

# 江浙沪地区历史重大洪涝灾害情景下的人口和 GDP 物理暴露量分析

黄红铸<sup>1</sup>, 崔玉娟<sup>1</sup>, 叶瑜<sup>1,2</sup>, 方修琦<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 教育部环境演变与自然灾害重点实验室, 北京 100101)

**摘要:** 利用江浙沪地区 1644~1949 年洪涝灾害数据库, 基于年受灾县次, 对该地区历史重大洪涝灾害年进行了辨识, 并以历史重大洪涝灾害为情景, 对其重现于 2010 年的人口和 GDP 物理暴露量进行分析, 得到以下结论: (1) 按受灾县次划分, 1644~1949 年江浙沪地区重大洪涝灾害频率在 50~100 年一遇的为 1670 年、1683 年、1804 年; 100~300 年一遇的为 1823 年、1849 年; 300 年一遇的为 1931 年; (2) 重大洪涝灾害暴露区主要集中于长江三角洲地区; (3) 6 次重大洪涝灾害情景下, 人口物理暴露量基本超过 2010 年该区人口总量的 40%, 而 GDP 物理暴露量则几乎超过了其总量的 50%; (4) 江苏受灾最为明显, 上海受灾幅度波动最大, 尤其是在 100 年一遇洪涝灾害前后受灾影响差距很大, 浙江受灾影响相对稳定; (5) 该区人口、GDP 物理暴露量并不一定与受灾县次呈典型的正相关关系, 可能与其人口、经济分布格局等因素有关。

**关键词:** 江浙沪地区; 历史重大洪涝; 物理暴露

中图分类号: P954 文献标识码: A 文章编号: 1004-8227(2013)06-0801-07

洪涝自古以来便是我国的主要自然灾害之一。面对全球变暖背景下我国的洪涝灾害可能增多的威胁<sup>[1]</sup>, 加强洪涝灾害的风险评估与预测研究对于满足防灾减灾的迫切需求尤为重要。

目前, “情景分析”方法是国内外在洪涝灾害风险评估与预测研究方面的主要方法之一。该方法首先给出可能的情景, 再对给定情景下可能发生的洪涝灾害风险进行综合评价<sup>[2]</sup>。美国于 1975 年利用情景分析开展了国家自然灾害的评估<sup>[3]</sup>, 日本在 20 世纪 80 年代就开始用情景分析的方法进行洪涝灾害危险性的制图研究<sup>[4]</sup>, 英国也于 2003~2004 年将情景分析技术用于描述未来 30~100 a 内英国所面临的洪水与海岸侵蚀风险<sup>[5]</sup>。2007 年, 我国以太湖流域为试点开展了流域洪水风险情景技术应用研究<sup>[6]</sup>。我国洪涝灾害情景分析方法主要应用于两个方面: 一是区域极端降水特征的分析, 例如: 石英等<sup>[7]</sup>利用模型, 对我国东部地区不同情景下的气候变化进行模拟分析, 结果指出 21 世纪末期中国东部大雨日数将增多; 江志红等<sup>[7]</sup>也利用 IPCC AR4 模式对中国极端降水指数进行了模拟与评估, 指出未

来中国与降水有关的事件都有趋于极端化的趋势<sup>[8]</sup>。二是洪涝灾害的灾情评估与风险分析, 例如: 暴雨杰<sup>[9]</sup>基于情景分析的方法, 将上海浦东淹没深度图与土地利用图叠加, 从而编制不同水深情景下浦东地区的洪涝灾害脆弱性分布图; 王义成、丁志雄等<sup>[10]</sup>利用情景分析技术对未来可能影响太湖流域洪水灾害的洪水风险动因和响应进行了研究。以上基于情景分析的风险评估研究, 大都建立在对洪涝灾害特征, 发生强度、频次的统计分析基础之上, 进而设定参数、建立模型, 从而建立各种情景。而历史洪涝灾害的研究, 往往对此有所帮助。历史洪涝变化序列可以弥补现代观测记录过短的不足, 对历史变化特征的分析则有助于认识现代在历史变化进程中的位置, 而对过去情景的类比至少可作为未来情景的一个早期预警<sup>[11]</sup>。中国有丰富而详实的历史洪涝灾害记载, 前人通过整理分析, 已经建立起了主要江河的历史洪水档案<sup>[12~15]</sup>, 并重建了历史极端洪涝事件<sup>[16~19]</sup>, 同时分析了历史时期洪涝灾害的特点及其对社会的影响<sup>[20]</sup>。这些成果不但可以为人类适应未来的环境变化提供实证个例, 而且可以

收稿日期: 2012-06-21; 修回日期: 2012-08-09

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2008BAK50B07)和全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2010CB950103)联合资助。

作者简介: 黄红铸(1989~), 男, 河南省信阳人, 硕士, 主要研究方向为自然地理学。E-mail: 18810555717@163.com

为洪涝灾害评估与预测模型计算提供参考。评估区域承险体脆弱性是灾害风险评估与预测研究中的重要部分。进行承险体脆弱性评估首先就是要确定该区域内承险体数量的多少,即进行物理暴露量评估。物理暴露量反映了在一定强度致险因子影响下,可能遭受损失的承险体的总量。对于风险而言,暴露量越大,其灾害风险也就越大<sup>[21]</sup>。在灾害发生前,利用区域历史洪涝数据,结合现代洪涝灾害风险评估方法,评估区域承险体的物理暴露量,对洪水灾害预审性评估与风险保险研究等有积极意义。

江浙沪地区位于中国东部沿海,包括现在的江苏省、浙江省和上海市(图 1)。该区属亚热带季风气候,易受台风、梅雨影响,年降水量一般在 1 000 mm 以上,加之地势平坦,河道纵横,湖泊密布,故洪涝灾害频繁,社会经济受洪涝灾害的影响显著,历史上该地区洪涝灾害的记载不计其数。本文基于 1644~1949 年的洪涝灾害数据库县次统计,对江浙沪地区 300 年来的重大洪涝灾害年份进行了重建,同时以这些历史重大洪涝灾害为情景,对该区 2010 年的人口、GDP 物理暴露进行了分析。

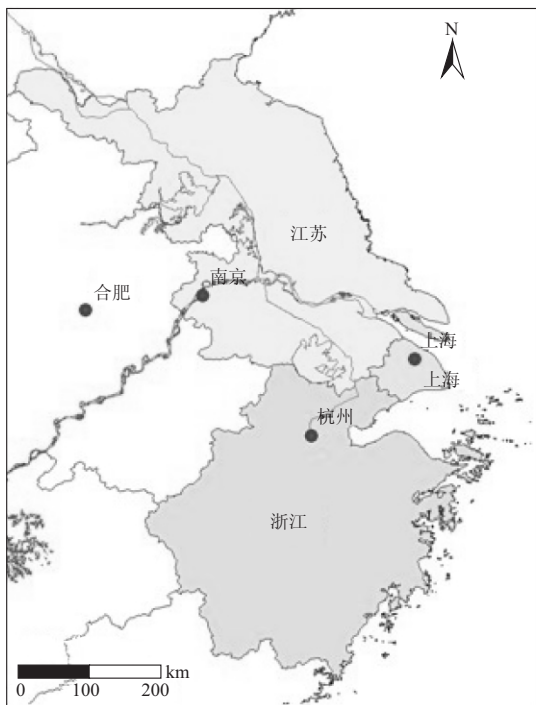


图 1 江浙沪地区

Fig. 1 Zhejiang-Jiangsu-Shanghai Area

## 1 资料与方法

### 1.1 数据来源

本文的历史数据主要来自于整编的地方志和档

案史料。其中,地方志类资料收集于《中国气象灾害大典》<sup>[22~24]</sup>、《中国三千年气象记录总集》<sup>[25]</sup>、《淮河和长江中下游旱涝灾害年表和旱涝规律研究》<sup>[26]</sup>、《江苏省气候历史资料》<sup>[27]</sup>和《江苏省近两千年洪涝旱潮灾害年表》<sup>[28]</sup>等。档案史料主要来自于由水利部水管司和水利水电科学研究院整编的《清代淮河流域洪涝档案史料》<sup>[29]</sup>和《清代长江流域西南国际河流洪涝档案史料》<sup>[30]</sup>。记录包括日期、地点、降水过程、各天气与灾害描述,以及灾情、灾损、救灾等项目。

### 1.2 历史重大洪涝灾害年辨识与空间范围重建

重大典型的洪涝事件是指发生范围广、影响大、程度严重的事件。

对于重大洪水频率的计算,水文学上多选用皮尔逊Ⅲ型曲线,简称 P-Ⅲ型曲线<sup>[31]</sup>。它含有 3 个统计参数:均值、变差系数和偏态系数。计算时,采用经验频率与 P-Ⅲ型曲线相拟合的方法,最后进行合理性分析<sup>[32]</sup>。但这种水文频率计算方法由于仅用到较短时间尺度的定量水文要素,往往存在较大不确定性。为了减少这种不确定性,一般通过历史洪水的调查和考证,扩大样本容量,从而提高频率计算精度<sup>[33]</sup>。其中,推算历史洪水的洪峰流量一般根据历史洪痕的分布及河段的的水文学特征选用适宜的方法<sup>[34]</sup>。但是,对于年代久远的历史洪水,洪峰流量的推算误差可想而知<sup>[35,36]</sup>。本文选择郑景云等<sup>[37]</sup>关于历史数据量化的方法,以受灾县次为统计指标,运用累积概率计算重大洪涝灾害频率。

对于重大洪涝灾害年的选取,采用 IPCC 建议的概率密度的方法,以概率密度函数小于 2% (相当于 50 年一遇)作为重大洪涝灾害年判定标准<sup>[38]</sup>。

统计 1644~1949 年各年洪涝灾害县次,得到 1644~1949 年洪涝灾害影响县次序列图(图 2),将各洪涝灾害县次按升序排列,然后计算各县次所对应的年份数的累积概率,画出县次累积概率密度曲线(图 3),据此提取出概率密度函数小于 2% 的重大洪涝灾害年份(表 1)。同时根据历史洪涝发生地的记录,利用 GIS 工具画出重大洪涝灾害年的灾害空间分布图(图 4)。

需要说明的是,在进行上述重大洪涝灾害年份重建时,鉴于历史行政变迁、地名更改,筛选记录时主要依据以下原则:

(1)不重复的原则。若记录中的行政单元对应到 2010 年,出现一个行政单元附属于另一个的,取现在行政级别大的。例如记录中同时出现“华亭县”和“松江”,仅保留“松江”的记录;“淮阴县”和“淮

安”,仅保留“淮安”的记录;“江宁县”和“南京”,仅保留“南京”的记录;“苏州府”和“吴县”,仅保留“苏州府”的记录。“德清”和“武康”,现在的武康镇属于德清县,仅保留“德清县”的记录等。

(2)记录中的地名因后来行政区划变革,不属现江浙沪地区的,则将其剔除。例如:记录中的“虹县”,清康熙十九年(1680 年),泗州城陷没于洪泽湖。乾隆 42 年(1777 年),迁泗州州治于虹县,虹县并入泗州。泗州现在安徽境内。江苏的“砀山”、“萧县”现今都在安徽境内。

(3)记录中的地名对应到现在的地级市时,可采用现在地级市市区的数据。例如:记录中淮安、南京、扬州府、苏州等,直接对应淮安市、南京市、扬州市、苏州市市区的数据。

(4)记录中多个行政单元对应现在的一个行政单元,将这些行政单元合并,取其对应的现在行政单元数据。例如:1804 年中同时出现的“甘泉”和“江都”,曾经都属扬州府,1912 年“甘泉”并入江都县,因此仅保留江都县。

### 1.3 人口、GDP 物理暴露量计算分析

承险体的物理暴露是暴露在致险要素影响范围内(或言之为受灾区域上)的承险体(如人口、房屋、农田、室内财产)数目或价值量,它是自然灾害及自然灾害风险存在的必要条件<sup>[39]</sup>。暴露是外部致灾因子与承载体本身相互作用的结果,反映暴露于自然灾害风险下的承载体数量、价值等,与致灾因子密切相关。

本文假设历史重大洪涝灾害发生在 2010 年,对重大洪涝灾害年的 GDP、人口物理暴露量进行了分析。为此,将数据库记录的历史行政单位与 2010 年的区县单位进行匹配,分别将所有历史受灾区域对应的 2010 年该区的常住人口、GDP 加和,得到人口、GDP 的物理暴露量(GDP、人口数据为 2010 年数据<sup>[40~42]</sup>)(表 2),进而画出重大洪涝灾害年份重现的 GDP、人口物理暴露量所占总量的百分比柱状图(图 5),对灾害影响进行对比分析。

## 2 结果分析

### 2.1 洪涝灾害序列分析

1644~1949 年洪涝灾害受灾县次序列显示(图 2),洪涝灾害受灾县次在 75 次以上的年份有 1823、1849、1931 年;县次在 50 次以上的有 1911、1696、1848、1755、1680、1708、1949、1889、1724、1833、

1831、1683、1804、1670 年。

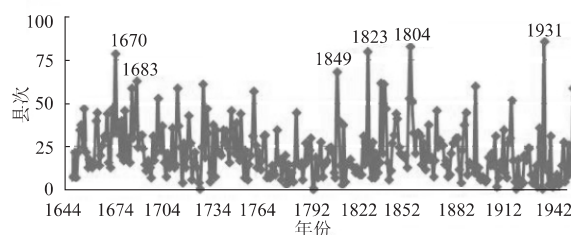


图 2 江浙沪地区 1644~1949 年洪涝灾害影响县次序列  
Fig. 2 Number of the Disastrous Counties in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai Areas During 1644—1949

根据洪涝灾害县次累积概率分布曲线(图 3),概率密度函数小于 2%(相当于 50 年一遇以上)的重大洪涝灾害年共 6 个,其中 300 年一遇(累积概率为 0.003 3)的为 1931 年,对应的县次数为 86;100~300 年一遇(累积概率为 0.01~0.003 3)的洪涝灾害年为 1823、1849 年,对应的县次数分别为 80、83;50~100 年一遇(累积概率在 0.01 和 0.02 之间)的洪涝灾害年为 1804、1683、1670 年,对应的县次数分别为 68、63、79(表 1)。

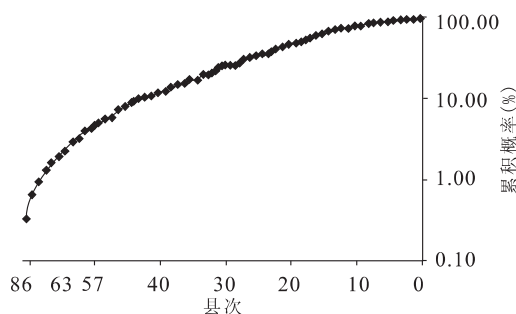


图 3 江浙沪地区 1644~1949 年洪涝灾害影响县次概率分布

Fig. 3 Probability Distribution of the Number of Disastrous Counties in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai Area During 1644—1949

表 1 江浙沪地区 1644~1949 年 50 年以上一遇重大旱涝灾害年份统计

Tab. 1 Extreme Flood Years of More than 50 Years Once in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai Area During 1644—1949

灾害类型	灾年等级	受灾县次	年份
洪涝	300 年一遇	≥86	1931
	100~300 年一遇	80~85	1849、1823
	50~100 年一遇	63~79	1670、1804、1683

### 2.2 重大洪涝灾害年的空间分布

在 6 个重大洪涝灾害年份中,受灾地区主要集中在上海大部,江苏南部且沿运河一线,浙江北部及

西部地区,即最集中于今长江三角洲地区(图 4)。上海的闵行区、松江区、青浦区在 6 次重大洪涝灾害年份中均受影响,嘉定区、宝山区在 6 次重大洪涝灾害年份中有 5 次受到灾害影响,崇明区和浦东新区有 4 次受影响;江苏的无锡、宜兴、溧阳、苏州、太仓、

常熟、昆山、高邮、兴化、南京、高淳、吴江、宝应等均受到 5 次以上的影响;浙江的嘉兴、嘉善、桐乡、海宁 6 次均受到灾害影响,杭州、湖州、德清、长兴、桐庐、临安、平湖、海盐、绍兴、诸暨、金华等地也都受到至少 4 次洪涝灾害的影响。

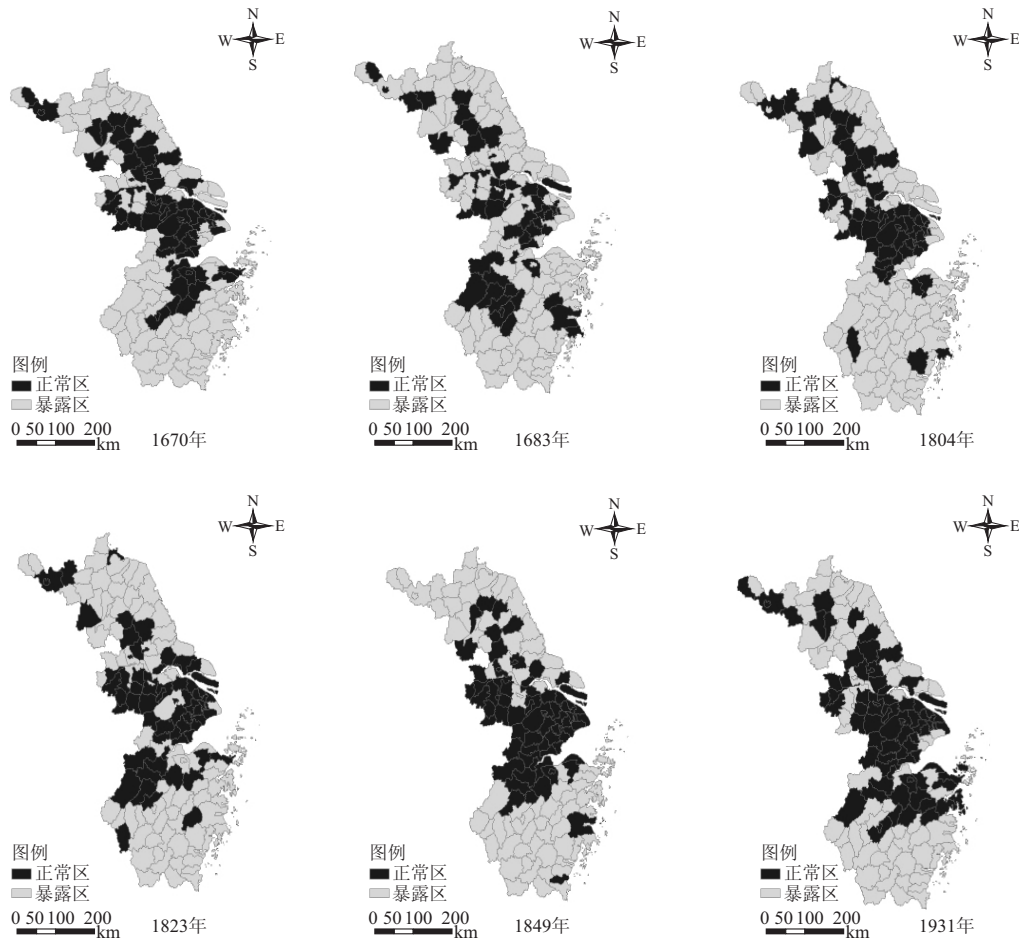


图 4 江浙沪地区重大洪涝灾害年的洪涝空间分布图

Fig. 4 Spatial Distribution of Extreme Flood Years Exposure in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai Area

### 2.3 重大洪涝灾害年情景下的人口和 GDP 物理暴露量分析

如果江浙沪地区重大洪涝灾害情景发生在 2010 年,各重大灾害洪涝年的人口物理暴露量基本均超过总量的 40%,而 GDP 物理暴露量则几乎均超过了总量的 50%以上(表 2)。

根据历史重大洪涝灾害情景下的 GDP 与人口物理暴露量百分比柱状图(图 5),6 次重大洪涝灾害对江苏的 GDP 影响最为显著,其 GDP 物理暴露量均占到总量的 60%以上;上海的 GDP 物理暴露量变化最为明显,最低不到 20%,而最多达到 70%以上,1823 年、1849 年及 1931 年情景下的上海受灾情况明显比 1670 年、1683 年、1804 年的严重;6 次情

景下,浙江的 GDP 物理暴露量变化最小,波动幅度不超过 20%。江苏省人口物理暴露量在 6 次情景中最大,且比较稳定,波动幅度不超过 20%。上海的人口物理暴露量在 6 次洪涝灾害中变化同样最为显著,最低不到 30%,最高超过 70%,尤其是 1823 年、1849 年、1931 年,其人口物理暴露量均超过总量的 60%;浙江省的人口物理暴露量相对比较稳定,6 次洪涝灾害中均在 40%上下波动,波动幅度仅为 10%。

在 1644~1949 年的 6 次重大洪涝灾害情景下,江苏省的 GDP、人口物理暴露量最大,即其遭受的损失可能最为严重;上海 GDP、人口物理暴露量在 6 次情景中波动最大,说明其对洪涝灾害的反应最为



表 2 重现的江浙沪地区重大洪涝灾害年的人口与 GDP 物理暴露量  
Tab. 2 Exposure of the GDP and Population under the Scenarios of Extreme Flood Years in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai Area

地区	人口暴露量 (万人)	人口暴露 比例(%)	GDP 暴露量 (亿元)	GDP 暴露 比例(%)
1670 年	上海 1 460.55	63.43	11 100.18	64.66
	江苏 4 574.33	58.13	31 120.28	75.12
	浙江 1 700.83	55.14	13 892.33	50.11
	总计 7 735.71	55.14	56 112.785	65.01
1683 年	上海 579.99	25.19	4 407.92	25.68
	江苏 4 217.04	53.59	28 380.72	68.51
	浙江 1 761.56	37.10	11 629.58	41.95
	总计 6 558.59	43.96	44 418.221	51.46
1804 年	上海 920.66	39.98	6 997.02	40.76
	江苏 4 165.97	52.94	25 058.91	60.49
	浙江 1 898.38	39.98	15 066.52	54.35
	总计 6 985.01	46.82	47 122.448	54.59
1823 年	上海 1 604.14	69.66	12 191.46	71.02
	江苏 4 026.15	51.16	29 944.39	72.28
	浙江 1 945.33	40.97	14 921.40	53.82
	总计 7 575.62	50.78	57 057.256	66.10
1849 年	上海 1 495.95	64.97	11 369.22	66.23
	江苏 3 585.04	45.56	26 860.09	64.84
	浙江 1 801.20	37.94	11 882.72	42.86
	总计 6 882.19	46.13	50 112.025	58.06
1931 年	上海 1 531.00	66.49	11 636.27	67.79
	江苏 4 274.96	54.32	28 815.86	69.56
	浙江 2 304.77	48.54	16 857.34	60.81
	总计 8 110.73	54.36	57 309.463	66.40

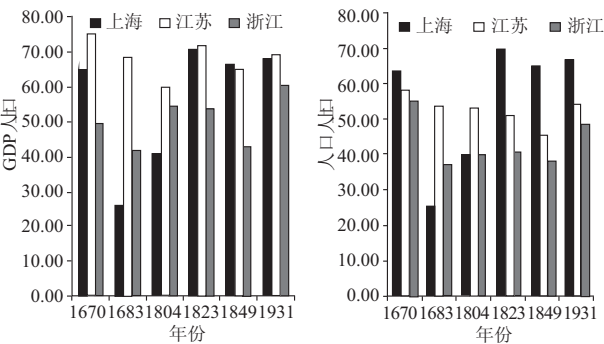


图 5 历史重大洪涝灾害情景下的 GDP 与人口物理暴露量百分比

Fig. 5 Percentage of the Exposure of GDP and Population Under the Scenarios of Historical Extreme Flood Years

敏感,尤其当洪涝灾害概率超过 100 年一遇,其受灾情况明显加剧;浙江的 GDP、人口物理暴露量在 6 次情景中相对波动最小,说明其对洪涝灾害的敏感度较低。另外,3 个省市无论是人口还是 GDP 物理

暴露量,其大小并不一定随着县次数量的增加呈增加的态势,受灾县次最多的 1931 年对应的 GDP、人口物理暴露量也都不是 6 次重大洪涝灾害年份中最大的。当然,这和各个地区的 GDP 与人口分布是有密切关系的,受灾区域如果大都集中在经济发达、人口密集的地区,即使受灾范围有限,那么根据脆弱性理论其产生的 GDP 和人口物理暴露量仍然有可能大于受灾范围更广的经济次发达、人口密度低的地区。因此,人口、GDP 物理暴露量并不一定与县次数量的多少呈典型的正相关关系。

3 结论与讨论

基于 1644~1949 年江浙沪地区历史洪涝灾害数据的县次统计分析,重建过去近 300 a 的重大洪涝灾害事件,并基于 6 次重大洪涝灾害情景,对江浙沪地区 2010 年人口、GDP 物理暴露量进行分析,得出以下结论:

(1)1644~1949 年江浙沪地区共可辨识出 6 次重大洪涝灾害年:1670、1683、1804、1823、1849、1931 年。其中 50~100 年一遇的为 1670 年、1683 年、1804 年;100~300 年一遇的为 1823 年、1849 年;300 年一遇的为 1931 年。目前,已有学者对 1823、1849、1931 年极端洪涝做过相关研究,包括重建了极端洪水的时空分布<sup>[43]</sup>,分析了大洪水对社会的影响<sup>[44]</sup>,并探讨了大洪水的发生原因<sup>[45,46]</sup>等,但很少涉及历史极端洪水的重现期问题。仅有的涉及到上述极端洪水的重现期问题,也只是一般性的认为其至少是百年一遇的,并无明确的计算方法,因此,有关历史极端洪涝的重现期问题,还需要进一步研究。

(2)重大洪涝灾害年的洪涝灾害多发生在上海大部、江苏南部、浙江北部一带,即主要集中于今长江三角洲地区。

(3)重大洪涝灾害年重现的人口物理暴露量基本超过 2010 年该区人口总量的 40%,而 GDP 物理暴露量则几乎均超过了其总量的 50%。

(4)江苏在 6 次重大洪涝灾害中,受灾最为明显;上海在 6 次重大洪涝灾害中受灾幅度波动最大,对洪涝的敏感性最大;浙江在 6 次重大洪涝灾害中受灾影响最为稳定。

(5)人口、GDP 物理暴露量并不一定与县次呈典型的正相关关系,还受区域经济、人口分布格局的影响。

本文的研究表明,一方面,对历史文献资料的整

理、分析,完全可以支撑历史重大灾害事件的重建研究;另一方面,以历史重大洪涝灾害为情景,分析现代的人口、GDP 物理暴露量,不仅在一定程度上揭示了历史灾害的风险,而且对未来的灾害预测、灾害风险评估也有积极意义。

## 参考文献:

- [1] 黄荣辉,杜振影.全球变暖背景下中国旱涝气候灾害的演变特征及趋势[J].自然杂志,2010,32(4):187-194.
- [2] 赵思健,黄崇福.情景驱动的区域自然灾害风险分析[J].自然灾害学报,2012,21(1):9-17.
- [3] 孙桂华,王善序.洪水风险分析制图实用手册[M].北京:水利电力出版社,1992.
- [4] MILETI D S. Natural hazards and disasters-disasters by design a reassessment of natural hazards in the United States [M]. Washington D C: Joseph Henry Press, 1999.
- [5] EVANS E, HALL J, PENNING-ROWSELL E, et al. Future flood risk management in the UK[J]. Proceedings of the ICE-Water Management, 2006, 159(1): 53-61.
- [6] 王艳艳,梅清,程晓陶.流域洪水风险情景分析技术简介及其应用[J].水利水电科技进展,2009,29(2):56-65.
- [7] 石英.温室效应对我国东部地区气候影响的高分辨率数值试验[J].大气科学,2008,32(5):1015-1017.
- [8] 江志红.7个IPCC AR4模式对中国地区极端降水指数模拟能力的评估及其未来情景预估[J].大气科学,2009,33(1):109-120.
- [9] 暴丽杰.基于情景的上海浦东暴雨洪涝灾害脆弱性评估[D].上海:上海师范大学硕士学位论文,2009:1-12.
- [10] 王义成,丁志雄.基于情景分析技术的太湖流域洪水风险动因与响应分析研究初探[J].中国水利水电科学研究院学报,2009,7(1):7-14.
- [11] 方修琦,陈莉,李帅.1644-2004年中国洪涝灾害主周期的变化[J].水科学进展,2007,18(5):656-660.
- [12] 水利水电科学研究院水利史研究室.清代海河滦河流域洪涝档案史料[M].北京:中华书局,1988.
- [13] 水利电力部水管司,水利水电科学研究院.清代珠江韩江流域洪涝档案史料[M].北京:中华书局,1988.
- [14] 水利电力部水管司,水利水电科学研究院.清代黄河流域洪涝档案史料[M].北京:中华书局,1993.
- [15] 史辅城,易元俊,慕平.黄河历史洪水调查、考证和研究[M].郑州:黄河水利出版社,2002.
- [16] 胡明思,骆承政.中国历史大洪水(下卷)[M].北京:中国书店,1992.
- [17] 赵会霞,郑景云,葛全胜.1755、1849年苏皖地区重大洪涝事件复原分析[J].气象科学,2004,24(4):460-466.
- [18] 潘威,王美苏,杨煜达.1823年(清道光三年)太湖以东地区大涝的环境因素[J].古地理学报,2010,12(3):364-370.
- [19] 张德二,陆龙骅.历史极端雨涝事件研究——1823年中国东部大范围雨涝[J].第四纪研究,2011,31(1):29-35.
- [20] 骆承政,乐嘉祥.中国大洪水——灾害性洪水述要[M].北京:中国书店,1996.
- [21] 龙鑫,成升魁,甄霖.水土资源对旱涝灾害的承险脆弱性研究方法探讨[J].资源科学,2010,32(5):1000-1005.
- [22] 温克刚.中国气象灾害大典浙江卷[M].北京:气象出版社,2006.
- [23] 温克刚.中国气象灾害大典上海卷[M].北京:气象出版社,2006.
- [24] 温克刚.中国气象灾害大典江苏卷[M].北京:气象出版社,2008.
- [25] 张德二.中国三千年气象记录总集[M].江苏:凤凰出版社,江苏教育出版社,2004.
- [26] 张秉伦,方兆本.淮河和长江中下游旱涝灾害年表与旱涝规律研究[M].安徽:安徽教育出版社,1997.
- [27] 江苏省气象情报资料室.江苏省气候历史资料(公元234-1975年)[M].江苏:江苏省气象,1978.
- [28] 江苏省革命委员会水利局.江苏省近两千年洪涝旱潮灾害年表[M].江苏:江苏省革命委员会水利局,1976.
- [29] 水利电力部水管司科技司,水利水电科学研究院.清代淮河流域洪涝档案史料[M].北京:中华书局,1988.
- [30] 水利电力部水管司科技司,水利水电科学研究院.清代长江流域西南国际河流洪涝档案史料[M].北京:中华书局,1991.
- [31] 张春,苟东明.直接求解P-III型分布函数的水文频率计算[J].西北水电,2010(1):10-13.
- [32] 王线朋.浅谈水文特征的频率及计算[J].河南水利,1999(1):44.
- [33] 张立杰.历史洪水对水文频率分析不确定性的影响[J].水电能源科学,2012,30(3):61-63.
- [34] 刘国锋,马景坤,郭翠芳.水文频率计算中历史洪水的处理问题[J].水利天地,2003(10):39.
- [35] 李建坤.洪水频率计算中历史洪水量级划分标准探讨[J].湖南水利,1998(6):20-21.
- [36] 王正发.历史洪水洪峰流量估算的不确定性分析[J].陕西水力发电,1992,8(1):14-17.
- [37] 郑景云,张丕远,周玉孚.利用旱涝县次建立历史时期旱涝指数序列的试验[J].地理研究,1993,12(8):1-9.
- [38] Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth assessment report: Climate change 2007: Synthesis report [M]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [39] 葛全胜,邹铭,郑景云.中国自然灾害风险综合评估初步研究[M].北京:科学出版社,2008.
- [40] 江苏省统计局.江苏省统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [41] 浙江省统计局.浙江省统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [42] 上海市统计局.上海市统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [43] 杨煜达,郑微微.1849年长江中下游大水灾的时空分布及天气气候特征[J].古地理学报,2008,10(6):657-664.
- [44] 张家诚.1823年(清道光三年)我国特大水灾及影响[J].应用气象学报,1993,4(3):379-384.
- [45] 章淹.1931年江淮异常梅雨[J].水科学进展,2007,18(1):8-16.

[46] 晏朝强,方修琦.基于《己丑被水纪文》重建 1849 年上海梅雨

期及其降水量[J]. 古地理学报,2011,13(1):96-102.

## EXPOSURE OF GDP AND POPULATION UNDER THE SCENARIOS OF HISTORICAL EXTREME FLOOD YEARS IN JIANGSU-ZHEJIANG-SHANGHAI AREA

HUANG Hong-zhu<sup>1</sup>, CUI Yu-juan<sup>1</sup>, YE Yu<sup>1,2</sup>, FANG Xiu-qi<sup>1</sup>

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory of Environment  
Change and Natural Disaster, Ministry of Education, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The research of flood disasters in history could provide analogies for better understanding the mechanism and impacts of the current and future floods. Today the research of historical flood is playing a more and more important role in the risk assessment and prediction. During the recent 300 years, there were lots of floods in China, especially in the southeast China, which can be given evidences by lots of historical documents before the instrumental meteorological observation. It can help to make sure the advantage of doing research on historical floods in China. This paper selected Jiangsu, Zhejiang, Shanghai provinces as the study area and constructed the historical floods database from 1644 to 1949AD according to historical document. The historical extreme flood years were identified according to the statistic analysis of annual floods counties. Then the paper analyzed the exposure of population and GDP of this area in 2010 under the scenarios of these historical extreme floods years without caring about the changes of the characters of hazard-affected bodies and margin of exposure. Results are as follow. (1) The worst-hit year in recent 300 years in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai area was 1931AD, and the frequency of this flood was once in 300 years, which involved about eighty-six counties. The worse-hit years were 1823 and 1849AD and their frequency were between once in 100 years and once in 300 years, which involved about eighty counties. In 1670, 1683, 1804AD, the frequency were between once in 50 years and once in 100 years, which involved about sixty to seventy counties. (2) The paper recovered the spatial distribution of these historical extreme floods through the GIS tool and statistics. It is found that disastrous areas were mainly distributed in the Yangtze River Delta Area, including Shanghai, the southern Jiangsu and northern Zhejiang. (3) It calculated the exposure of GDP and population in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai area in 2010 under the scenario of these extreme floods, it is found that if these extreme floods happened in 2010, Jiangsu-Zhejiang-Shanghai area was relatively vulnerable and suffered great losses. The percentage of GDP and population's exposure almost accounted for more than 40% of the total, especially GDP exposure had risen to 50% of the total GDP. (4) The extreme floods had different impacts in different disastrous areas. Jiangsu was relatively suffering more than others. The fluctuation of disasters impacts in Shanghai was bigger than that in Jiangsu and Zhejiang, especially when the frequency were between once in 100 years and 300 year; the exposure was obviously larger than those years that the frequency were between once in 50 years and 100 years. Shanghai should be more vulnerable and cautious about the extreme floods with frequency of once in more than 100 years. Zhejiang exposure in these extreme floods scenarios was relatively little fluctuant. Zhejiang was less sensitive to the flood than Jiangsu and Shanghai. (5) There was no significant correlation between the exposure of the population and GDP and the number of disastrous counties. Higher exposure doesn't mean larger disastrous spatial distribution, because of the economic and population's unbalanced growth.

**Key words:** Jiangsu-Zhejiang-Shanghai Areas; historical extreme flood years; exposure