变化与人类应对机制的极佳标本^[10]。但对于开封地区历史时期洪涝灾害的研究目前只停留在明清时期^[7,8], 更长时间尺度的研究尚未见报道。本文通过对历史文献资料的整理和分析, 提取开封地区宋元时期的洪涝灾害信息, 着重比较分析这两个时期洪涝灾害时空演化及差异, 探寻气候变化规律, 以期对该区灾害预测与防治提供

科学依据, 并为恢复黄河中下游流域历史时期气候提供参考。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

开封市地处黄淮平原, 地理坐标113°52′15″~115°15′42″E、34°11′45″~35°01′20″N。属典型的温带大陆性季风气候, 年均气温14.52℃, 年均降水量627 mm。北依黄河, 处于黄河冲积扇平原的尖端, 地势低平, 海拔介于69~78 m, 成土母质是不同时期的黄河冲积物。境内河流众多, 分属黄河、淮河两大水系, 流域面积263.8 km²。现辖市区、杞县、通许县、尉氏县、开封县和兰考县, 全市总面积6 266 km², 人口543万。

1.2 数据来源与研究方法

本文数据源于对历史文献资料的整理、分析, 主要依据《中国三千年气象记录总集》^[11], 还包括《中国气象灾害大典》(河南卷)^[12]、《中国灾害通史》(宋代)^[13]、《中国灾害通史》(元代)^[14]。另外, 以《宋史》、《元史》、《金史》等历史文献及地方志对所提取信息进行补正。由于不同时期自然灾害记载的详略差异较大, 北宋开封地区记载较详细, 但南

收稿日期: 2012-12-02; 修订日期: 2013-04-18

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(11&ZD097)资助。

作者简介: 楚纯洁(1978-), 男, 河南叶县人, 博士研究生, 讲师, 主要从事自然地理、生态环境演变与治理研究。E-mail: zzfccj@163.com

通讯作者: 赵景波, 教授。E-mail: zhaojb@snnu.edu.cn

宋由于政权南迁,相关记载严重缺失。因此,为使资料更科学、准确,本文取北宋和元代^①两个时期。数据统计主要包括灾害发生的地点(按现行政区划)、时间、频次等,其中季节划分以公历3~5月为春季,6~8月为夏季,9~11月为秋季,12~2月为冬季。运用环境变迁理论和数理统计方法进行定量和定性研究。

2 结果与分析

2.1 洪涝灾害等级

主要依据持续时间、强度、受灾范围大小以及受灾影响程度,并将政府赈灾及与洪涝有关的祭祀活动与祭祀文辞作为参考(表1),将洪涝灾害分为4个等级。由表1可知,以年度为统计单元,北宋开封地区发生洪灾61次,而且以Ⅱ级为主,占全部灾害的55.7%,平均每4.9年一遇,其他级别灾害频次相近,所占比例介于13.1%~16.4%之间。元代发生洪涝灾害36次,受灾频次最多的为Ⅱ级和Ⅳ级,分别占30.6%,33.3%,Ⅲ级发生频次也较高,占25.0%,平均每3.3 a就会发生1次中度以上洪灾,每8.7 a发生1次特大洪灾。对比来看,北宋平均2.75 a发生1次洪灾,元代2.89 a发生1次,两个时期基本接近。但元代发生Ⅲ级以上大灾的机率显著增多,高达58.3%,远比北宋(31.1%)要高。

2.2 洪涝灾害类型划分与变化

按表现形式洪涝灾害可划分为雨涝型、河溢型和河决型3种类型(图1)。北宋以雨涝型为主,多达53次,占全部受灾频次的86.9%,河溢、河决型频次较少。中度洪灾在各类型中频次最高,其中中度雨涝型多达31次,占该类型的58.5%;全部9次特大洪灾中由雨涝型直接引发的就多达8次,仅有的1次河决型也是由开封及周边地区强降水

引起,表明北宋时期洪灾源于本地区降水。

元代3种类型洪灾所占比例分别为33.3%,27.8%,38.9%,可见河决型已超过雨涝型而成为最主要的洪灾类型,而且根据统计,河流决溢全部源于黄河,反映了这一时期黄河频繁泛滥成灾对流域降水等因素的强烈响应。雨涝型与河溢型均以Ⅱ级为主,但河溢型受灾程度明显加重,Ⅲ~Ⅳ级大灾已占该类型的50%,河决型Ⅲ~Ⅳ级频次也显著增加,可见元代大洪灾主要由黄河决溢造成,与北宋雨涝型为主的状况有显著区别,这主要受黄河改道影响。唐末至北宋黄河进入第二个泛滥期,北宋发生于河南省境内的黄河决口达41次、河溢21次^[11]。但由于北宋开封距黄河较远(近100 km)、政府重点加以保护,开封地区没有受到黄河泛滥的直接影响,这一点前人也有考证^[15]。12世纪以后,随着黄河逼近,至1234年开封北距黄河仅10 km,黄河在开封地区的泛滥异常严重,直到1351年贾鲁治河成功,黄河在开封境内直到明初再没有大的改道和决溢(图2)。但从洪灾产流来看,元代虽然雨涝型洪灾只占1/3,但部分黄河决溢也是由当地降水引起的,其中黄河14次决口中有8次伴随有当地灾害性降水,说明当地降水增加仍是元代洪灾的一个主要驱动因素。

2.3 洪涝灾害时间变化特征

1) 年际变化特征。以10 a为单位统计各年代洪灾发生频次(图2),可以看出,北宋开封地区前70 a内洪灾频发,其中2个时段为5次,而在1020年代则高达7次,之后便进入了以20 a为间隔的波动状态。元代与北宋差异显著,具有两头少中间多的特点。元代前期20 a仅发生2次,后期1344年直至元朝灭亡,仅发生3次。相反,1284~1334年代为稳定高频发期,平均每2 a一遇,且多

表1 宋元时期开封地区洪涝灾害等级划分依据及受灾频次
Table 1 Flood grades and afflicted frequencies in Kaifeng area during Song and Yuan Dynasties

灾害等级	受灾程度	受灾状况	受灾频次(次) (北宋/元代)
I	轻度	局部小范围持续性降水,或单月局地大水,且未体现对农业和民生的影响	8/4
II	中度	单季降水持续时间较长,受灾范围不太大,但对当地农业和民生已产生影响,主要涉及河水涨溢、农田被淹、淫雨害稼、减免税赋等	34/11
III	大	降水持续时间较长,受灾范围较广,引致大量民田被毁、河流决溢、城垣倒塌、出现人畜死伤等	10/9
IV	特大	降水持续时间长且强度大,大范围受灾,引致河决、浸城郭、严重生命财产损失、农田绝收等严重后果	9/12

① 公元1264~1278年为南宋与元共存期,考虑到时间尺度的延伸对研究结果更为科学、客观,文中特进行补充。

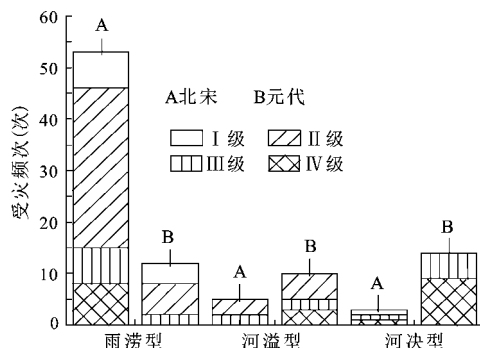


图1 宋元时期开封地区各类型洪灾频次分布

Fig. 1 Frequency distribution of different flooding types in Kaifeng area during Song and Yuan Dynasties

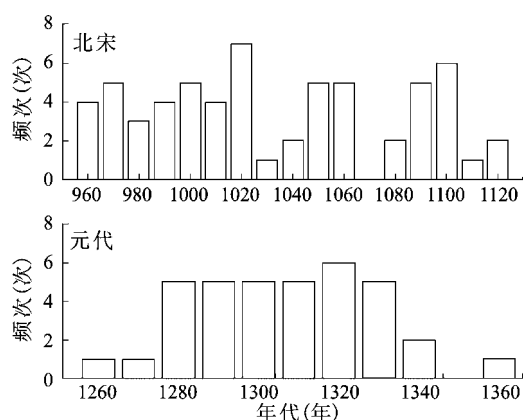


图2 宋元时期开封地区洪灾频次时序分布

Fig. 2 Timing distribution of flooding frequencies in Kaifeng area during Song and Yuan dynasties

为河流决溢,但据文献分析,元中期31次洪灾中多达68%与本地区降水有关,说明元中期相比前后期降水显著较多。

2) 季节变化特征。将1a内发生数次洪灾的情况按月份分类统计。北宋有季节或具体月份记录的洪灾共98次,其中笼统记载到季节的有18次,精确到月份的有80次(表2)。表2显示,北宋洪灾主要集中于6~10月,多达63次,12~2月最少,显然是夏季风降水增多或集中造成的。据统计,北宋出现“大雨平地水数尺”、“连雨弥月”、“频雨及冬方止”等类似记载多达45次,反映了北宋多数洪灾年份全年降水量有显著增加。研究表明,极端降水或持续性降水是引致华北降水增减的一个内在特征,而且东亚夏季风强的年份降水偏多、易涝,夏季风弱的年份易旱^[16]。对全部98次洪灾按季节统计,夏秋季多达81次。可见,北宋夏季风活跃,极端降水或持续性降水频繁,以致洪灾频发。因此,夏季风降水增多或集中是北宋开封地区洪灾频发的重要驱动力。

元代有明确季节或月份记载的洪灾共56次,其中7月最多,达20次;按季节统计,夏季36次,占全年64.3%,春、秋、冬季分别为4、9、7次。由前述分析,当地降水增加仍是该时期洪灾的一个主要驱动因素,但由黄河决溢所产生的洪水,还需对产洪区进一步分析。黄河开封段现代洪水主要由三

表2 宋元时期开封地区洪灾频次月份变化

Table 2 Monthly change of flooding frequencies in Kaifeng area during Song and Yuan Dynasties

月份(月)			各月份洪灾频次(次)											
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
北宋	受灾类型	雨涝型	3	5	4	11	11	9	15	9	1	1	0	1
		河溢型	0	0	0	0	3	1	1	0	2	0	0	0
		河决型	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
	受灾等级	I	0	1	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0
		II	3	4	3	5	6	5	9	5	2	1	0	1
		III	0	0	0	0	4	2	3	0	1	0	0	0
		IV	0	0	1	5	5	3	3	2	0	0	0	0
元代	受灾类型	雨涝型	0	0	2	1	10	5	2	0	0	0	1	1
		河溢型	0	2	0	3	5	0	2	0	1	0	0	1
		河决型	0	0	0	3	5	3	0	1	2	1	1	2
	受灾等级	I	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	1	1
		II	0	1	2	3	10	2	2	0	0	0	1	2
		III	0	1	0	1	3	1	1	0	1	0	0	1
		IV	0	0	0	3	4	2	0	1	2	1	0	0

花、龙三和河龙区间的降水产生^[17],据统计,元代黄河中游末端沁河、伊洛河流域及郑州、濮阳等沿黄地区雨涝型洪灾多达58个年份,且主要集中于夏秋季节,1286~1343年黄土高原区、渭河流域所发生的雨涝型洪灾也达19次,但与开封地区黄河决溢存在因果联系的仅有6个年份,如1337年的“兰阳、尉氏二县河水泛滥^①”,据文献考证^{②③},就与黄河中游豫北、山西等地大范围降水存在必然联系。由此说明,黄河中游地区降水只是在一定程度上对开封地区黄河决溢起助推作用。相反,由于开封地区地势平坦,黄河堤防薄弱,本地区降水就容易导致黄河决溢灾害,从而使河流决溢成为这一时期洪灾的主要表现。因此,本地区夏季风降水增多或集中仍然可归结为元代开封地区洪灾的主要驱动力。

2.4 洪涝灾害空间变化特征

北宋洪灾属雨涝型,文献记载多为大霖雨、雨连旬不止、霖霖作沴、恒雨等,由此反映出降水持续时间往往较长且强度较大;反映降水空间分布的记载多为京师、开封府、京畿等,类似记载达30余次,而直接记载诸属县如祥符、陈留、浚仪的则不多,这是因为作为国家政治中心的开封记载详细,其他地方简略。由于灾害性降水(尤其持续性降水)往往不可能只在一个城市发生,不仅覆盖诸属县,而且可能包括周边地区。因此,如果仅仅将京师等类似表述理解为开封市而不包括诸属县的话,则统计结果很可能失去科学意义。据1957~2011年开封、郑州、许昌、商丘年降水量的相关分析,开封与其他3地区年降水的相关系数分别为0.790、0.609、0.658,且均达到了99%的显著性水平,说明开封与周边地区降水具有很大的相似性。由此认为,以降水为主导的北宋开封地区洪涝灾害不存在较大空间差异。

元代洪灾空间分布如图3。开封市洪灾最多,占37%,其他属县较接近。从受灾程度来看,空间差异主要体现在Ⅱ级以上较大洪灾,如Ⅲ级以上频次依次为开封>杞县>通许>兰考=尉氏,这显然与黄河改道是分不开的。如图4,除尉氏县距离改道的黄河稍远外,其他县市均有黄河改道分支,

这使元代开封地区直接面临黄河泛滥决溢的威胁。黄河干流自1171年南移进入开封境^④,至1187年已形成多股并流^[18]。河道初入豫东、鲁西南地区,平地漫流,形成的河道都很宽浅,主流变易无定,虽事后筑有堤防,也就是临时就近挖沙土而筑,未作长久计,洪水来时极易溃决,以致形成数股并流的局面^[19]。1232和1234年两次人工决黄河入汴,开封境内所形成的3股河道(由杞县分支)在元代多次决溢,其中在1297~1397年的100 a内,以荥泽(今郑州西北)为顶点向东呈扇形泛滥,给开封地区造成了严重灾害。由于开封、杞县、兰考距离黄河3股河道最近(图4),因此,这3个县市历次受黄河决溢的威胁也最为严重。

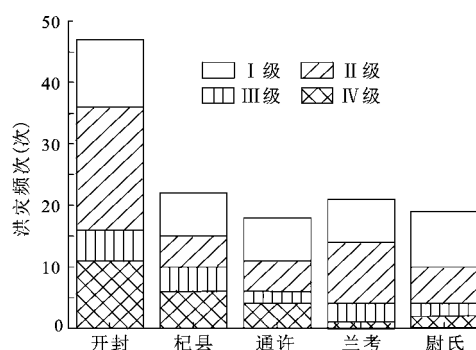
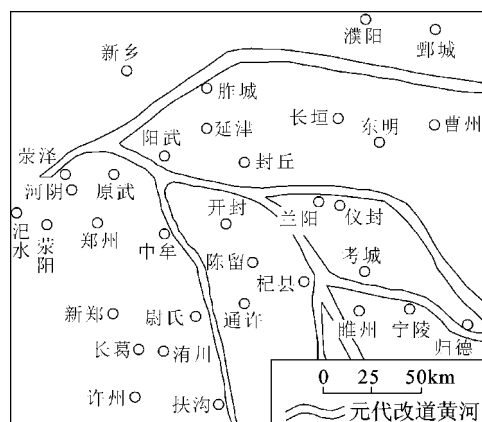


图3 元代开封地区洪涝灾害空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of flood disasters in Kaifeng area during Yuan Dynasty



[据《沂沭泗河道志》(1996)修改]

图4 元代开封及周边地区黄河河道分布

Fig. 4 Schematic diagram of the Huanghe River channels in Kaifeng and its surrounding areas during Yuan Dynasty

① 《元史》卷五十一《五行志二》。

② 《元史》卷三十九《顺帝纪二》。

③ 元·苏天爵《滋溪文稿》卷十二,中华书局1997年版。

④ 脱 脱,等.金史·河渠志·黄河·卷27。

3 讨 论

3.1 洪涝灾害与气候干湿变化

湿润指数法可反映干湿状况,且能较好地消除旱涝资料本身的时空不均匀性,公式表示为^[20]:

$$I = \frac{2 \sum (f_{\text{特大涝}} + f_{\text{大涝}} + f_{\text{涝}})}{\sum (f_{\text{特大涝}} + f_{\text{大涝}} + f_{\text{涝}}) - \sum (f_{\text{特大旱}} + f_{\text{大旱}} + f_{\text{旱}})}$$

式中, I 为湿润指数,其值介于0~2之间, $I=1$ 气候正常, $I<1$ 气候干旱, $I>1$ 气候湿润^[21]; f 为不同旱涝级别(对应于特大涝(旱)、大涝(旱)和涝(旱)3个级别)相当年降水量的距平值^[20]。

通过文献整理、统计,湿润指数变化如图5,其中非本地区降水引起的河流决溢灾害已过滤掉。图5显示,北宋呈现强烈的阶段性干湿变化。998年之前 $I<1$,说明北宋前期约40 a气候较干旱,之后以约20 a尺度交替进入干湿演替状态。北宋前40 a发生洪灾16次(图2),而旱灾则多达30次,图5a所示北宋中期 $I<1$ 的2个阶段水旱灾次比更是达到1:3,由此反映了北宋旱涝交替的频繁及气候的异常波动。许多资料依据沉积物研究了洪水与气候变化的关系,认为大洪水主要是气候变湿润和降水量增加引起的^[22,23],北宋开封地区的降水特性也可间接反映这一特点。北宋前期960~1000年处于中国气候变化的第三温暖期,年均气温比现今高约1~2℃,而1000~1279年转向第三寒冷期,但与现代气候条件更相似^[24]。现代洪水发生的降水条件表明,北方地区大涝灾和特大涝灾的发生一般是由于夏秋季降雨持续较长,甚至春季也出现霖雨而导致全年降水量明显增加造成的^[25]。开封市1951~2000年均降水量599 mm,降水主要集中在夏秋季,其中13个年份超过719 mm,这些年份夏秋季日均降水>15 mm的天数均介于18~30 d之间,且存在2~5 d日降水>50 mm的暴雨事件,而北宋Ⅱ级以上较大洪灾年份持续降水一般在10~30 d之间,甚至持续60~90 d或伴随暴雨等极端降水,说明夏季风异常活跃所产生的持续性降水往往带来年降水量的增加。因此,中等以上较大洪灾是能够指示一定地区降水增加的。但一个年份降水的增加不代表一个湿润的气候阶段,如果能够确定连续多年有大洪水发生,则能够代表湿润气候阶段的存在^[26]。北宋3个相对湿润阶段洪灾频发(图2),其中有多多个年份连续发生,说明较大洪灾对气候干湿变化具有一定指示意义。

由图5,元代湿润指数变化较平稳,在1345年之前 $I>1$,说明元代气候相对湿润并持续至元代后期,这同时也反映了宋元时期季风气候的变化特点,即北宋前60 a季风强劲,1020年之后,季风强烈波动但总体上非常强盛,但到14世纪中期季风突然减弱(晚元弱季风期)^[27]。

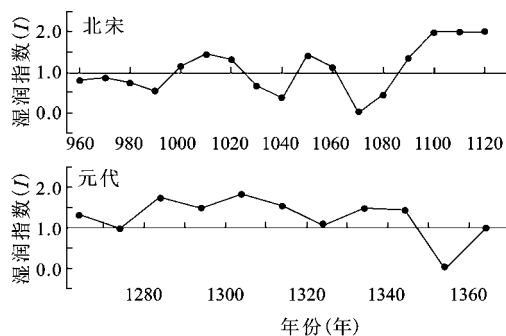


图5 宋元时期开封地区湿润指数变化过程
Fig. 5 Humidity indexes in Kaifeng area during Song and Yuan dynasties

3.2 洪涝灾害发生的周期性

从Morlet小波方差可以看出(图6),宋元时期开封地区存在明显的年际和代际周期变化。北宋存在3.5、7.2 a的年际周期和32 a的代际周期,其中32 a周期小波信号最强,为第1主周期,7.2 a为第2主周期。元代存在2.95、6.8、17、26和43 a的年际与代际周期,其中第1主周期6.8 a,第2主周期17 a。两个时期存在共同的准3、准7 a周期,其中准7 a周期振荡较强,而准3 a周期则较弱,这与ENSO事件2~8 a的周期^[28]一致,可以推测宋元时期洪涝灾害的发生受ENSO信号的调节,另外也与副高脊线位置的准3 a周期及地球地极移动振幅变化的7

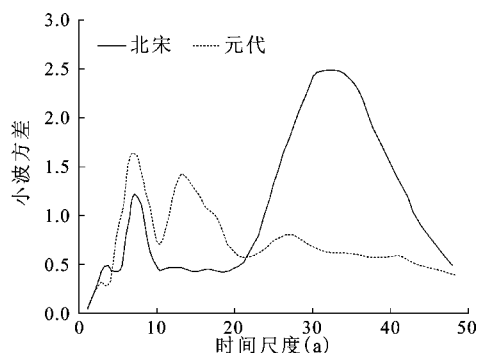


图6 宋元时期开封地区洪涝灾害小波方差
Fig. 6 Wavelet variances of flood disaster in Kaifeng area during Song and Yuan dynasties

a周期一致,其变化将会引起地球离心力系统的变化,从而造成大气环流及空气质量、水分输送的变化,进而可能会影响到降水及早涝变化^[29]。

4 结 论

通过对历史文献资料的收集和整理,对宋元时期开封地区洪涝灾害的基本特征及其所反映的气候变化得出以下认识:

1) 宋元时期开封地区洪涝灾害频发,平均2.75~2.89 a发生1次;北宋以Ⅱ级(中度)为主,占全部灾害的55.7%,元代Ⅲ~Ⅳ级大灾的频率显著增多,比例高达58.3%,受灾程度加重。

2) 北宋洪涝灾害以雨涝型为主,比例高达86.9%,元代以河决、河溢型为主,频率分别达38.9%,27.8%,河流决溢成为这一时期的突出表现。

3) 北宋前70 a洪灾频发,之后进入了以20 a为间隔的波动状态;元代则表现为两头少、中间多,中期60 a为洪灾稳定多发期。宋元时期洪灾主要集中于夏秋季节,夏季风降水增多或集中是洪涝灾害频发的主要驱动力。

4) 北宋以降水为主的洪涝灾害空间差异较小,元代则因距离黄河改道远近而差异较大。

5) 北宋前期约40 a气候偏干,之后干湿波动频繁,元代气候相对湿润并延续至后期;两个时期洪灾均具有共同的准3a、7 a的年际周期。

参考文献:

- [1] Eddy J A. Past global changes project, proposed implementation plans for research activities[R]. Global Change Report No. 19. Sweden, Stockholm: IGBP, 1992: 1~112.
- [2] 刘晓清,赵景波,于学峰. 清代泾河中游地区洪涝灾害研究[J]. 地理科学, 2007, 27(3): 445~448.
- [3] 石超艺. 明代以来大陆泽与宁晋泊的演变过程[J]. 地理科学, 2007, 27(3): 414~419.
- [4] 贾铁飞,施汶好,郑辛酉,等. 近600年来巢湖流域旱涝灾害研究[J]. 地理科学, 2012, 32(1): 66~73.
- [5] 潘 威,庄宏忠,李卓仑,等. 1766~1911年黄河中游汛期水情变化特征研究[J]. 地理科学, 2012, 32(1): 94~100.
- [6] 赵景波,邢 闪,周 旗. 关中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): 81~86.
- [7] 王长燕,赵景波,郁耀闯. 明代开封地区洪水灾害规律研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2008, 42(3): 462~466.
- [8] 李 岩,赵景波. 开封清代洪涝灾害与发生类型研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(3): 64~70.
- [9] 张 冲,赵景波,张淑源. 渭河流域汉代洪涝灾害研究[J]. 地理科学, 2011, 31(9): 1151~1156.
- [10] 吴朋飞,李 娟,费 杰. 明代河南大水灾城洪涝灾害时空特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(5): 13~17.
- [11] 张德二. 中国三千年气象记录总集(第1册)[M]. 南京: 凤凰出版社, 2004.
- [12] 《中国气象灾害大典》编委会. 中国气象灾害大典·河南卷[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [13] 邱云飞. 中国灾害通史·宋代卷[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2008.
- [14] 和付强. 中国灾害通史·元代卷[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2009.
- [15] 程遂营. 12世纪前后黄河在开封地区的安流与泛滥[J]. 河南大学学报(社会科学版), 2003, 43(6): 32~36.
- [16] 郝立生,丁一汇. 华北降水变化研究进展[J]. 地理科学进展, 2012, 31(5): 593~601.
- [17] 高治定,李文家,李海荣. 黄河流域暴雨洪水与环境变化影响研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002.
- [18] 彭安玉. 试论黄河夺淮及其对苏北的负面影响[J]. 江苏社会科学, 1997, (1): 121~126.
- [19] 邹逸麟. 黄淮海平原历史地理[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 1993.
- [20] 杨志峰,沈珍瑶,李春晖,等. 黄河流域水资源可再生性基本理论与评价[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2005.
- [21] Junhu D, Quansheng G, Shufang X, et al. Wet-dry changes in the borderland of Shaanxi, Gansu and Ningxia from 1208 to 1369 based on historical records[J]. J. Geogr. Sci., 2009, 19(6): 750~764.
- [22] Macklin M G, Benito G, Gregory K J, et al. Past hydrological events reflected in Holocene fluvial record of Europe[J]. Catena, 2006, 66: 145~154.
- [23] Grossman M J. Large floods and climatic change during the Holocene on the Ara River, Central Japan[J]. Geomorphology, 2001, 39: 21~37.
- [24] 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.
- [25] 郝志新,郑景云,葛全胜. 黄河下游地区降水变化的周期性分析[J]. 地理学报, 2007, 62(5): 537~544.
- [26] 赵景波,蔡晓薇,王长燕. 西安高陵渭河近120年来的洪水演变[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 225~230.
- [27] 张平中, Hai cheng R, Lawrence Edwards. 近2000年太阳活动对亚洲季风降水变化的作用[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28(增刊): 414.
- [28] Allan R J. ENSO and climatic variability in the past 150 years [M]// Diaz H F, Markgraf V. ENSO: Multi-scale variability and global and regional impacts. New York: Cambridge University Press, 2000: 3~55.
- [29] 周永宏,郑大伟,虞南华,等. 地球自传移动与大气、海洋活动[J]. 科学通报, 2000, 45(24): 2588~2597.

Flood Disasters and Climate Changes During Song and Yuan Dynasties in Kaifeng Area

CHU Chun-jie^{1,2}, ZHAO Jing-bo¹

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China; 2. College of Resources and Environmental Science, Pingdingshan University, Pingdingshan, Henan 467000, China)

Abstract: Flood disasters information in Northern Song Dynasty in 960-1127 and Yuan Dynasty in 1264 -1367 in Kaifeng area was extracted based on historical records. By comparative study, characters of flood disasters and climate changes reflected by them during these two periods were discussed. The results showed that frequent occurrence of flood disasters during both periods in Kaifeng area, and flood disasters occurred once every 2.75 to 2.89 years in average. Precipitation pattern at grade II was the main type in Northern Song Dynasty. The crevasse of rivers and overflow at grade III and IV, however, turned out to be the prominent performance during Yuan Dynasty. Flood disasters occurred frequently in early 70 years of Northern Song Dynasty. Instead, they exhibited a low-incidence in earlier and later of Yuan Dynasty, but occurred high-frequently during the middle 60 years. Flood disasters during both dynasties concentrated in summer and autumn, and the precipitation increasing or concentration of summer monsoon occupied the main driving force. The spatial differences were small in Northern Song Dynasty, but had remarkable differences dependent on distances with the diversion of the Huanghe River in Yuan Dynasty. The climate during about 40 years of the earlier Northern Song Dynasty was a little dry, then, entered physic wet-dry changes. The climate in Yuan Dynasty kept wet and continued till late Yuan Dynasty. Furthermore, flood disasters during both periods had common inter-annual cycles like quasi-3 and 7 years.

Key words: flood disaster; flooding cause; flooding cycle; climate change; Song and Yuan dynasties; Kaifeng City