

# 湖南暴雨洪涝灾害损失时空特征及影响因素分析\*

李梦婕<sup>1)</sup> 汪 明<sup>1,2)</sup> 史培军<sup>1,2,3)</sup>†

(1)北京师范大学民政部教育部减灾与应急管理研究院,100875,北京;

2)北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室,100875,北京;

3)北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室,100875,北京)

**摘要** 利用1984—2010年湖南灾情统计资料,对湖南暴雨洪涝灾害损失的时空特征进行了分析,并以年降水量、地区生产总值、人口数、城镇率和建成区面积等为指标,从自然和社会2个方面,初步探究了湖南洪涝灾害格局的影响因素。结果表明:湖南暴雨洪涝灾害整体呈现加重的趋势。洪涝灾害年内分布差异大,夏季最为集中,空间上主要集中在“湘资沅澧”四水流域下游和洞庭湖区。湖南暴雨洪涝灾害损失的变化受自然因素和社会因素共同的影响,从全省来看,损失与年降水量、地区生产总值、人口和城镇率间均表现出显著的正相关,其中前两者尤为显著,作为致灾因子的强降水是造成湖南洪涝灾害发生的直接原因,虽然社会经济的快速发展在一定程度上降低了灾害脆弱性,但同时灾害暴露性的增加更为显著,从而使得湖南暴雨洪涝灾害的损失以及风险呈现上升趋势。

**关键词** 暴雨洪涝;时空格局;脆弱性;暴露性;影响因素;湖南

洪涝灾害是中国发生最频繁、影响最严重的自然灾害之一。据不完全统计,平均每年有 $7.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 农田遭受洪涝灾害,每年经济损失在150~200亿元,占国民生产总值的1%~2%,占全年主要自然灾害总损失的30%以上<sup>[1]</sup>。由暴雨引发的暴雨洪涝,是中国发生最为频繁、量级最大、影响范围最广的洪涝灾害<sup>[2]</sup>。灾害是地球表层孕灾环境、致灾因子和承灾体综合作用的产物<sup>[3]</sup>,洪涝灾害形成机制则十分复杂,大大加剧了我们认识洪涝灾害和开展洪涝灾害管理的难度。洪涝灾害时空分布是解释区域地理规律的基础<sup>[4]</sup>,掌握区域洪涝灾害的时空分布及其影响因素对于开展区域洪涝灾害风险管理具有重要的意义。目前,国内外开展了大量的洪涝灾害时空格局研究的工作。如德国慕尼黑再保险公司从1978年就开始编制世界自然灾害地图,并经过多次更新,以期管理、经济决策提供参考<sup>[5]</sup>。蒋卫国等<sup>[6]</sup>利用EM-DAT中的灾害记录,对全球1950—2004年重大洪水灾害受灾人口及经济损失的时空特征进行了分析,认为气候异常是造成洪涝灾害的最主要原因。司瑞洁等<sup>[7]</sup>对亚洲1976—2005年的洪涝灾害进行了初步分析,认为亚洲洪水灾害发生次数和影响程度的不断增加不仅与全球气候变化异常相关,还与亚洲特殊的地理和经济发展状况相关。Barredo<sup>[8]</sup>发现欧洲1970—2005年间洪涝加重,但气候变化并不是造成这一结果的最主要原因,而主要是人口、财富的暴露度和脆弱性增加的结果。IPCC在

SREX报告中也指出,暴露度和脆弱性是灾害风险及其影响的关键决定因素<sup>[9]</sup>。洪涝灾害的形成受多种因素的影响,在不同地区的不同发展阶段,发挥主导作用的因素可能不同,需要具体分析。

湖南属亚热带季风湿润气候区,暖湿多雨,年均降水量在1200~1500 mm,且主要集中在春夏两季,尤其夏季多暴雨。湖南水系发达,河网密布,发源于东、南、西三面山区的5000多条河流,形成湘江、资水、沅江、澧水(简称四水),汇入北部的洞庭湖,形成复杂的水文地理环境<sup>[10]</sup>(图1)。湖南属洪涝灾害多发地,且损失也远高于全国平均水平,尤其当“四水”洪水与长江干流洪水相遇时,往往酿成特大洪涝灾害<sup>[11]</sup>。

不少学者开展了湖南暴雨洪涝时空分布的研究。例如杨志荣等<sup>[12]</sup>采用区域综合分析的方法,根据气象灾害历史记载,分析了湖南1450—1949年间近500 a洪涝灾害的时空变化规律,发现湖南洪涝灾害存在着7~8 a、20~30 a及60~70 a的准周期变化,并且洪涝灾害强度变化与频率变化的周期基本一致,洞庭湖区、环湖丘陵、湘中盆地等地为易涝区。段德寅等<sup>[11]</sup>利用降水资料划定洪涝年,分析了1958—1998年间近40 a湖南洪涝的特征和演变趋势。李景保等<sup>[13]</sup>重点分析了湖南四水流域洪涝灾害的时空变异特征,发现四水流域的洪涝灾害具有多发性、共生性与地域差异性等特征。但已有研究主要集中在对其时空格局的描述上,对于影响因素的定量分析很少,尤其缺乏对社会因素的

\*国家自然科学基金面上资助项目(41271286)

†通信作者

收稿日期:2013-09-27

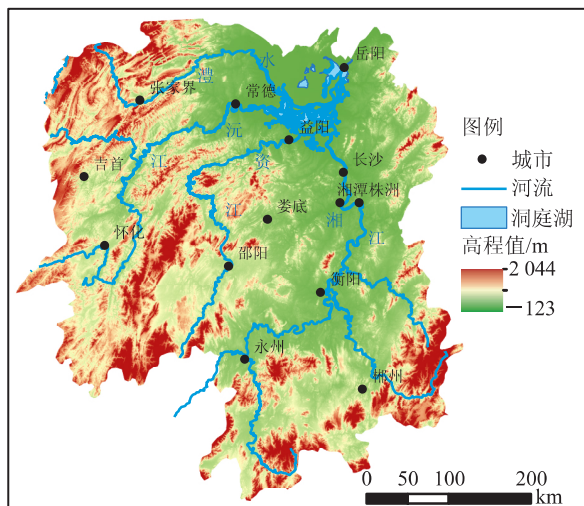


图 1 研究区概况

定量分析<sup>[14-16]</sup>. 因此, 本文在揭示湖南暴雨洪涝灾害时空变化特征的基础上, 以年降水量、GDP、人口数、城镇率和建成区面积等为指标, 从自然和社会 2 个方面, 对湖南洪涝灾害格局的影响因素进行定量分析, 以期理解湖南洪涝灾害的形成机制提供参考, 为湖南经济可持续发展和区域防灾减灾规划提供科学依据.

## 1 资料和分析方法

1.1 资料来源 本文使用以下 3 个方面的数据: 一是来自民政部门的灾情统计资料, 包括湖南 1984—2007 年 24 a 间的以县为基本单元记录的湖南暴雨洪涝灾害记录和 2008—2010 年的灾情统计年报; 二是来自中国气象科学数据共享服务网 (<http://cdc.cma.gov.cn/>) 的湖南 1984—2010 年间的逐日降水资料; 三是社会经济数据, 来源为 1986—2011 年湖南统计年鉴和 1985—2011 年中国城市统计年鉴. 损失和地区生产总值均折算到 2005 年的可比价格水平.

1.2 研究方法 采用暴雨洪涝灾害的年均灾次、年均损失等特征值, 对湖南暴雨洪涝灾害原始数据库进行统计分析, 结合 GIS 技术编制湖南暴雨洪涝灾害时空格局数字地图, 对湖南暴雨洪涝灾害的年内变化、年际变化和空间格局进行了分析, 并利用相关分析方法分析湖南暴雨洪涝灾害损失变化与年降水量、GDP、人口和城镇率等指标之间的关系, 深入了解湖南暴雨洪涝灾害时空变化特征和影响因素.

## 2 湖南暴雨洪涝灾害特征

### 2.1 时间分布特点

2.1.1 年内变化 湖南地处长江中游, 除受到西风带系统影响外, 还常受到台风和东风波等系统影响, 易于形成致洪暴雨<sup>[11]</sup>, 洪涝灾害频发. 根据 1984—2007 年

资料统计(图 2), 湖南暴雨洪涝灾害年内分布极不均匀, 主要集中在 5—9 月份, 其中夏季(6—8 月)最多, 占总损失的 80% 以上, 而且由于湖南暴雨洪涝灾害跨

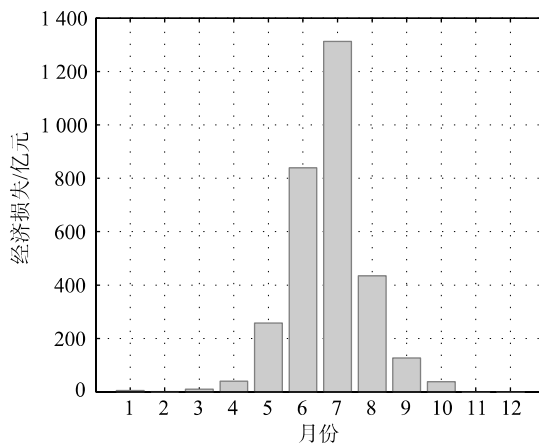


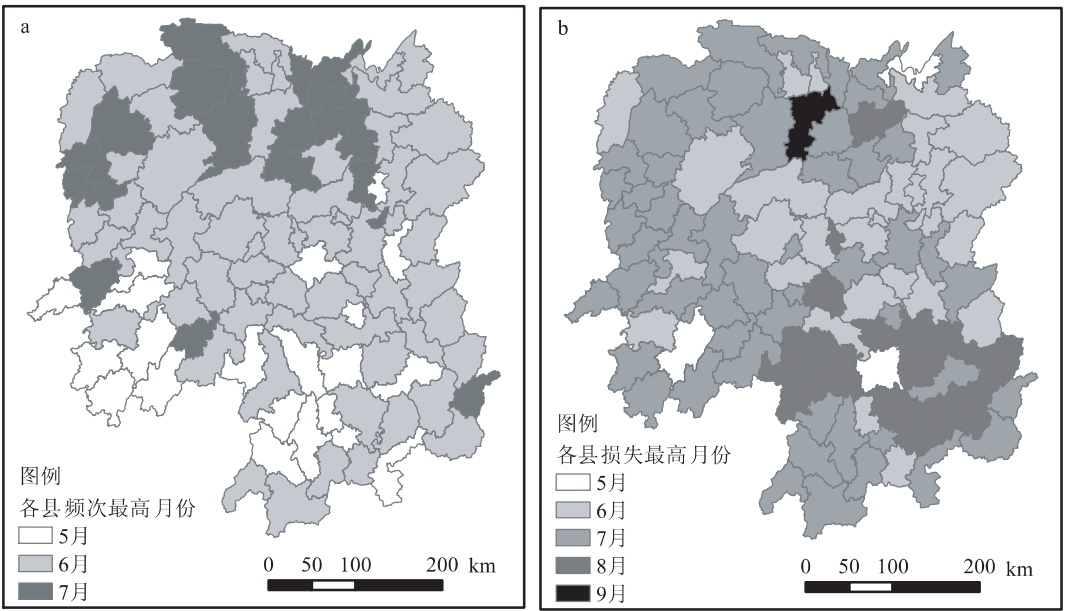
图 2 湖南 1984—2007 年暴雨洪涝灾害损失月际变化

越的时间跨度大, 一般开始于每年的 4、5 月份. 各个县暴雨洪涝灾害的集中月份(图 3-a)也表现出一定的空间过渡性, 湘中南主要集中在 5、6 月份, 而湘西北主要集中在 6、7 月份, 这与湖南雨季的推移规律相似, 湖南的湘中和湘南各地雨季开始早, 结束早, 而湘西北雨季开始晚, 结束晚<sup>[17]</sup>. 雨季的这种由南向北的推移趋势正好与暴雨洪涝灾害的空间递变趋势相一致, 湖南四水虽然属于同一季风区, 但地理位置的空间差异仍导致了这一区域差异性的存在. 但从各县暴雨洪涝灾害损失的时空分布(图 3-b)来看, 湘北主要集中在 6、7 月份, 而湘中南则主要集中在 7、8 月份, 这主要是因为湘中南的强降雨主要集中在这一时段, 强降雨更易于引发严重的洪涝灾害.

2.1.2 年际变化 1984—2010 年湖南暴雨洪涝灾害共造成经济损失约 3 452.2 亿元, 年均损失 127.9 亿元, 占湖南 GDP 总量的 3.1%, 远高于全国平均水平, 损失严重. 从年际变化来看(图 4-a)洪涝灾害损失表现出增多的趋势, 但其损失率(图 4-b)呈现下降趋势. 其中, 1995、1996 和 1998 年是湖南暴雨洪涝灾害最严重的 3 年, 损失率均达到 10% 以上. 从洪涝灾害造成的死亡人口(图 4-c)和死亡率(图 4-d)来看, 均表现出下降趋势, 尤其在 2000 年以后, 因灾死亡人口整体上保持在较低水平, 除了几次极端事件的影响, 如 2006 年受 4 号强热带风暴“碧利斯”的影响, 造成郴州市 223 人死亡, 占到当年死亡人口的一半以上.

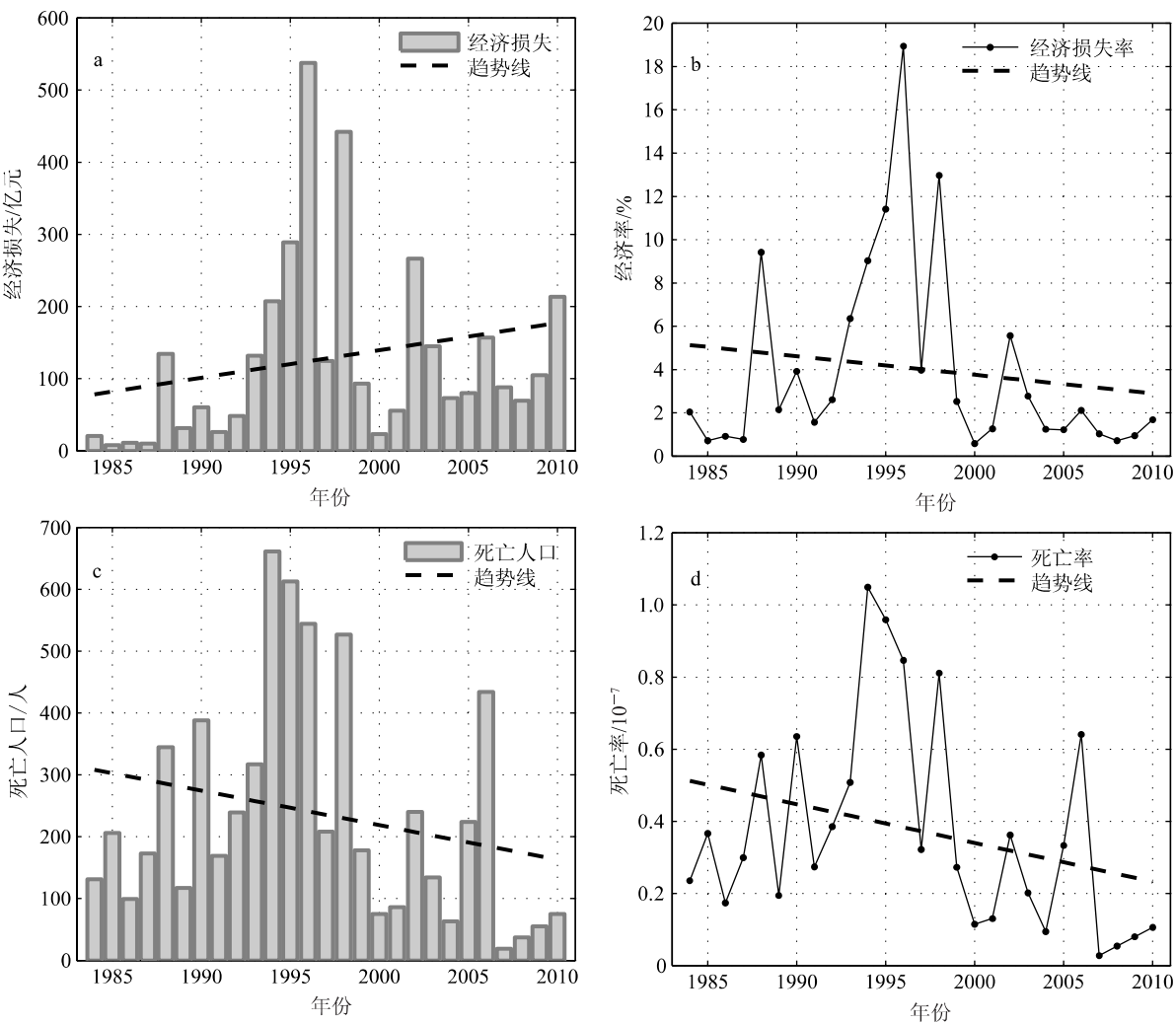
### 2.2 空间分布特点

2.2.1 空间分布 洪涝受灾比是指在统计单元内受洪涝灾害影响的县的个数与总县域个数的比值, 能够用来表示洪涝灾害范围的大小, 是度量洪涝灾情程度



a. 各县频次最高月份; b. 各县损失最高月份.

图 3 湖南 1984—2007 年各县暴雨洪涝灾害发生频次最高和损失最高的月份统计



a. 经济损失; b. 损失率; c. 死亡人口; d. 死亡率.

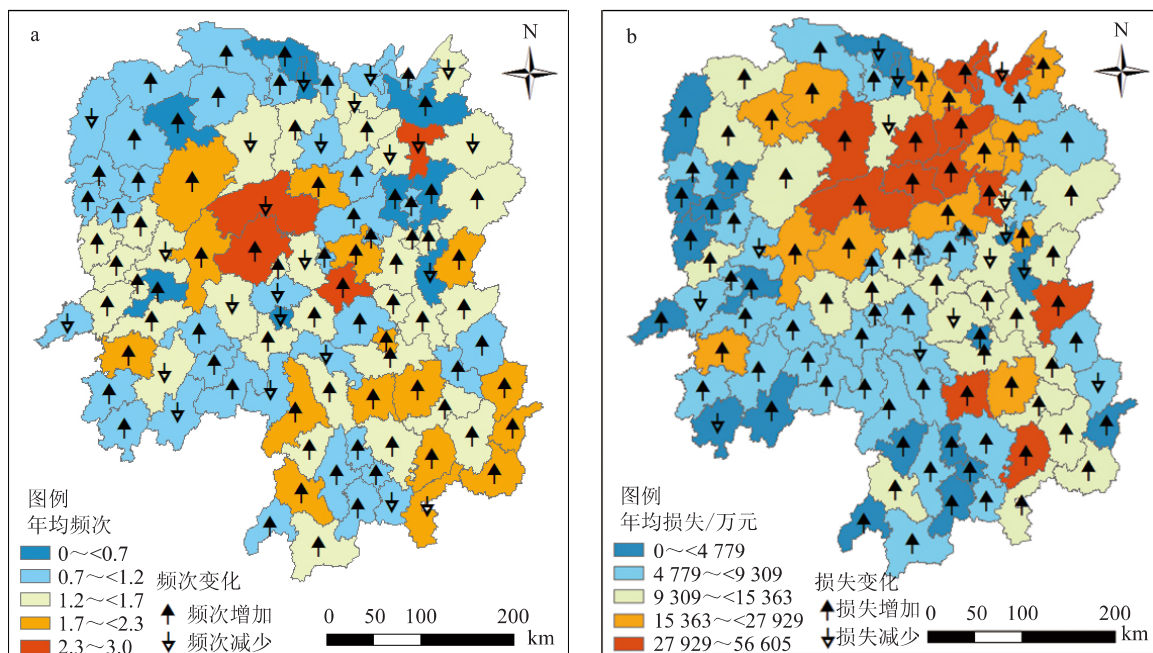
图 4 湖南省 1984—2010 年暴雨洪涝灾害直接经济损失和损失率及死亡人口和死亡率的年际变化

的重要指标<sup>[4]</sup>. 从 1984—2007 年, 湖南洪涝灾害受灾比始终保持在 70% 左右, 说明湖南暴雨洪涝灾害的影响范围一直很广, 每年全省的大部分地区都会受到洪涝灾害的影响, 并且随着时间的发展, 表现出轻微的上升趋势, 但并不明显.

根据 1984—2007 年湖南暴雨洪涝灾害记录编制的湖南暴雨洪灾年均灾次分布图(图 5-a)表明, 湖南暴雨洪灾频发区主要集中在湘江流域的上游和资江、沅江中下游的丘陵山区. 从损失(图 5-b)的空间分布来看, 虽然分布大致与频次一致, 但也有一些差异, 损失主要集中在四水流域的下游和洞庭湖区, 湘西北和永州的部分地区虽然灾害频发, 但损失并不严重, 死亡人口也相对较少, 主要是由于这些地区人口较少, 经济水平相对落后, 暴露性低, 因此虽然灾害频发, 但损失较少. 而洞庭湖区承接四水和长江干流来水, 不仅易发生严重的洪涝事件, 而且作为湖南的“粮仓、棉库、鱼池”

和工业原料基地<sup>[18]</sup>, 经济发展, 人口众多, 暴露度高, 一旦受灾, 往往损失惨重, 如 1995、1996 和 1998 年几次严重的洪涝灾害使洞庭湖区的灾情都十分严重. 其中益阳市的安化县是频次最高、损失也最严重的县.

2.2.2 动态变化 以一元线性回归模型的斜率表征数据变化的趋势性, 当斜率为正时, 表明数据序列呈增长趋势, 而当斜率为负时, 表明数据序列呈减小趋势, 由此确定各研究单元暴雨洪涝灾害频次和损失变化趋势. 从图 5 可以看出, 大部分区域暴雨洪涝灾害的发生频次和损失都表现出上升趋势, 其中增长最快的区域主要集中在湘南郴州、衡阳等地, 这里已逐渐成为湖南又一个损失的高值区, 需要引起重视, 而洞庭湖区由于三峡工程等大型水利工程的调蓄作用, 溃堤型灾害已经很少发生, 但城市内涝问题却越来越严重, 造成的损失也更多.



a. 年均频次; b. 年均损失.

图 5 湖南 1984—2007 年暴雨洪涝灾害年均频次和年均损失空间分布和变化

### 3 损失变化的影响因素分析

3.1 降水因素 强降水是引发洪涝灾害的直接原因, 洪涝灾害的发生显然与强降水有密切关系<sup>[19]</sup>. 湖南具有复杂的水文地理环境, 夏季多暴雨, 具有江淮流域梅雨期暴雨的共同特征, 盛夏时受台风期暴雨天气系统的影响, 进入高温少雨季节后也有降雨强度和降雨量较大的暴雨出现<sup>[17]</sup>, 酿成严重的洪涝灾害. 1984—2010 年湖南暴雨洪涝灾害损失与降水量之间的相关系数是 0.576, 在 0.01 的置信水平下显著(表 1). 在选

取的 4 个指标中, 降水量指标是最显著的影响因子之一, 说明降水因素仍然是造成湖南洪涝灾害的主要原因. 因此, 做好降水量预报对防洪减灾具有重要意义.

表 1 湖南暴雨洪涝灾害损失与年降水量、GDP、人口和城镇率的相关系数

Spearman	年降水量	GDP	人口	城镇率
相关系数	0.576**	0.576**	0.471*	0.477*
显著性	0.002	0.002	0.013	0.012

\* 在置信度(双测)  $\leq 0.05$  时, 相关性是显著的; \*\* 在置信度(双测)  $\leq 0.01$  时, 相关性是显著的.

3.2 社会因素 人类活动对洪涝灾害具有复杂的影响:一方面人口、经济的快速增长增大了洪涝灾害的暴露度,同时在发展过程中的土地利用/覆盖变化也对流域的水文特性产生剧烈的影响,不合理的开发利用增大了洪涝灾害发生的可能性,增大了洪涝灾害的风险;另一方面人类在发展的过程中不断探索和寻求战胜灾难的科学方法与技术<sup>[20]</sup>,随着人类改造自然的能力加强,能够更好地处理洪与涝、排与滞、上下游、左右岸等之间的关系<sup>[21]</sup>,也能够降低灾害的不利影响。但从湖南1984—2010年暴雨洪涝灾害损失与当地GDP、人口和城镇率的相关关系(表1)中可以看出,从总体上来说,社会发展与灾害损失之间表现出显著的正相关,社会因素在湖南暴雨洪涝灾害损失的变化中也起到了十分重要的作用,和降水一样不可忽视。随着社会经济的发展,损失增加,当前社会经济的发展对湖南洪涝灾害损失的影响仍然以负效应为主。

有研究指出灾害的损失率与经济发展水平之间存在一种非线性的倒U型关系<sup>[22-23]</sup>,即在发展初期,损失率随经济的发展而增加,当发展到一定水平后,损失率随着经济的发展而减少。但由于社会财富一直是增加的,那么在发展初期,绝对损失量也是随着经济的发展而增加的,当发展到一定水平后,损失的变化是损失率的减少和经济总量的增加之间相互作用的结果。从前面的分析我们知道,当前湖南暴雨洪涝灾害的损失率是下降的,这说明当前湖南的经济发展速度较快,经济发展带来暴露度的增加是当前损失增加的重要原因。IPCC在SREX报告中也提出有高可信度相信人和经济资产暴露度的增加是造成灾害经济损失长期增加的主要原因<sup>[9]</sup>。

城市化是社会经济发展的结果,城市化过程中的土地利用/覆盖变化对流域的水文特性产生了剧烈的影响。城市的快速扩张,使得地表不透水面积大增,地表粗糙度下降,径流系数变大,地面汇流加快,洪峰流量也明显增加<sup>[24]</sup>,城市内涝的加剧已成为城市化带来负效应的突出表现。湖南暴雨洪涝灾害损失与城镇率的相关系数达到了0.477,在0.05的置信水平上显著,表明当前湖南随着城镇率的增加暴雨洪涝灾害损失增加,虽然已有很多防灾减灾投入,加强了工程措施和非工程措施的建设,但灾情依然严重。在进行县市层面的比较时,考虑到数据的长度和稳定性,选取景观城市化指标中的建成区面积进行分析。这一指标统计标准明确、稳定,没有城市人口统计中的统计口径变化等问题,具有较好的可比性。研究结果表明在湖南的衡阳和永州地区,建成区面积与暴雨洪涝灾害损失之间也表现出显著的正相关,相关系数分别为0.61和0.55,

在0.01的置信水平上显著,进一步证实了城市化增大了洪涝灾害损失的结论。

## 4 结论与讨论

通过对湖南暴雨洪涝灾害损失时空变化特征和影响因素的分析,对湖南暴雨洪涝灾害有了较为全面的认识,得到以下结论:

1) 湖南暴雨洪涝灾害严重,影响范围广、损失大,且有加重的趋势。暴雨洪涝灾害年内分布不均,夏季最为集中,其变化与湖南雨季的推移规律一致。在空间上湖南暴雨洪涝灾害主要集中在四水流域下游和洞庭湖区。

2) 湖南暴雨洪涝灾害损失的变化受自然因素和社会因素共同的影响,从全省来看,湖南暴雨洪涝灾害损失与年降水量、地区生产总值、人口和城镇率间均表现出显著的正相关,其中前两者尤为显著,强降水是造成湖南洪涝灾害发生的直接原因,而社会经济的发展增大了湖南暴雨洪涝灾害的损失。

3) 湖南整体上脆弱性在降低,但是暴露性的不断增大使得湖南暴雨洪涝灾害风险在相当长的时间里仍然呈现严重且上升趋势,社会经济的发展中更应关注灾害脆弱性和暴露性的均衡问题,这一点在全球气候变化背景下显得尤为重要。

## 5 参考文献

- [1] 陈颢,史培军. 自然灾害[M]. 北京:北京师范大学出版社,2007
- [2] 丁一汇,张建云. 暴雨洪涝[M]. 北京:气象出版社,2009
- [3] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报,2002,11(3):1
- [4] 王静爱,史培军,王平,等. 中国自然灾害时空格局[M]. 北京:科学出版社,2006
- [5] Berz G, Kron W, Loster T, et al. World map of natural hazards: a global view of the distribution and intensity of significant exposures[J]. Natural hazards,2001,23(2/3):443
- [6] 蒋卫国,李京,王琳. 全球1950—2004年重大洪水灾害综合分析[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2006,42(5):530
- [7] 司瑞洁,温家洪,尹占娥,等. EM-DAT 灾难数据库概述及其应用研究[J]. 科技导报,2007,6:13
- [8] Barredo J I. Major flood disasters in Europe: 1950—2005[J]. Natural Hazards, 2007, 42(1):125
- [9] Field C B, Barros V, Stocker T F, et al. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge:Cambridge University Press, 2012

- [10] 湖南省水文水资源勘测局覃事恒主编. 湖南省水文志[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006: 502
- [11] 段德寅, 汪扩军, 陆魁东. 近 40 年湖南洪涝灾害的演变趋势及其成因[J]. 气象, 1999, 25(6): 42
- [12] 杨志荣, 邓兴. 湖南省近 500 年洪涝灾害时空分布规律[J]. 湖南师范大学学报: 自然科学版, 1994, 17(4): 76
- [13] 李景保, 喻小红, 金涛. 湖南四水流域洪涝灾害特性与减灾战略[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 57
- [14] 胡泽友. 湖南省洪涝灾害的成因及对策[J]. 湖南农业科学, 2001, 5: 8
- [15] 贺建林. 洞庭湖区洪涝灾害的地学因素与人为因素[J]. 灾害学, 2000, 15(4): 43
- [16] 唐苗牛, 夏合新. 湖南洪涝灾害成因及减灾措施初探[J]. 湖南林业科技, 1997, 24(2): 5
- [17] 覃事恒. 湖南省水文志[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006: 502
- [18] 贺建林. 洞庭湖区洪涝灾害的地学因素与人为因素[J]. 灾害学, 2000, 15(4): 43
- [19] 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
- [20] 张芝霞. 灾害与发展[J]. 防灾博览, 2004(3): 10
- [21] 白翠玲, 路紫. 经济发展与洪涝时空变化的相关分析: 以海河流域为例[J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2000(1): 43
- [22] Schumacher I, Strobl E. Economic development and losses due to natural disasters: the role of hazard exposure[J]. Ecological Economics, 2011, 72: 97
- [23] Kellenberg D K, Mobarak A M. Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters[J]. Journal of Urban Economics, 2008, 63(3): 788
- [24] 袁艺, 史培军, 刘颖慧, 等. 土地利用变化对城市洪涝灾害的影响[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(3): 6

## TEMPORAL-SPATIAL DISTRIBUTION OF RAINSTORM-FLOOD DISASTERS IN HUNAN, CHINA AND ITS AFFECTING FACTORS

LI Mengjie<sup>1)</sup> WANG Ming<sup>1,2)</sup> SHI Peijun<sup>1,2,3)</sup>

(1) Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs and Ministry of Education;

2) State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resources Ecology;

3) Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education; Beijing Normal University, 100875, Beijing, China)

**Abstract** Records for rainstorm-floods in Hunan from 1984-2007 were analyzed for disaster temporal-spatial distribution. Both nature and socio-economic developments were considered, factors such as annual precipitation, GDP, population, urban rate and urban built-up were studied to explore their linkage to disaster distribution. Data indicated that rainstorm-flood disaster in Hunan tended to be worse and be presented with an uneven temporal-spatial distribution. They were mainly concentrated in the summer; the most severely affected areas were in the downstream basins of the Xiang, Zi, Yuan, Li Rivers and in the Dongting Lake regions. The trend of flood-induced economic loss was influenced by both natural and social factors. Positive correlation was found between loss and overall annual precipitation, GDP, population and urban rate in Hunan, with the first two factors dominating. Although precipitation was a direct cause for rainstorm-flood disaster, with rapid development of society and economy, decreased regional vulnerability to disaster, disproportionately increased regional exposure, still led to more severe rainstorm-flood risks.

**Key words** rainstorm-flood; temporal-spatial distribution; vulnerability; exposure; contributing factors; Hunan