

DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2009.03.001

太湖流域洪水风险动因和响应的定性分析

吴浩云¹, 梅 青¹, 王义成²

(1. 水利部太湖流域管理局防汛抗旱办公室, 上海 200434; 2. 中国水利水电科学研究院遥感技术应用中心, 北京 100044)

摘要:根据情景分析法对影响太湖流域洪水风险的动因和响应进行识别和深入描述, 对其相对重要性和不确定性进行评估和排序, 并对响应措施的可持续性进行评价. 影响太湖流域未来洪水风险的动因与响应可分为自然因素、社会经济因素及防洪体系建设 3 类. 长历时大范围梅雨、梅雨台风暴雨高潮遭遇、海平面上升等是影响太湖流域洪水风险的主要动因及响应. 气候变化及梅雨台风暴雨高潮遭遇等具有较高的不确定性. 环湖大堤加固、沿江沿海控制建筑物改造、引排水泵站建设等具有较好的可持续性.

关键词:太湖流域 洪水风险 动因 响应 定性分析

中图分类号: TV122+.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-1980(2009)03-0249-06

洪涝灾害是对我国经济社会发展及人民生命财产安全威胁最大的灾害, 具有自然与社会的双重属性. 随着经济社会的快速发展, 洪水风险区内人口与资产密度提高, 洪涝灾害损失呈增长态势. 据统计, 1990~2000 年间我国年均水灾经济损失达到 1 169 亿元, 占同期 GDP 的 2.24%. 在洪涝灾害管理方面如何实现从“洪水控制”到“洪水管理”的转变, 抑制不断增大的洪水灾害风险, 满足全社会日益提高的防洪安全保障需求, 建立与经济社会发展相适应的防洪减灾体系, 既是对防洪减灾工作的巨大挑战, 又是对政府执政能力的严峻考验.

近年来快速发展的情景分析技术通过合理的情景设计和定性定量分析相结合的方法, 能够较为深刻、全面、清晰地描述未来可能出现的状况和变动趋势, 因而在宏观战略研究领域得到了广泛应用. 2003~2004 年, 由英国科学技术办公室主持完成的“英国未来洪水前瞻研究”项目, 已成功将情景分析技术运用于描述未来 30~100 年内英国所面临的洪水与海岸侵蚀风险, 为政府核心管理层制定长远规划及调整当前防洪政策提供了科学依据. 整个项目在洪水管理战略研究思路、研究技术、模型设计等方面都取得了创新性的成果^[1]. 本文借鉴其最新技术, 运用洪水情景分析方法, 探讨了太湖流域洪涝灾害与流域经济社会可持续发展及自然气候演变的动因与响应关系, 定性分析太湖流域未来洪水风险, 揭示风险演变趋向, 为提高防洪决策的科学化水平、探索可持续的发展与减灾模式奠定基础.

1 太湖流域洪水风险动因和响应识别

1.1 动因和响应识别

为研究未来 50 年太湖流域洪水风险的变化, 作出应对未来挑战的最好抉择, 必须了解影响未来太湖流域洪水风险的可能因素, 并建立这些因素之间的动因与响应关系. 在大量资料收集、分析及专题研讨的基础上^[2-6], 对影响未来太湖流域洪水风险动因和响应进行了初步辨识和梳理, 列出了太湖流域自然与经济社会方面的洪水风险动因和响应因素, 见表 1.

1.2 动因与响应的深入描述

近年来, 太湖流域快速的经济发展和城市化给流域的防洪安全带来了许多新问题, 同时也使流域洪水风险问题的研究变得更为复杂^[4-8]. 为了更好地分析太湖流域致灾因素可能对未来洪水风险的影响, 按照各因素对洪水风险作用的性质, 将其划分为 2 类, 即动因项和响应项. 动因是指任何能够改变洪水灾害系统状况

表 1 太湖流域影响洪水风险动因与响应因素分析

Table 1 Identification of factors of flood risk drivers and responses for Taihu Basin		
动因组	动 因	可能的重要性
气候变化	降 雨	高
	海平面上升	高
	风暴潮 波 浪	程度未知 中/低
降雨-径流 关系	城 市 化	高
	地面沉降	中/高
	地表蓄水	中
	土地开垦	中
地表水 系统	河流湖泊泥沙淤积	中
	环境整治	中
海岸/ 河口形态	水库与河道的使用变化	高
	长江口淤积/侵蚀	低
防洪及 洪水管理 (响应)	海岸变化	低
	杭州湾和钱塘江	低
	新的排水通道	高
	新的排水出口	高
经济社会 (只包括 动因)	黄浦江挡潮闸	高
	标准被提高的工程/泵站/滞洪区	高
	调度规则	高
	人口迁移	高
	建筑物及内部财产	高
	城市化	高
	投 资	高
	政府政策	高
	劳动力市场	中
	交 通	低/中
	农 业	中/低
	旅 游	中
	洪水风险投资	高

的现象,诸如气候变化、城市化或者农业生产方式的变化等.响应是指能够改变洪水灾害系统的被用以减轻洪水风险的措施.动因和响应在一定条件下可相互转化,如在防洪体系建设中所采取的措施,目的是为了降低洪水风险,减少洪水灾害损失,但这些措施实际运用后,就可改变洪水灾害系统的状况,又成为影响流域洪水风险的动因,见图 1.

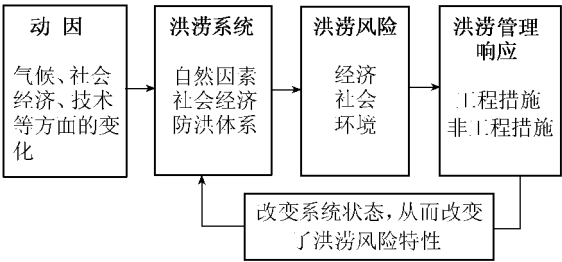


图 1 动因与响应的关系

Fig. 1 Relationship between drivers and responses

根据太湖流域洪水灾害系统特点,大致可将动因、响应划分为自然因素、防洪体系和社会经济 3 个方面.这 3 个方面的因素不仅直接影响到未来洪水风险的变化,而且又相互影响、相互制约.其中,自然因素是直接导致洪水灾害的驱动因素,其作用范围和程度的变化,在制约或促进社会经济发展的同时,也会影响到防洪体系的建设.例如随着水文数据和资料的不断积累增多,会使设计降雨、设计洪水等基础数据发生变化,从而直接影响防洪工程的设计标准和防洪效益.防洪体系的建设是控制、降低洪水风险的主要响应.通过防洪工程体系的调控和非工程措施实施,使得自然界原有的产汇流及行洪等天然属性发生变化,改变洪水风险分布,从而也促使社会经济发展模式调整.社会经济的发展则改变了洪涝灾害发生的机制,加大流域防洪的脆弱性,直接影响洪水风险的等级.社会经济发展模式一方面给全球气候、局部天气及流域下垫面条件等自然因素带来一定影响,另一方面又由于城市化进程、土地利用方式及地下水超采造成的地面沉降等原因,直接影响防洪工程效益的发挥.

1.3 洪水灾害系统概念模型

自然因素、防洪体系与社会经济 3 者所包含的各个动因与响应项之间具体相互影响、相互作用关系可参见图 2.在对影响太湖流域洪水风险的动因、响应进行描述,并对各个动因响应项的作用机制、相互之间的影响以及作用、影响的不确定性进行分析的基础上,构建了太湖流域洪水灾害系统概念模型,如图 3 所示.图 2 和图 3 中,箭头线形的粗细代表对洪水风险影响程度的大小,实线和虚线分别代表直接和间接影响,双向箭头代表 2 个因素之间相互影响,2 个平行箭头表示该项对降低洪水风险发挥作用.

1.4 动因的变化及其对洪水风险的影响

在对各种动因响应进行分析评价,并预测未来 50 年的发展趋势及可能造成的影响的基础上,对太湖流域洪水风险动因与响应重要程度进行排序,并对其不确定性进行评估,见表 2.

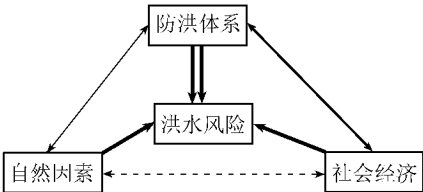


图 2 太湖流域自然因素、防洪体系和社会经济与洪水风险的关系
Fig. 2 Relationship among natural factors, flood control system, socio-economic factors, and flood risk in Taihu Basin

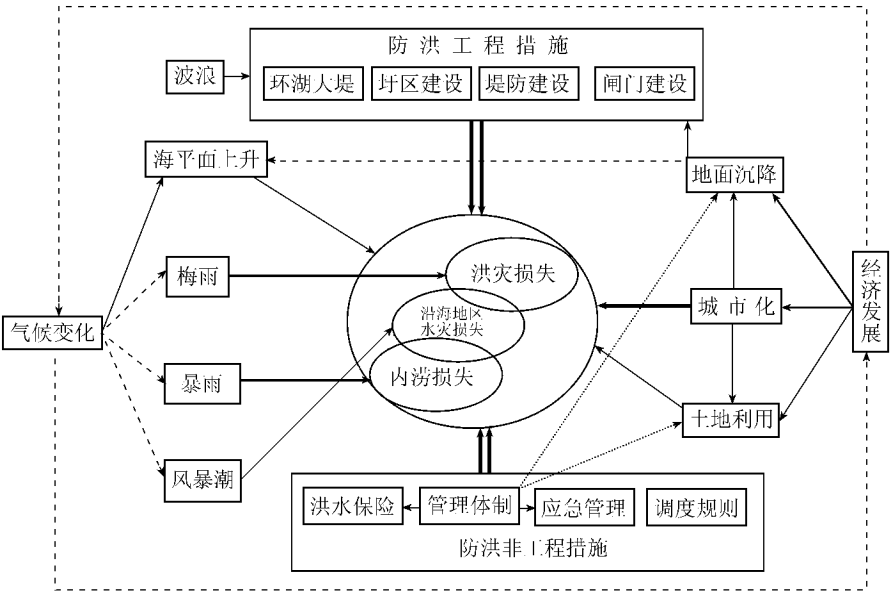


图 3 太湖流域洪水灾害系统概念模型

Fig. 3 Conceptual model of flood control system for Taihu Basin

表 2 太湖流域洪水风险动因与响应重要性及不确定性排序

Table 2 Sorting of importance and uncertainty of flood risk drivers and responses in Taihu Basin

动因/响应	重要性	不确定性	动因/响应	重要性	不确定性
长历时大范围梅雨	很高	中	利益相关者	高	低
梅雨、台风暴雨、高潮遭遇	很高	高	管理体制	高	低
海平面上升	很高	低	应急管理	高	低
台风暴雨	很高	中	黄浦江河口建闸	高	低
经济增长	很高	低	圩区建设	高	低
城 市 化	很高	低	长江口和黄浦江口治理	高	低
流域蓄泄能力	很高	低	气候变化	中	高
堤防建设	很高	低	波 浪	中	中
调度规则	很高	低	洪水保险	中	中
风 暴 潮	高	中	建筑物防洪设计规范	中	中
地面沉降	高	低	涉水建设项目	中	中
土地利用方式	高	低	投资规模与模式	中	中

2 响应的影响及其可持续性分析

要判断今天所进行的防洪和风险管理对未来 50 年洪水风险的影响积极与否,仅考虑其减轻洪水风险的效率是不够的,还必须考虑社会经济、生态环境等多方面综合效益,这就要求必须对降低洪水灾害风险的各种响应及其可持续性有更为深刻的理解和认识.在此基础上,才可为构建未来情景模式及定量分析模型提供足够的洪水风险管理信息.

为全面、准确评价各响应项的可持续效应,对同一个响应项可能采取的不同措施在可持续性方面带来的影响从有利和不利 2 个方面分别进行描述和评价.根据太湖流域防洪体系及洪水风险特点,将工程措施响应项归为流域主要蓄、防、排工程体系,重要保护区(城市)防洪、排涝工程体系,区域防洪、排涝工程体系,以及西部山区防洪工程体系 4 类.在组织专家、利益相关者、管理者等对太湖流域防洪体系的工程措施和非工程措施对降低未来洪水风险的效果及对经济社会可持续发展的影响进行深入分析、研究和探讨的基础上,对各响应可持续性指标进行综合评价,结果如表 3 及表 4 所示.

评价指标体系是基于可持续发展理念,结合太湖流域洪水风险的实际情况构建的.对某一响应的可持续性分别采用减轻风险、区域协调、经济效益、环境影响及资源利用等 5 个指标进行定量赋分评价,以综合评分作为最终评价结果.各指标按其影响程度高、中、低分别赋分为 3,2,1,符号‘+’表示有利影响,‘-’表示不

利影响,“0”表示可忽略.正负分可加减抵消,其综合分值高低直接反映可持续性的效应.各评价指标含义为:响应指能够改变洪水灾害系统的被用以减轻洪水风险的措施.减轻风险响应降低洪水风险、内涝风险的效率.区域协调指应对措施对协调各地区治水矛盾所能发挥的作用.经济效益指应对措施的成本投入所能带来的防洪效益及其他兴利效益.环境影响指应对措施对生态环境的恢复和破坏,包括对水质和生物的影响等;资源利用指应对措施有利于当地各种资源合理开发利用的情况.

表3 太湖流域防洪工程体系各响应可持续性评价

Table 3 Sustainability assessment of responses of structural measures in Taihu Basin							
响 应		评 价 指 标					综合 评分
		减轻风险	区域协调	经济效益	环境影响	资源利用	
流域主要蓄、 防、排工程体系	环湖大堤加高工程	+2	-2	-1	-1	+2	0
	环湖大堤加固工程	+2	+1	+1	0	+2	+6
	江堤加高	+1	0	+1	0	0	+2
	江堤加固	+1	+1	+1	0	0	+3
	海塘加高	+1	0	0	0	0	+1
	海塘加固	+2	0	+1	0	0	+3
	沿江、沿海 控制建筑物改造	+2	+2	+1	0	+1	+6
	引排水泵站建设	+1	+1	+1	0	+1	+4
	河道治理	+3	-2	+1	-2	+2	+2
	河口整治	+1	0	0	0	0	+1
	退田、退渔还湖	+2	-3	+1	+2	+1	+3
	增加透水面积	+1	-2	+1	+2	+1	+3
	重要保护区防洪、 排涝工程体系	城市大包围圈	+2	0	+2	-1	0
城市地下蓄排系统		+1	0	-2	0	+1	0
区域防洪、 排涝工程 体系	圩区建设	+2	-1	+2	-1	0	+2
	加高内河堤防	+1	0	+1	0	0	+2
	加固内河堤防	+1	0	+1	0	0	+2
	新开拓浚区域河道	+2	-1	+2	-1	+1	+3
	内河水闸	+2	-1	+1	-1	0	+1
西部山区 防洪工程	新建水库	+1	0	+1	-2	+1	+1
	水库除险加固	+1	0	+1	0	+1	+3

表4 太湖流域防洪非工程措施各响应可持续性评价

响 应		评 价 指 标					综 合 评分
		减轻风险	区域协调	经济效益	环境影响	资源利用	
防洪、水资源调度管理		+2	-1	+2	0	+2	+5
流域洪水风险区划		+2	-2	+2	0	0	+2
开展流域洪水保险		+1	0	+1	0	0	+2
建筑物防洪设计规范		+2	0	+2	0	0	+4
加强应急管理		+2	-1	+2	0	0	+3

评价结果表明,在太湖流域防洪工程措施中可持续响应最好的为环湖大堤加固、沿江沿海控制建筑物改造和引排水泵站建设,在防洪非工程措施中可持续性响应最好的为防洪、水资源调度管理和建筑物防洪设计规范.

3 极端和异常事件

基于动因和响应分析所选择的未来情景不可能将所有会影响太湖流域洪水风险的可能情况都纳入考虑中,特别是一些小概率极端异常事件^[9-12],而这样的事件如果发生又会对太湖流域的洪水风险产生重大影响.由于太湖流域所处的地理位置和地形地貌条件,考虑未来可能发生的影响洪水风险的极端异常事件,需要通过分析近年来相类似地区已经发生或可能会发生的极端异常事件来得到有关结论.通过分析有关资料,得到可能影响太湖流域未来洪水风险的极端事件如表5所示.

表 5 可能影响太湖流域未来洪水风险的极端事件

Table 5 Possible extreme events to affect future flood risk in Taihu Basin

极端事件	描 述	洪水风险影响
海 啸	我国东海岸强烈地震引发巨大洪水波(常称“潮波”),陨星撞击海洋等	高达百米的海浪席卷陆地造成沿岸地区和内陆大面积毁灭性淹没
超强台风	超强台风袭击太湖流域,带来巨大的风暴潮和强降雨	超强台风带来的巨大风暴潮,冲毁或漫过海塘,与台风带来的强降雨相叠加,造成沿岸地区和内陆大面积毁灭性淹没
特大暴雨	极端气候条件下发生特大暴雨,远远超过排水能力	特大暴雨,远远超过当地的防洪排涝能力,造成灾难性淹没
海平面异常升高	全球气候变暖两极冰层崩塌导致海平面异常升高	沿海岸低地永久淹没,增加流域总体洪水风险
外来植物入侵	河道和行洪道被外来或变异植物堵塞(例如日本的蓼科杂草以及已在我国生长蔓延的水葫芦等)	植物生长超出了维护和控制能力,大幅度降低泄洪量,在较小的降雨强度下,就造成大范围的淹没和内涝
环境健康	由于水生寄生虫(例如大肠杆菌)增加和污染物(特别是洪水携带的矿物废料/含铅、镉、锌的土壤)的沉积,导致与洪水有关的环境和公众健康的风险显著增加	洪水的健康风险异常增加,需要针对洪水事件提供新的和大量的保障公共健康的对策措施

4 结 语

通过对太湖流域洪水风险动因与响应进行分析,初步梳理出影响太湖流域未来洪水风险的动因与响应,并将这些动因与响应分为 3 大类:自然因素、社会经济因素、防洪体系建设.这 3 个方面对洪水风险均产生直接的影响,同时各方面又相互影响、相互制约.自然因素是导致洪水灾害发生的最根本的驱动因素,防洪体系建设是控制、降低洪水风险最主要的响应,而社会经济的发展则改变了洪涝灾害发生的机制.

影响太湖流域洪水风险的动因与响应重要性程度为很高的主要有长历时大范围梅雨、梅雨台风暴雨高潮遭遇、海平面上升、台风暴雨、经济增长、城市化、流域蓄泄能力、堤防建设、调度规则等.不确定性高的动因响应项主要是气候变化及梅雨台风暴雨高潮遭遇.通过对太湖流域防洪工程与非工程措施的响应的影响分析,得到可持续性综合评分较高的响应主要有环湖大堤加固工程、沿江沿海控制建筑物改造、引排水泵站建设、水库除险加固以及建筑物防洪设计规范及防洪、水资源调度管理等.通过分析近年来相类似地区已经发生或可能发生的极端异常事件得到太湖流域可能发生的极端异常事件主要有超强台风、特大暴雨、海平面异常升高、海啸、外来物种入侵、环境健康等 6 个方面.

太湖流域洪水风险动因和响应的定性分析为利用情景分析技术进行未来洪水风险的定量分析、揭示未来洪水风险的演变趋向奠定了基础.在动因和响应重要程度排序中,不同区域、不同部门的专家和利益相关者观点不完全一致,尚有待在实践中进一步深化认识,准确判断.

参考文献:

[1] EVANS E, ASHLEY R. Foresight future flooding of UK scientific summary :Volume I & II,office of science and technology of UK[M]. London :Published by Thomas Telford Publishing, 2004.

[2] 吴浩云,管惟庆. 1991 年太湖流域洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2000.

[3] 欧炎伦,吴浩云. 1999 年太湖流域洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001.

[4] 高俊峰,毛新伟. 太湖流域经济发展及其对洪涝的影响[J]. 湖泊科学, 2002, 14(1) :47-49.

[5] 吴浩云. 近 40 年来太湖汛情的变化与防洪对策[J]. 湖泊科学, 1998, 10(1) :37-41.

[6] 张行南,安如,张文婷. 上海市洪涝淹没风险图研究[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2005,33(3) :251-254.

[7] 黄宣伟. 太湖流域规划与综合治理[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2000.

[8] 王同生. 太湖流域防洪与水资源管理[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2006.

[9] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国自然灾害丛书:中国重大自然灾害及减灾对策[M]. 北京:科学出版社, 1993 :395-400.

[10] 陈颢,陈棋福,张尉. 中国的海啸灾害[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(2) :1-6.

[11] 王晓东,王冠军,姜付仁. 卡特里娜飓风的影响及启示[J]. 水利发展研究, 2005(12) :8-13.

[12] 刘树坤. 国外防洪减灾趋势分析[J]. 水利水电科技进展, 2000,20(1) :2-9.

Qualitative analysis of flood risk drivers and responses in Taihu Basin

WU Hao-yun¹, MEI Qing¹, WANG Yi-cheng²

(1. Taihu Basin Authority of the Ministry of Water Resources, P. R. China, Shanghai 200434, China ;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract : The determination of the relationship between future flood risk drivers and responses in Taihu Basin provides the basis for research and development of a flood risk quantitative analysis model and for the exploration of the tendency of flood risk change. According to the scenario analysis method, the flood risk drivers and responses in Taihu Basin were identified and described, their relative importance and uncertainty were assessed and sorted, and the sustainability of response measures was evaluated. The drivers and responses that affect the future flood risk in Taihu Basin can be classified into the following three factors : the natural environment, the socio-economy and the establishment of a flood control system. The results show that the main drivers and responses that affect the flood risk in Taihu Basin are the so-called plum rain with a long duration in a wide range, the meeting of the rainstorms caused by typhoons with the surges during the plum rain period, and the rise of sea level. The climate change and the meeting of the rainstorms with the surges have greater uncertainty. The enforcement of the dike around Taihu Lake, the rehabilitation of key structures along the river or the sea, and the construction of the pump stations are more sustainable.

Key words : Taihu Basin ; flood risk ; driver ; response ; qualitative analysis

·简讯·

第3届亚太国际工程计算方法学术会议暨第9届全国工程边界元、无网格等数值方法学术会议将在南京召开

数值仿真在现代工程中占有重要地位,计算机辅助工程已成为现代工程规划、设计和维护不可缺少的手段.一方面,现代计算力学研究的发展大大促进了工程结构数值仿真的准确性和计算效率,新型高性能计算方法和软件日新月异,并成功应用于各种工程仿真中,解决了大量的现代大型工程中的复杂问题.另一方面,现代大型工程中的不连续、非均匀、不确定、复杂环境、复杂荷载、复杂材料、多场耦合等关键问题依然是现代计算力学和数值仿真研究者和工程人员面临的难题.因此,加强工程计算相关领域学者和工程人员之间的深入交流与探讨,促进计算方法的进一步更新及与工程问题更紧密的结合,是十分必要的.

由中国力学学会、江苏省力学学会、北京力学学会和日本工程计算方法学会(JASCOME)主办,河海大学承办的第3届亚太国际工程计算方法学术会议暨第9届全国工程边界元、无网格等数值方法学术会议将于2009年10月18~22日在南京召开,会议预期邀请亚太地区工程计算领域代表70~100名,就工程计算领域的最新研究进展以及面临的新问题和挑战,特别是边界元法、无网格法等新型计算方法在工程中的应用、计算方法与各学科的交叉研究以及多场耦合、接触等复杂工程问题中出现的新的计算方法理论和应用的最新成果等,展开深入的交流和研讨.

会议主题为计算力学和工程数值仿真相关领域的新进展、新方法、新成就.主要议题有:(a)工程中的弹性力学、弹塑性力学、接触力学、弹性动力学、流体力学问题研究;(b)电磁场和电磁波、温度场、多场耦合问题;(c)新型数值计算方法进展(边界元法、无网格法、并行计算……);(d)工程仿真、软件应用、工程优化与控制、反问题;(e)计算机辅助工程(CAE).

会议联系人 河海大学科技处邬萱,E-mail:wx@hhu.edu.cn 电话(传真) 025-83786951.

(本刊编辑部供稿)