

洪水风险图研究综述

张 峰^{1,2}, 雷晓辉², 蒋云钟², 白建锋^{1,2}

(1. 东华大学环境科学与工程学院, 上海 201620; 2. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100038)

摘要 详细阐述了洪水风险图国内外研究进展, 总结了国内洪水风险图在基础资料收集、制作软件系统、风险图信息表达及应用对象等方面存在的问题, 最后针对相关问题从加强基础数据库建设、开发通用的洪水风险图制作软件系统、扩大应用对象研究、与洪水预报和防洪调度耦合研究、新技术在洪水风险图中的应用研究以及开展对洪水风险图的后期评价等方面对国内洪水风险图研究方向进行了展望。

关键词 洪水风险 洪水风险图 防洪非工程措施 综述

中图分类号: TV122+.9

文献标志码: A

文章编号: 1006-7647(2012)S1-0081-04

随着防洪理念由“洪水控制”向“洪水管理”的转变, 防洪非工程措施已成为治理洪水的重要手段。洪水风险图是一项重要的防洪非工程措施, 也是开展洪水风险管理的重要基础工作之一。洪水风险图是直观反映某一区域洪水淹没范围、淹没水深等信息的专题地图^[1], 其在制定防洪区土地利用规划、建设防洪工程、辅助防洪调度决策、部署防汛抢险方案、加强水行政主管部门依法行政、实施洪水保险和增强全民防洪减灾意识等方面有着非常重要的意义^[2]。地理信息系统(GIS)等信息技术的发展为洪水风险图的编制提供了技术支撑, 其在洪水淹没范围的确定、辅助建立洪水模型、空间地理数据的集成、构造地理分析单元和系统集成及防洪信息发布等方面发挥着重要作用^[3]。

1 洪水风险图国内外研究进展

1.1 国外研究进展

在国外, 洪水风险图研究工作开始比较早。美国是最早开展洪水风险图的国家, 从 20 世纪 60 年代就开始洪水风险图的编制, 主要用于洪水保险^[4]; 1968 年, 美国政府颁布了《国家洪水保险法》, 确定了绘制洪水风险图是洪泛区平原管理和洪水保险的基础^[5]; 到 2003 年, 已经制作了 9 万多张洪水风险图, 覆盖了约 39 万 km² 的地域^[6]。日本从 20 世纪 80 年开始洪水风险图研究与绘制, 截止到 2005 年,

全国共 520 个市街村对风险图进行了发布, 洪水风险图的编制也已纳入《防汛法》中^[7-9]。2000 年, 英国环境局首次在国际互联网上发布了洪泛区示意图, 英格兰和威尔士新的洪水风险图已经于 2004 年发布在国际互联网上, 并且每 3 个月更新一次^[10]。通过借鉴美国的经验, 德国、法国、挪威、韩国、菲律宾等国也进行了洪水风险图的编制。

在洪水风险图制作方面, 国外进行了大量的研究与实践。Todini^[11]介绍了一种集洪水风险图、洪水预报和洪水风险管理于一体的洪水决策支持系统 FLOODSS (flood operational DSS), 并将其应用在意大利马格拉河的洪水风险图制作。Islam 等^[12-13]利用 GIS 软件处理原始地形数据, 使洪水风险信息以网格信息的形式进行发布, 弥补了纸质洪水风险图信息的局限性。Dewan 等^[14]考虑了土地覆盖、高程等因素对洪水频率和水深的影响, 利用遥感和地理信息系统技术绘制了孟加拉国达卡的洪水风险图。Fernández 等^[15]提出了一种利用基于 GIS 的多准则决策分析技术 MCDA (multicriteria decision analysis) 构建城市洪水风险模型, 并将其成功应用于阿根廷 Yerba Buena 和 Tucumán 城市洪水风险图的制作。Merwade 等^[16-18]也开展了相关研究工作。

在洪水风险图制作软件方面, 国外也已开发了通用的相关软件。其中, 以 MIKE11^[19], HEC^[20], Delft3D-Flow^[21]应用最为广泛。MIKE11 系列软件包

是由丹麦 DHI 公司开发的水动力学模块,已包含专门洪水风险图制作集成工具,其功能强大,界面友好,扩充性好;HEC 软件组是由美国陆军工程师团研发的水文水力分析软件,该软件组提供了和 ArcGIS 的交换模块,可方便实现数据转换^[22];Delft3D-Flow 是由荷兰 Delft 大学开发的一个水动力学模块,可以用来进行二维洪水模拟,其计算性能稳定,计算结果科学可靠。

1.2 国内研究进展

从 20 世纪 80 年代,国内便开始了洪水风险图的研究工作。1997 年,在国家防汛抗旱总指挥部办公室主持下,开展了七大江河的洪水风险图绘制工作,下发了《洪水风险图制作纲要(试行)》^[23];2004 年,国家防汛抗旱总指挥部办公室组织完成了《洪水风险图编制导则(试行)》;2005—2006 年,国家防汛抗旱总指挥部办公室又下发了相关通知,部署了全国洪水风险图编制试点工作;2007 年,在七大流域中,淮河流域洪水风险图编制试点成果第一个通过了国家防汛抗旱总指挥部办公室组织的技术审查^[24];2010 年,水利部发布了《洪水风险图编制导则》,这也标志着国内洪水风险图编制工作真正进入快速发展时期。经过 20 多年的研究与实践,国内在洪水风险图理论研究与实践探索方面取得了丰硕的成果。

1.2.1 理论研究方面

20 世纪 80 年代,在淮河干流的濠洼蓄洪区便开展了洪水风险分析研究工作^[25]。张旭等^[26]结合国内基本国情对中外洪水风险图绘制目的与形式进行了对比,探讨了国内拟推广的洪水风险图形式,即城镇洪水风险图、蓄滞洪区洪涝灾害风险图、流域洪水风险图和溃坝洪水风险图。曹东等^[27]对洪水风险图的分类和制作方法进行了介绍,并分析了洪水风险图在防洪减灾、灾情评估中的作用。程晓陶^[28]在总结国内外风险图制作经验教训的基础上,从宏观与技术两个层次探讨了洪水风险图编制工作的基本思路。张葆蔚等^[29]在分析国内洪水风险图制作现状和存在问题基础上,对洪水风险图软件制作平台进行了探讨,提出了要从规范建设和制作软件开发两个方面建设软件平台。类似的研究还有很多^[30-32]。此外,为学习和借鉴国外经验,国内学者对国外洪水风险图也进行了相关研究^[33-34]。

1.2.2 实践探索方面

1984 年,中国水利水电科学研究院与海河水利委员会合作进行了永定河洪泛区洪水演进计算和分析,绘制了国内第一张洪水风险图^[35]。李娜等^[36-37]基于洪水保险的需求,制作了上海市洪水风险图,利

用 GIS 开发了洪水风险信息查询系统,随后,模拟计算了上海市城区因防汛墙溃决或城市暴雨可能发生的受淹和积水情况,据此绘制了洪水风险图。郑敬伟等^[38]选择二维水动力学方法进行洪水淹没计算,结合杜家台蓄滞洪区土地利用状况,进行了灾情分析和损失评估,在 GIS 平台上完成了 16 张杜家台蓄滞洪区洪水风险图的绘制工作。王军等^[39]利用水文学方法、水库溃坝洪水计算模型及二维水力学数学模型分别对水库库区洪水风险和水库溃坝洪水风险进行分析,利用 ArcGIS 实现了水库洪水风险图的自动编制,并将该方法应用于江苏省石梁河水库洪水风险图的编制。刘鹏等^[40]提出了一种基于 HEC 软件组进行洪水风险图制作的方法,利用此软件组和 ArcGIS 的接口实现了数据的统一管理,在此基础上,构建了基于 B/S 架构体系的洪水风险图信息发布系统,实现了洪水风险图信息的有效发布。

2 国内洪水风险图存在的主要问题

尽管国内的相关研究机构开展洪水风险图的研究工作也较早,并取得了一定研究成果,但在全国范围内开展洪水风险图编制工作还处在试验阶段,真正在实践中发挥作用的并不多,仍然存在着不少问题。

a. 基础资料分散,不完备。洪水风险图编制过程中,需要丰富的基础资料,包括基础地图、设计洪水资料、历史洪水资料、防洪工程资料、影响洪水水力特性的构筑物资料、洪水灾害资料等。但这些资料往往分散在相关不同部门,给资料的收集造成一定的困难,另外,基础资料的缺失也给数值模拟与验证带来了困难^[41-42]。

b. 缺乏通用的洪水风险图制作软件系统。现有软件系统存在的主要问题是兼容性差、实用性不强、精度不足、表现力不够等^[43]。目前研究的洪水风险图制作软件系统大部分只针对某一区域具体类型的风险图进行制作,当扩展到其它区域相同类型的洪水风险图编制时,软件系统就会受到限制。此外,在同一软件系统中往往不能实现不同类型的风险图编制。

c. 洪水风险图信息表达不完整,风格迥异。洪水风险图,尤其是蓄滞洪区风险图应有河流水系、地形、行政区划、防洪工程、道路及相关构筑物、主要居民点分布、避险设施、避难场所、转移路线等信息,但大部分研究缺乏避险设施、避难场所、转移路线及洪灾损失分析等信息。另外,洪水风险信息如淹没范围、淹没水深的颜色表现不一致,风险图管理系统风格迥异,同一区域不同制作方法的洪水风险图缺乏

对比性。

d. 洪水风险图应用对象较狭窄。目前,国内洪水风险图主要应用在各级防汛指挥机构的防汛应急管理、水利规划部门的防洪排涝工程规划等方面,应用对象较狭窄。基于洪水风险图的洪水保险的研究尚处在理论研究阶段^[44-45],还没有像国外那样真正应用到实践。

3 研究展望

针对国内洪水风险图存在的主要问题,今后应从以下几方面进行研究:

a. 共享基础数据,加强基础数据库的建设。基础资料是否完备会直接影响到风险图成果的可信度。针对基础资料分散、不完备的问题,相关主管部门应加强收集基础数据,推进基础数据库的建设,实现基础数据的共享,为洪水风险图在实际中的使用提供数据支持。

b. 加强对洪水风险分析方法的研究。洪水风险图研究的难点是洪水风险分析的方法及计算条件的合理设定,以及针对不同应用对象的需求对风险因子的筛选和提炼,而河道、蓄滞洪区洪水演进计算的难点在于对洪水运动的连续方程和多方向洪水遭遇所产生的相互影响^[46]。因此,在现有计算机水平下,针对不同情况的洪水和复杂的地形,寻找一种即满足计算精度和计算效率,又能更灵活地进行洪水计算和行洪控制的分析方法是十分必要的。

c. 开发通用的洪水风险图制作软件系统。针对目前风险图制作软件系统的缺陷,开发一套国内通用的软件系统是十分必要的。通用的软件系统除满足科学性、经济性、操作简便性等外,还应具有实用性、可扩展性、兼容性等特点,实现相同类型洪水风险图的扩展以及同一软件系统中不同类型洪水风险图的编制。

d. 洪水风险图编制应严格遵循相关技术标准、规范和条例,扩大洪水风险图应用对象研究。为使洪水风险图具有科学性、合理性、实用性及表达信息的完整性,在今后的风险图制作工作中,应按照新法发布的《洪水风险图编制导则》及其细则中规定的洪水风险图规范标准进行各种洪水风险图的编制。通过借鉴国外的经验,加强洪水保险研究,适时开展试验工作,面向社会公众,扩大应用研究对象,充分发挥洪水风险图的防洪减灾作用,将洪灾损失降到最低。

e. 与洪水预报和防洪调度耦合研究。目前的洪水风险图管理系统都是在风险分析的基础上进行的计算,缺少雨情、工情、水情等监测和预报功能。

因此,将洪水风险图与实时洪水预报及防洪调度系统耦合以提高洪水风险图辅助实时防洪减灾决策的能力将成为今后的一个研究方向^[47-48]。

f. 遥感、激光雷达、可视化等技术在洪水风险图的应用研究。利用遥感影像可以区分淹没区和非淹没区,确定水体边界等^[49];激光雷达数据构成的三角网高程值可以用不同颜色表示不同高度的水位,能够提高风险图的精度^[50];应用可视化技术可以实现洪水风险信息的三维可视化^[51]。在今后风险图的制作过程中,遥感、激光雷达、可视化等新技术将发挥越来越重要的作用。

g. 开展对洪水风险图的后期评价。编制的洪水风险图是否科学合理,只有在实践中才能得以检验。因此,为使洪水风险图真正起到防洪减灾的作用,应开展对洪水风险图的后期评价。通过在实际中应用,针对出现的问题对风险图进行相应修改,使其更接近实际。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 洪水风险图编制导则[S]. 北京:中国水利水电出版社,2010.
- [2] 顾晓蓉. 大黄堡蓄滞洪区风险管理系统设计[D]. 天津:天津大学,2010.
- [3] 林毅. 河道、滞洪区洪水演进数值模拟与风险评估的研究[D]. 天津:天津大学,2007.
- [4] WHITE G F. Nonstructural floodplain management study: overview[R]. Washington D. C.:U. S. Water Resources Council,1979.
- [5] 朱绛. 美国的洪泛平原管理[J]. 灾害学,2002,17(4):83-86.
- [6] Federal Emergency Management Agency. Guidelines and specifications for flood hazard mapping partners[S]. New York:Federal Emergency Management Agency,2003.
- [7] 马建明,许静,朱云枫,等. 国外洪水风险图编制综述[J]. 中国水利,2005(17):29-31.
- [8] Ministry of Land,Infrastructure and Transport. Flood hazard map manual for technology transfer[R]. Tokyo:Ministry of Land,Infrastructure and Transport,2003.
- [9] 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.
- [10] ROOKE D. 英格兰和威尔士的洪水风险管理策略[J]. 中国水利,2005(20):49-51.
- [11] TODINI E. An operational decision support system for flood risk mapping forecasting and management[J]. Urban Water,1999(1):131-143.
- [12] ISLAM M D, SADO K. Development of flood maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS[J]. Hydrological Sciences Journal,2000,45(3):337-355.
- [13] TWUMASI Y A, ASOMANI-BOATENG R. Raymond. Mapping

- seasonal hazards for flood management in Accra ,Ghana using GIS[C]//International Geoscience and Remote Sensing Symposium(IGARSS). Now york :Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc 2002 2874-2876.
- [14] DEWAN A M ,ISLAM M M. Evaluating flood hazard for land-use planning in greater dhaka of bangladesh using remote sensing and GIS techniques[J]. Water Resour Manage ,2007 (21) :1601-1612.
- [15] FERNÁNDEZ D S ,A. LUTZ M. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province , Argentina , using GIS and multicriteria decision analysis[J]. Engineering Geology 2010 ,111 :90-98.
- [16] MERWADE V ,COOK A ,COONROD J. GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping[J]. Environmental Modelling & Software 2008(23) :1300-1311.
- [17] LOAN T K ,UMITSU M. Micro-landform classification and flood hazard assessment of the Thu Bon alluvial plain ,central Vietnam via an integrated method utilizing remotely sensed data[J]. Applied Geography 2011 ,31 :1082-1093.
- [18] HAGEN E ,SHRODER J F ,LU X X , et al ,et al. Reverse engineered flood hazard mapping in Afghanistan : a parsimonious flood map model for developing countries[J]. Quaternary International 2010 226 :82-91.
- [19] Danish Hydraulic Institute. MIKE11 User Manual[M]. Denmark :DHI 2009.
- [20] GRAY W B ,CEIWR-HEC. HEC-RAS v4.1 users manual [M]. Davis :Hydrologic Engineering Center 2010.
- [21] Delft Hydraulics. Delft3D-FLOW user manual[M]. Delft , Netherland :Deltares 2006.
- [22] TATE E ,Maidment D. Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS[R]. Aulin ,Texas :The University of Texas at Austin J. J. Pickle Research Campus ,1999.
- [23] 张旭 ,姚文广 ,谭徐明.《洪水风险图编制导则》编订经过及主要说明[J].中国水利 2005(17) 36-37.
- [24] 邱沛炯.淮河流域洪水风险图编制的实践与体会[J].中国防汛抗旱 2007(3) 42-43.
- [25] 夏成宁.淮河蓄滞洪区洪水风险分析的认识[J].中国水利 2005(17) 22-24.
- [26] 张旭 ,万群志 ,程晓陶 ,等.关于全国推广洪水风险图的认识与设想[J].自然灾害学报 ,1997 (4) 61-67.
- [27] 曹东 ,金东春.洪水风险图及其作用[J].东北水利水电 , 1998(8) 8-10.
- [28] 程晓陶.我国推进洪水风险图绘制工作基本思路的探讨[C]//中国水利学会 2005 学术年会论文集.北京 :中国水利学会 2005 311-315.
- [29] 张葆蔚 ,李昌志 ,黄金池.洪水风险图制作平台建设浅议[J].中国防汛抗旱 2007(2) 35-37.
- [30] 王义成 ,陆吉康.我国洪水风险图编制技术标准化的探讨[J].中国水利水电科学研究院学报 2006 (1) 8-14.
- [31] 曹永强 ,黄林显 ,苗迪 ,等.我国洪水风险图绘制方法研究[J].人民黄河 2008 30(8) 6-7.
- [32] 向立云 ,徐宪彪.洪水风险图编制规划方法探讨[J].中国防汛抗旱 2010(3) 56-59.
- [33] 李娜 ,向立云 ,程晓陶.国外洪水风险图制作比较及对我国洪水风险图制作的建议[J].水利发展研究 ,2005 (6) 28-32.
- [34] 王义成.日本综合防洪减灾对策及洪水风险图制作[J].中国水利 2005(17) 32-35.
- [35] 向立云.关于我国洪水风险图编制工作的思考[J].中国水利 2005(17) :14-16.
- [36] 李娜 ,程晓陶 ,苑希民 ,等.上海市洪水风险图制作及洪水风险信息查询系统的开发[J].水利发展研究 2002 2 (12) 48-49.
- [37] 李娜 ,程晓陶 ,邱绍伟.上海市城区洪水风险图制作[J].中国防汛抗旱 2009(6) 38-41.
- [38] 郑敬伟 ,王艳艳 ,孙德威.杜家台蓄滞洪区洪水风险图编制[J].中国防汛抗旱 2010(5) 64-67.
- [39] 王军 ,梁忠民 ,施晔.基于 GIS 的水库洪水风险图编制[J].河海大学学报 :自然科学版 2010 38(1) 20-25.
- [40] 刘鹏 ,张万昌.基于 WebGIS 的流域洪水风险图信息发布系统[J].计算机与数字工程 2008 36(7) :134-136.
- [41] 王炜.二维洪水数值模拟在太浦河洪水风险图编制中的应用[D].上海 :同济大学 2008.
- [42] 廖鸿志 ,王威.长江流域洪水风险图编制试点工作进程[J].人民长江 2008 39(13) 31-37.
- [43] 杜国志 ,李开杰.洪水风险图有关问题探析[J].中国水利 2006(5) 33-36.
- [44] 胡玉贵 ,方国华 ,刘宏业.我国实施洪水保险初探[J].水电能源科学 2004 22(3) 44-46.
- [45] 王海.我国洪水保险政策需求浅析[J].水利发展研究 , 2010(8) 37-40.
- [46] 李大鸣 ,林毅 ,徐亚男 ,等.河道、蓄滞区洪水演进数学模型[J].天津大学学报 2009 42(1) 47-55.
- [47] 杨洪林 ,胡艳.基于 GIS 的太湖流域洪水风险图信息管理系统设计[J].中国防汛抗旱 2007(3) 22-25.
- [48] 王静.基于 GIS 的区域洪水风险图研究[D].南京 :河海大学 2007.
- [49] 陈鹏霄.基于 GIS 和遥感数据的洪水风险分析[J].水利水电快报 2008 29(8) :15-21.
- [50] COOK A ,MERWADE V. Effect of topographic data ,geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping[J]. Journal of Hydrology 2009 377 :131-142.
- [51] 张秋敏.基于 OpenGL 的洪水风险信息三维可视化研究[D].大连 :大连理工大学 2010.

(收稿日期 2011-07-07 编辑 熊水斌)