

DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2012.01.023

城市防洪减灾能力评价问题的探讨

严晓菊,李琼芳,蔡 涛,任锦亮,万思成

(河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要:从工程措施和非工程措施 2 个方面综述了城市防洪减灾能力评价体系的研究进展.工程措施防洪能力主要从堤防、河道、湖泊调蓄、水库调蓄、分蓄洪区、排水设施、城市基础设施承灾能力 7 个方面进行评价.非工程措施防洪能力主要从预测预报预警能力、救援与恢复能力、社会基础支持能力、灾害管理政策法规及科普宣教能力 4 个方面进行评价.对防洪减灾能力评价方法进行了探讨,认为层次分析法和模糊综合评判法是评价城市防洪减灾能力较为合适的方法.

关键词:城市防洪减灾 评价指标体系 非工程指标 评价方法

中图分类号: TU998.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2012)01-0118-05

Evaluation of urban flood control and disaster reduction capacity

YAN Xiao-ju, LI Qiong-fang, CAI Tao, REN Jin-liang, WAN Si-cheng

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: This paper provides an overview of research on the evaluation index system for urban flood control and disaster reduction capacity including the structural measures and non-structural measures for flood reduction. The structural measures for flood control were evaluated from seven aspects, including embankment construction, channel improvement, lake storage, reservoir storage, flood storage and detention, establishment of discharge facilities, and construction of urban infrastructure. The non-structural measures for flood control were evaluated on the capabilities of forecasting and early warning, rescue and recovery, social support, disaster management, policy, and science popularization. The methods for evaluation of flood control and disaster reduction are also discussed. It is concluded that the analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation methods are suitable for evaluation of urban flood control and disaster reduction capacity.

Key words: urban flood control and disaster reduction; evaluation index system; non-structural index; evaluation method

科学合理地评价城市现有的防洪减灾能力,对于制定防洪减灾对策措施,合理规划防洪排涝工程,保障城市经济社会可持续发展具有重要的作用.

目前,对如何科学评估现状防洪基础设施的防洪减灾能力,仍缺乏全面、系统的规范标准和评价方法等技术支持,有必要研究建立一套具有指导性和约束性的城市防洪减灾能力评价指标体系以及合理的评价方法,为科学评价城市防洪减灾能力提供目标依据.为此,本文从工程措施和非工程措施 2 个方面综述了城市防洪减灾能力评价体系的研究进展,并对防洪减灾能力评价方法进行了探讨.

1 城市防洪减灾能力评价的研究意义

1.1 从防洪到防洪减灾的战略转变

1998 年洪水过后,我国水利界对此次洪灾进行了深刻的反思,并充分认识到过去防洪策略的不足,认为

收稿日期:2011-05-24

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201001069,201101052)

作者简介:严晓菊(1981—),女,黑龙江佳木斯人,讲师,博士,主要从事城市防洪排涝研究.E-mail: wshxyj@126.com

人类不可能消灭洪水灾害,只能通过一系列的措施和方法来减轻洪灾造成的损失.此次洪灾促进了我国在世纪之交开始由防洪到防洪减灾的战略调整.由防洪到防洪减灾的战略调整更加注重完整的防洪体系建设,从试图完全消除洪水灾害、入海为安转变为承受适度的风险,制定合理可行的防洪标准、防御洪水方案和洪水调度方案等,并综合运用各种措施,以确保标准内防洪安全,超标准洪水把损失减少到最低限度^[1].由防洪到防洪减灾的战略转变明确表明了防洪目的性的转移,同时也导致了治理途径的扩展.

1.2 城市防洪减灾能力评价的重要性

城市大多是国家和地区的政治、文化、经济中心和重要的交通枢纽,在整个国民经济中具有举足轻重的作用,一旦遭受洪涝灾害,所造成的损失和危害较其他地区更为严重,而且会在一段时间严重影响当地城市的经济发展和社会进程^[2],故城市防洪历来是防洪的重点.当前中国的城市防洪现状还远不能适应城市经济发展的需要,而且随着城市的发展,城市防洪问题越来越突出.

只有通过对城市防洪减灾能力的科学评估,才能够找出城市防洪减灾能力的薄弱环节,为制定防洪减灾对策、优化调整防洪排涝工程措施和防汛安全调度方案提供科学依据,为保障城市防汛安全、减轻灾害损失发挥重要作用.

1.3 城市防洪减灾能力评价的特点

城市洪水灾害可分为如下几种:江河两岸城市由于洪水泛滥、决堤或上游大坝溃决所遭受的洪灾;沿海城市由于风暴潮、海啸所造成的海洋灾害;沿湖城市由于湖水高涨排水受阻而造成的内涝灾害;暴雨强度超过城市排水能力所造成的城市内涝及山地城市经常遇到的山洪、泥石流、降雨滑坡、崩崖等灾害^[3].

由此可见,不同地理条件的城市形成城市洪水的原因有所不同,因此在进行城市防洪减灾能力评价时,评价指标体系中评价指标的选取应该与该城市洪水的成因有所对应,即不同城市的评价指标体系应有所不同.

2 防洪减灾能力评价指标体系的探索

防洪减灾能力可分为工程措施防洪能力和非工程措施防洪能力 2 种,其中工程措施是防洪减灾的基础,而非工程措施是工程设施充分发挥兴利除害的保障手段.对于防洪减灾能力,可以通过所建立的层次结构模型来进行评价.这种层次结构模型应以防洪减灾能力作为层次模型的总目标层,将工程措施防洪能力和非工程措施防洪能力作为 1 级评价指标.

2.1 工程措施防洪能力评价指标体系

可通过 7 个指标来评价城市工程措施防洪能力^[4-7].这 7 个指标分别为堤防防洪能力、河道泄洪能力、湖泊调蓄能力、水库调蓄能力、分蓄洪区分洪能力、排水设施防涝能力和城市基础设施承灾能力.将以上 7 个指标作为城市工程措施防洪能力这个 1 级指标所对应的 2 级指标.

2.1.1 堤防防洪能力

堤防防洪能力是沿江、沿海城市最基本的工程措施防洪能力,可通过以下 3 级指标来进行评价:防洪堤坝长度比例(堤坝长度占河流总长度的比例),反映堤防的普及率;堤防达标率,反映堤防质量;堤防保护人口比例(堤防保护人口占总人口的比例),反映堤防对人的保护能力;防洪岁修投资,反映防洪工程维护情况.

对于沿海城市,需要考虑防潮堤的防潮能力,其堤防防洪能力 3 级评价指标包括:防潮堤坝长度比例(海堤长度占海岸线总长度的比例),反映海堤普及率;海堤满足所在区域防潮标准的比例,反映海堤防洪等级;海堤达标率,反映海堤质量.

2.1.2 河道泄洪能力

通过河道整治,可保护堤防安全、扩大河道泄洪能力.河道泄洪能力可通过河道疏泄能力来进行评价.

2.1.3 湖泊调蓄能力

城市内湖泊对洪水具有一定的调蓄能力,湖泊调蓄能力可通过反映湖泊生态情况和湖泊调蓄能力的水面保持率来进行评价.

2.1.4 水库调蓄能力

水库对削减洪峰发挥了重要作用,水库调蓄能力可通过以下 3 级指标来进行评价:单位耕地面积水库库容(各水库库容总和与耕地面积的比值),反映水库调蓄能力;水库除险加固达标座数与总座数的比例,反映

水库防洪能力的可靠程度.

2.1.5 分蓄洪区分洪能力

分蓄洪区是防洪减灾系统的重要组成部分,其防洪减灾能力可通过以下3级指标来进行评价.蓄洪面积与蓄洪量之比,反映分蓄洪区的蓄洪能力.安全台面积与人口之比,反映分蓄洪区的安全转移能力.

2.1.6 排水设施防涝能力

排水设施防涝能力是城市排除雨水、防止内涝的重要工程措施防洪能力,可通过以下3级指标来进行评价.城市排水除涝泵站比例(各区泵站数量占泵站总数的比例),反映泵站除涝能力.城市建筑面积中透水面积的比例,反映城市下垫面对径流系数及径流形态的影响.雨污分流管道长度占总管道长度的比例,反映排水管道的排涝能力.

2.1.7 城市基础设施承灾能力

城市基础设施承灾能力是指城市基础设施对于灾害的承受能力,可通过以下3级指标来进行评价.钢混房屋比例(钢混房屋面积占住宅总面积的比例),反映房屋的承灾能力.接头处设置防雨罩的线路长度占传输线总长度的比例,反映通信系统、供电系统防洪性能.按防洪标准加固的供水和供气管道长度分别占管道总长度的比例,反映供水系统防洪性能和供气系统防洪性能.

2.2 非工程措施防洪能力评价指标体系

李广杰^[8]认为,提高城市防洪减灾的非工程措施防洪能力应从6个方面着手:一是加快防汛指挥系统的建设,提高防汛通信和防洪调度的现代化、自动化程度;二是制定操作性强的防洪预案,修订洪水调度方案;三是研究制定洪水保险办法,尽快推行洪水保险;四是政府各部门要加强宏观调控职能,加强法制建设,建立健全配套法规和政策,提高防洪减灾的管理水平;五是加强防汛专业抢险队伍建设,积极筹措资金并组建防汛专业抢险队,提高防汛抢险的专业化突击能力;六是加强对全社会以《防洪法》为主的宣传教育,提高广大人民群众的洪患意识和自救自救能力.

冯智瑶^[9]在以上非工程措施的基础上又提出了实行城市集雨流域区(包括洪泛区)土地管理,编制洪水风险图,建立洪水预警、预报制度,加强水土保持工作的非工程措施.

胡俊锋等^[4]建立了较为系统的防洪减灾能力评价指标体系,其中非工程措施防洪减灾能力评价指标包括监测预警能力、抢险救灾能力、社会基础支持能力、科普宣教能力、科技支撑能力和灾害管理能力.

由于城市非工程措施防洪减灾能力主要表现在预测预报预警能力,救援与恢复能力,社会基础支持能力,灾害管理、政策法规及科普宣教能力这4个方面,因此,可以将以上4个指标作为非工程措施防洪减灾能力这个1级指标所对应的2级指标.

2.2.1 预测预报预警能力

预测预报预警能力是指对洪灾发生提供准确信息的能力,可以通过以下3级指标来进行评价.气象台网密度(气象站数量与区域面积的比值),反映监测能力.水文站网密度(水文站数量与区域面积的比值),反映监测能力.预报准确度,反映预报能力.预报提前率,反映预报能力.人均通讯工具(通讯工具数量与人口数的比值),反映预警能力.媒体通报能力(从接到准确预报后至向公众报道的平均时间),反映预警能力.

2.2.2 救援与恢复能力

救援与恢复能力是指为抢险救灾提供物资、装备、应急通讯以及进行社会动员等方面的能力,可以通过以下3级指标来进行评价.防汛专业抢险队比例(防汛专业抢险队人数占抢险队人数的比例),反映救援能力.储备物质总量(区域范围内储备的用于抢险救灾的物资量之和),反映物资保障能力.储备物资种类(生活、救援、医疗等储备物资品种数量),反映物资保障能力.物资储备库密度(储备救灾物资的仓库数量与区域面积的比值),反映物资保障能力.救灾资金比例(可用救灾资金占GDP的比例),反映资金保障能力.交通通达度(铁路和公路总里程与区域面积的比值),反映交通运输能力.单位面积运输工具数(可用于运输的汽车、飞机数量与区域面积的比值),反映交通运输能力.医疗站密度(医疗站的数量与区域面积的比值),反映医疗救护能力.人均病床(病床总数与人口数的比值),反映医疗救护能力.公益慈善机构密度(公益慈善机构数量与区域面积的比值),反映社会动员能力.志愿者比例(志愿者数量占总人口数的百分比),反映社会动员能力.社会动员机制(政府在灾后组织的动员社会各界人事投入救援行动的会议、通告等的次数),反映社会动员能力.

2.2.3 社会基础支持能力

社会基础支持能力是指为防洪减灾提供人力、财力、资源、环境等方面支持的能力,可以通过以下 3 级指标来进行评价:劳动比例(劳力总数占总人口数的百分比),反映人力支持能力;人均收入(区域总收入与人口数量的比值),反映财力支持能力;人均储蓄额(区域储蓄额与人口数量的比值),反映财力支持能力;人均粮食产量(粮食产量与人口数的比值),反映资源支持能力;人均水资源量(水资源总量与人口数的比值),反映资源支持能力;防洪植被覆盖率(区域内森林和草地覆盖面积占总面积的比例),反映环境支持能力;防洪科研经费比例(用于防洪科学研究的经费占总科研经费的比例),反映科技支持能力;防洪科研人员比例(从事防洪科学研究的人员数量占科研人员总数的比例),反映科技支持能力。

2.2.4 灾害管理、政策法规及科普宣教能力

灾害管理、政策法规及科普宣教能力是指以政府部门为主体为防洪减灾提供管理、政策保障以及普及防洪知识的能力,可以通过以下 3 级指标来进行评价:洪灾管理机构密度(从事洪灾管理的机构总量与区域面积的比值),反映灾害管理能力;洪水保险投保人数比例,反映灾害政策法规的保障能力;防洪应急预案比例(已建立的与防洪相关的应急预案数量占各项应急预案总数的比例),反映灾害政策法规的保障能力;防洪规划政策比例(已制定的与防洪相关的规划政策数量占各项规划政策总数的百分比),反映灾害政策法规的保障能力;防洪教育时间比例(与防洪相关的教育时间占应急教育时间的比例),反映防洪科普宣传教育能力。

3 防洪减灾能力评价方法的探索

层次分析法是一种无结构的多准则决策方法,该方法将定性分析和定量分析相结合,把人们的思维过程层次化和数量化,在目标结构复杂且缺乏必要数据的情况下尤为实用。该方法自 20 世纪 70 年代美国运筹学家 Saaty 提出以来,实际应用发展很快,被广泛应用于复杂系统的分析与决策,特别适用于那些难于完全通过定量进行分析的复杂问题。胡俊锋等^[4]运用层次分析法,结合专家意见,将定量分析与定性分析相结合,以淮河流域 37 个县及市辖区为研究对象,对其防洪减灾能力进行了评价。该研究成果对加强我国综合防灾减灾能力建设具有重要的理论和现实意义。

但是,层次分析法在构造判断矩阵时没有考虑到人的判断的模糊性,同时在一致性检验时过于复杂。如果把模糊数学的方法引入层次分析法判断矩阵构造中,可以在充分考虑个人判断模糊性的基础上使判断矩阵的构造更加合理,同时可避免一致性检验这一步骤。这种将模糊数学方法引入层次分析法判断矩阵构造中的方法称为三角模糊数层次分析法。吴婷婷等^[10]在对城市防洪工程进行后评价研究时,采用三角模糊数层次分析法计算指标的权重值,增强了后评价的科学合理性。因此,也可以采用三角模糊数层次分析法进行城市防洪减灾能力评价。

对于城市防洪减灾能力评价这种复杂系统的分析与决策问题,模糊综合评判法和多层次灰色评价法也比较适用。

王建华^[11]利用模糊综合评判法对湖州市洪水灾害进行了风险评价,评价结果为今后制定防洪规划、合理配置防洪减灾力量提供了依据。模糊综合评判法是一种以模糊推理为主的定性与定量相结合、精确与非精确相统一的分析评价方法。该方法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体的评价。该方法具有结果清晰、系统性强的特点,能较好地解决模糊的、难以量化的问题以及各种非确定性问题,但其评价结果具有主观性。

刘红等^[12]采用多层次灰色评价法对城市防洪工程进行了后评价。具体评价步骤是:在专家评分的基础上,应用灰色评价原理,采用白化权函数,将一系列分散信息进行定量化处理。通过单值化处理对各指标进行评价,在此基础上得出综合评价结果。

城市防洪减灾能力的目标结构较为复杂,应通过层次结构模型来描述,而层次分析法、三角模糊数层次分析法、模糊综合评判法和多层次灰色评价法都比较适合于层次结构模型的评价和分析,因此,可考虑采用这些方法来评价城市防洪减灾能力。

4 结 语

目前,城市防洪减灾能力评价的实际案例较少,并且不同地理条件的城市防洪减灾能力评价各有特点,

因此应该首先针对不同地理条件特点的代表性城市分别进行防洪减灾能力评价,进而建立一套完善的防洪减灾能力指标评价体系以及评价方法,为其他类似地理条件城市的防洪减灾能力评估发挥科技支撑和引领示范作用。

参考文献:

- [1] 汪恕诚. 中国防洪减灾的新策略[J]. 水利规划与设计, 2003(1): 1-2. (WANG Shu-cheng. New strategy for flood control and disaster reduction in China[J]. Water Resources Planning and Design, 2003(1): 1-2. (in Chinese))
- [2] 夏岑岭. 城市防洪理论与实践[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2001: 20.
- [3] 刘树坤. 我国的城市防洪问题[J]. 水利规划与设计, 1994(3): 16-18. (LIU Shu-kun. City flood control and management in China[J]. Water Resources Planning and Design, 1994(3): 16-18. (in Chinese))
- [4] 胡俊锋, 杨佩国, 杨月巧, 等. 防洪减灾能力评价指标体系和评价方法研究[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(3): 82-87. (HU Jun-feng, YANG Pei-guo, YANG Yue-qiao, et al. Study on evaluation index system and method for flood control and disaster reduction capacity[J]. Journal of Natural Disasters, 2010, 19(3): 82-87. (in Chinese))
- [5] 梅亚东, 洪卫, 王新才, 等. 长江中游防洪减灾系统可持续性评价研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 579-582. (MEI Ya-dong, HONG Wei, WANG Xin-cai, et al. Evaluation on sustainability of flood control and hazard mitigation systems in the middle reach of the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2002, 11(6): 579-582. (in Chinese))
- [6] 邓朝贤, 金菊良, 王宗志, 等. 基于模糊四元联系数的防洪工程体系安全综合评价模型[J]. 灾害学, 2008, 23(3): 41-43. (DENG Chao-xian, JIN Ju-liang, WANG Zong-zhi, et al. Fuzzy Four-element connection number based security evaluation model for flood control engineering system[J]. Journal of Catastrophology, 2008, 23(3): 41-43. (in Chinese))
- [7] 白音包力皋, 丁志雄. 日本城市防洪减灾综合措施及发展动态[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(3): 82-86. (BAIYINBAO Li-gao, DING Zhi-xiong. Integrated measures for urban flood control and disaster mitigation in Japan and their developments[J]. Advances in Science and Technology of Water Resource, 2006, 26(3): 82-86. (in Chinese))
- [8] 李广杰. 21 世纪秦皇岛市防洪减灾及对策[J]. 河北水利水电技术, 2001(5): 3-5. (LI Guang-jie. Flood control and disaster reduction response in 21st century Qinhuangdao[J]. Hebei Water Resources and Hydropower Engineering, 2001(5): 3-5. (in Chinese))
- [9] 冯智瑶. 沿海城市防洪减灾系统的总体功能设计[J]. 人民珠江, 1998(4): 41-44. (FENG Zhi-yao. General functioning design of flood control and disaster reduction system in coastal city[J]. Pearl River, 1998(4): 41-44. (in Chinese))
- [10] 吴婷婷, 方国华. 基于三角模糊数层次分析法的城市防洪工程后评价研究[J]. 水利经济, 2010, 28(4): 11-14. (WU Ting-ting, FANG Guo-hua. Post evaluation of urban flood control projects by use of analytic hierarchy process based on triangular fuzzy number[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2010, 28(4): 11-14. (in Chinese))
- [11] 王建华. 基于模糊综合评判法的洪水灾害风险评估[J]. 水利科技与经济, 2009, 15(4): 338-340. (WANG Jian-hua. Risk evaluation on flood disaster based on the fuzzy comprehensive assessment method[J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2009, 15(4): 338-340. (in Chinese))
- [12] 刘红, 吴婷婷, 方国华. 多层次灰色评价法在城市防洪工程后评价中的应用[J]. 水利经济, 2010, 28(3): 5-8. (LIU Hong, WU Ting-ting, FANG Guo-hua. Application of multi-level grey evaluation method in post evaluation of urban flood control projects[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2010, 28(3): 5-8. (in Chinese))