

1988 – 2017 年城市水文灾害风险评估研究进展

李星苇¹, 孙桂丽², 龙泓宇³, 郑夏明², 王立², 王含露²

(1. 江苏大学管理学院, 江苏 镇江 212013; 2. 新疆农业大学林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052;
3. 西南石油大学土木工程与建筑学院, 成都 610500)

摘要:人与自然是生命共同体。科学地认识城市水文灾害并利用科学技术方法对其进行预测、评估、治理,也是对待生命共同体的和谐共生法则。城市水文灾害是影响城市生态的灾害之一,制约着城市的生态、经济和社会效益,对其进行风险评估是制定防灾减灾政策的重要依据。以城市水文灾害风险为研究对象,通过对国内外文献的梳理,揭示出水文灾害风险评估的研究热点。归纳出干旱灾害、洪水灾害、霜冻灾害、雪灾、冰雹灾害等五种常见城市水文灾害的形成机理均受到孕灾环境、致灾体、承灾体、防灾减灾能力等四个因子的共同作用。最后,构建了城市水文灾害的风险管理路径。

关键词:研究进展;风险评估;水文灾害;防灾减灾

中图分类号:X43

文献标志码:A

引言

风险为某人或某事的价值将受到不利影响的几率^[1]。风险评估研究广泛受到社会科学与自然科学研究人员的关注,研究成果覆盖于灾害防治^[2-3]、金融与保险^[4-5]、建筑施工^[6-7]、交通运输^[8-9]、食品安全^[10-11]等领域。

城市水文灾害是影响城市生态的灾害之一,制约着城市的生态效益、经济效益和社会效益。近几十年来,在全球气候变暖的大背景下,城市灾害发生的频次和灾情规模都在迅速增长,其中以干旱灾害、融雪洪水灾害、暴雨洪水灾害、冰川湖突发洪水灾害、冰雹灾害、霜冻灾害、雪灾以及由此引发的泥石流灾害为代表的区域气象水文灾害尤为严重。这一趋势引起了国际社会的高度重视,为此制定、实施了一系列防灾减灾计划。气候变

化会导致天气和极端气候的频率、强度、空间范围、持续时间发生变化,并可能导致前所未有的极端现象,同时也对人类和生态系统产生重大影响。

为了减少灾害风险,全球和地方社会或社区需要评估天气和气候事件^[12]。在多年实践的基础上,人们认识到提高水文灾害风险管理及预警能力,是减轻水文灾害不利影响的重要非工程性手段,而水文灾害风险管理的核心内容是水文灾害风险评估,它是制定防灾减灾政策和应急预案的重要依据。

在世界许多地区,干旱灾害和洪水灾害的频次、规模和时空分布都呈现上升趋势,给当地的环境、经济和社会造成损失^[13]。近年来,世界范围内发生的大多数灾害都是由洪水造成的,影响到近二十五亿人,其中大多数生活在亚洲^[14]。洪水灾害风险评估领域也是各种水

收稿日期:2018-03-20

基金项目:国家自然科学基金项目(41361093)

作者简介:李星苇(1990-),男,四川营山人,博士生,主要从事环境与绿色发展方面的研究,(E-mail)2111710001@stmail.ujs.edu.cn

通信作者:孙桂丽(1979-),女,河南兰考人,副教授,博士,主要从事生态风险与灾害评估方面的研究,(E-mail)sxfgl@126.com

文灾害风险研究成果最为丰富的领域。

我国各地受干旱灾害、洪水灾害、冰雹灾害、霜冻灾害、雪灾等主要水文灾害影响的地区不在少数,这些灾害在制约城市的生态效益和经济效益和社会效益的同时,也受到学者们的研究和重视。

利用中国知网期刊高级检索功能分别进行检索全文包含“干旱灾害”、“冰雹灾害”、“洪水灾害”、“霜冻灾害”、“雪灾”的文献,并勾选全部期刊,为了解近 30 年的研究趋势,将检索时间设置为 1988-2017 年,得到检索结果如图 1(a)所示。从检索结果中可以发现我国科研工作者自 1988 年以来对于城市水文灾害的研究一直都没有停止过,且研究热点呈现出持续上升趋势。尤其是 2008 年期间发表相关文献数达到最高值,是迄今为止发表城市水文灾害相关文献最多的一年。2009-2017 年期间发表的城市水文灾害相关文献在数量上虽然相对于 2008 年略有下降,但是在此期间各年度发表的相关文献在数量上明显超过 1988-2007 年期间各年度的。

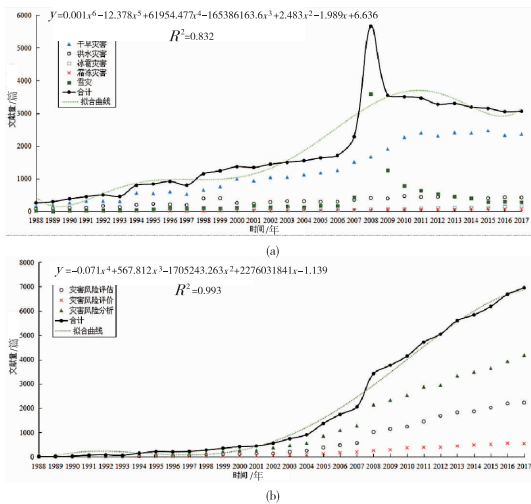


图 1 近 30 年城市水文灾害风险评估相关文献发表趋势

同样的方法,利用中国知网上期刊高级检索功能分别进行检索全文包含“灾害风险评估”、“灾害风险评价”、“灾害分析”的文献,并勾选全部期刊,为了解近 30 年的研究趋势,将检索时间设置为 1988-2017 年,得到检索结果如图 1(b)所示。从检索结果中可以发现,我国科研工作者自 1988 年以来对于灾害风险评估(评价)的研究一直都没有停止过,且研究热点呈现出持续上升趋势;尤其是 2008-2017 年期间,各年发表在期刊上的相关文献数均超过 4000 篇。这足以说明近年来城市水

文灾害风险评估研究受到我国学者的高度关注。

1 灾害风险评估研究起源与背景

国外关于灾害风险评估的研究开始于 20 世纪 70 年代^[15],大量研究成果为灾害风险研究人员提供了许多可以参考的经验。时至今日,灾害风险问题已成为当前乃至未来重要的科学前沿问题之一。

20 世纪 80 年代开始,全球范围内开始对防灾减灾类课题进行应用型研究。自国际风险协会成立于 1981 年以来,越来越多的人开始了灾害风险分析以及风险管理、政策的研究工作^[16]。1987 年,第 42 届联合国大会向全世界宣告:将 20 世纪 90 年代定义为“国际减灾 10 年”,在此期间制定并实施了一系列减灾计划,如制定国家级的防灾、备灾计划,建立全球性、区域性的预警系统等^[17]。随着“减灾 10 年计划”的完成,联合国在防灾政策上有了新的转变,提出通过减轻灾害风险来构建一个更安全的世界。到了 20 世纪 90 年代,防灾减灾类课题研究朝着综合型发展。1994 年,联合国第一届国际减灾大会通过横滨战略,提出了风险评估是制定成功的减灾政策和措施的必要步骤^[18]。进入 21 世纪,联合国在 2005 年召开的第二届国际减灾大会上通过了《神户宣言》,指出应该把减轻灾害风险放在重要的位置,并且大会还通过了《兵库行动框架》,提出灾害风险的确定、评估、观测和早期预警是该框架的重点领域之一^[19]。

习近平在党的十九大报告中提出加快生态文明体制改革、建设美丽中国,指出人与自然是生命共同体^[20]。生态兴则文明兴,从根本上扭转我国生态环境恶化的趋势是我国当前建设生态文明城市、坚持绿色发展的必然选择^[21]。而科学的认识城市水文灾害并利用科学技术方法对其进行预测、评估、治理,是正确对待生命共同体的共生法则。2018 年国务院机构进行改革,新组建的应急管理部将原国家各部委的灾害防治职责整合^[22],体现了新时代背景下国家对于灾害防治与应急管理的政策支持达到了空前重视的程度。

2 国内外研究方法

2.1 国外研究方法

近几十年来,水文灾害对地方、国家、区域以及全球

的影响越来越大。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第四次评估报告显示,全球气候变暖已成为不争的事实。气候变暖导致以水文灾害为主的气象灾害事件频频发生,洪水、干旱、暴风雪以及冰冻等极端天气事件变得更加普遍、频繁以及剧烈^[23]。

国外关于灾害风险评估的研究中,灾害风险辨识、评价、监测与预警被列为未来10年减灾研究中的5个优先领域之一^[24]。科学家们总结出的灾害风险评估方法有很多种类,包括概率与统计法、灾害风险评估指数法、综合评价法、基于信息扩散理论的风险评价法、基于气象-作物产量分析的灾害风险评估法、基于GIS的风险评价与区划法、模糊聚类风险区划方法等。

2.1.1 概率与统计法

Yamano等人研究了雪灾的概率风险评估,利用日本历史雪灾资料,建立了雪灾评估方法以及除雪途径的失效概率模型,对研究区雪灾风险进行了评估^[25]。为分析干旱灾害的概率,Wu等人引入了气候区划的概率干旱指数和干旱风险区划的干旱指数的概念以及概率干旱和干旱指数频率的估算方法,研究发现干旱灾害风险区划能够提供丰富的干旱灾害概率信息^[26]。

2.1.2 灾害风险评估指数法

Yang等人采用自校正、Palmer干旱严重度指数和Copula方法对研究区的干旱综合风险进行了评价^[27]。Kim等人提出了一个基于数据的干旱灾害和脆弱性框架,为量化干旱风险,该研究提出了基于降水指数和干旱灾害脆弱性指数的干旱灾害风险指数,以反映干旱灾害的社会经济后果,并利用水文、气象和社会经济数据绘制了韩国229个行政区的干旱灾害风险地图^[28]。

2.1.3 综合评价法

Weerasinghe等人采用综合评价法研究了位于斯里兰卡某地的洪水风险评估,发现用于确定综合洪水风险等级的方法的实质是灾害风险和脆弱性的统计表达^[29]。Wei等人以历史雪灾资料作为脆弱性评估的空间权重,建立了基于指标的脆弱性评估模型和指标体系,将雪灾风险、牲畜业对灾害的敏感性、身体对灾害的暴露程度和社区适应雪灾的能力结合在一起,形成综合指标,并对雪灾的脆弱性进行了综合评价^[30]。

2.1.4 基于信息扩散理论的风险评价法

Zhong等人将有限样本观测数据转化为模糊集,提出了自然灾害风险评估的定量分析模型。该研究根据研究区粮食历史种植面积资料,运用信息扩散理论计算了各县粮食生产自然灾害风险的概率^[31]。Huang等人基于信息扩散技术,构建了联合概率分布和易损性曲面,并通过洪水和地震综合风险的实案例,阐释了采用该方法来评估灾害风险的过程^[32]。

2.1.5 基于气象-作物产量分析的灾害风险评估法

Zhang等人利用作物产量-气候分析和回归分析,量化分析了玉米产量波动与气象灾害的关系,并根据作物损失历史资料对干旱灾害进行了评价^[33]。Jia等人利用研究区历史气象资料和历年的玉米产量资料,构建了玉米干旱风险评估模型(考虑危险性、暴露性、脆弱性与防灾能力因子),并对研究区干旱灾害风险进行了评价^[34]。

2.1.6 基于GIS的风险评价与区划法

为了对位于西非莫诺河下游流域的洪水灾害风险进行评估,Ntajal等人将基于地理信息系统技术(Geographic Information System, GIS)和基于指标的洪水风险评估技术相结合,对洪涝灾害风险区划进行了评估^[35]。为了研究区灾害风险、了解与GIS技术有关的灾害和风险,Edirisooriya等人根据从斯里兰卡政府部门收集的数据确定了极端降雨、洪水水位、与灾害有关的死亡和损失,编制了灾害清单图、灾害脆弱性图和灾害风险图^[36]。Liu等人建立了一种风险评估模型,将遥感数据和GIS技术用于沿海重点对象和沿海土地利用的分类提取识别,以此来进行风暴潮灾害易损性评价^[37]。

2.1.7 模糊聚类风险区划方法

Jiang等人采用模糊综合评判、简单模糊分类和模糊相似法对马来西亚克兰丹洪水灾害风险进行了评价。对洪泛区、水稻区、市区、居民区、避难地等验证数据进行叠加,验证和分析了洪水灾害风险评估方法的准确性^[38]。

有学者研究表明,除了考虑风险评估和管理的实际问题,对于风险的感知以及沟通也可以增强灾害风险区域人群的防灾抗灾能力^[39]。洪水灾害是世界范围内最严重的水文灾害,也是国外水文灾害研究人员研究成果

最多的领域。据国际红十字会与红新月会对 1990 - 2001 年期间的世界灾害的统计,除死亡人口外(干旱与饥荒居第一位),在发生次数、受灾人口、直接经济损失等方面,洪水灾害在所有水文灾害中占第一位^[40]。

通过综述近年来的大量研究,可以看出国际社会高度重视防灾减灾战略。同时,在防灾减灾的工作重点上也有所转变,从早期物理上的硬件投入逐渐转向重视制度化的灾害风险管理领域^[41]。而作为水文灾害风险管理和控制的最重要组成部分,水文灾害风险评估是人类社会预防自然灾害,降低和减轻水文灾害风险基础性研究^[42]。

2.2 国内研究方法

我国地处东亚季风区,受地理位置、地貌及气候特征等因素影响,已成为世界上水文灾害频发的国家之一^[43]。目前,国内主要刊载灾害风险类的学术期刊种类非常多,主要分布在管理学、地理学、气象学、生态学等学科中,说明灾害风险类研究属于交叉学科的研究,因此灾害风险评估需要人们了解多学科的知识。

按研究方法划分,国内学者对水文灾害的风险评估主要采用了基于指标体系的灾害风险评估方法^[44]、基于历史灾情数据的灾害风险评估方法^[45]、基于遥感和 GIS 技术的灾害风险评估方法^[46]、基于情景分析的灾害风险评估方法^[47-48]、基于参与式地理信息系统 (Participatory Geographic Information System, PGIS) 风险评估方法等方法^[49-50]。陈亚宁等采用模糊马尔可夫链状预测法对灾害进行了预测^[51],徐海量采用模糊聚类分析对洪水灾害等级进行了划分^[52]。黄玉洁等针对非寿险精算学中的自然灾害风险模型、异类风险组合的保险定价问题提出了自然灾害连续型风险模型的矩、自然灾害离散型风险模型^[53]。

3 研究述评与展望

学者对于水文灾害风险评估相关研究可以按照灾害类型、研究视角的不同进行分类。按灾害类型划分,国内学者对于水文灾害风险评估主要集中在干旱灾害^[54-56]、洪水灾害^[57-58]、冰雹灾害^[59-60]、霜冻灾害^[61-62]、雪灾^[63-64]等领域。按研究视角划分,国内学者分别以危险性为视角^[65-66]、以脆弱性为视角^[67-68]对灾害风险进行

过系统研究,也从社会易损性角度对其进行过系统研究^[69-71]。

突发 (Burst) 用突现率表示,指的是在某段时间内关键词等出现频次激增的现象。美国德雷塞尔大学 (Drexel University) 课题组 Chen 等人研究指出,研究前沿可定义为:特定领域内一组突发的概念或者研究问题^[72]。为了厘清 1988 年 - 2017 年城市水文灾害风险评估类文献的研究热点演化趋势,采用 CiteSpace 软件的突发性检测功能对检索到的文献数据进行处理,得到城市水文灾害风险评估类文献的前沿术语,如表 1 所示。

表 1 城市水文灾害风险评估文献前沿术语

突现起止年份	突现率/%	突现关键词
1988 - 1998	9.14	牧区
1990 - 2007	54.59	洪水灾害
1996 - 2001	5.41	青藏高原
2002 - 2003	5.31	地理信息系统
2010 - 2015	18.44	风险区划
2011 - 2017	24.703	雷电灾害
2011 - 2014	7.378	自然灾害
2011 - 2017	16.739	冰雹灾害
2011 - 2017	71.229	灾害风险评估
2012 - 2017	22.194	风险评价
2013 - 2015	6.214	洪涝灾害
2014 - 2017	5.1959	气象灾害
2015 - 2017	7.777	地质灾害
2015 - 2017	6.427	风险分析

由表 1 可知,由 1988 - 1998 年、1996 - 2001 年、1990 - 2007 年突现关键词分别为牧区、青藏高原、洪水灾害,表明在早期研究中,学者们的关注点在牧区与青藏高原的洪水灾害风险评估方面。随着社会经济的演化发展与继续深入研究,2002 - 2003 年突现关键词为地理信息系统,表明学者们开始认识到采用 GIS 技术对城市水文灾害风险评估具有很重要的价值;2010 - 2015 年突现关键词为风险区划,表明学者们在这一时期对于城市水文灾害风险评估的研究主要以风险区划为主。进入到 2011 - 2017 年,突现关键词为雷电灾害、自然灾害、冰雹灾害、灾害风险评估、风险评价、洪涝灾害、气象灾害、地质灾害、风险分析,表明在这个阶段的学者们不但比较重视水文灾害本身的风险评估,同时也对由水文灾害引发的次生灾害开始重视;另外,在这一时期,随着

研究城市水文灾害风险评估的研究团队愈来愈多,对城市水文灾害的研究也呈现出风险评估、风险评价与风险分析并存的现象。

综上所述,国内外学者关于城市水文灾害风险评估的研究主要有以下特征:

(1)研究方法多样性。国外学者集中在灾害风险辨识、评价、监测与预警等领域,研究方法采用概率与统计法、灾害风险评价指数法、综合评价法、基于信息扩散理论的风险评价法、基于气象-作物产量分析的灾害风险评价法、基于GIS的风险评价与区划法、模糊聚类风险区划方法等。国内学者主要集中在脆弱性、社会易损性等角度,涉及干旱、洪灾、雹灾、冻灾、雪灾等水文灾害领域,主要采用了基于指标体系的灾害风险评估方法、基于历史灾情数据的灾害风险评估方法、基于遥感和GIS技术的灾害风险评估方法、基于情景分析的灾害风险评估方法、基于参与式地理信息系统风险评估方法等方法。

(2)研究主题复杂性。从1988-2017年的文献来看,近30年以来学者们对城市水文灾害风险评估的研究背景源于农牧业,研究方法从地理信息系统、风险区划技术逐步演化为以风险评估、风险评价、风险分析为主,研究对象从灾害本身逐步演化为综合考虑灾害本身与由灾害引发的次生灾害。

(3)研究热度持续性。学者们关于城市水文灾害风险评估的研究热度在持续增长中,并且每发展到一定时间段便会有较大的进展。

尽管目前的有关研究主要以定量研究占据主导地位,但是作为科学研究重要类别之一的定性研究也应得到学者们的重视。因此,未来学者们可以在充分总结自然科学定量研究的基础上,从社会科学的角度对由城市水文灾害引发的次生灾害后果进行定性分析。

4 启示

通过对国内外研究现状分析,在厘清了城市水文灾害风险评估的研究背景、起源、方法、特征,并展望了未来的研究趋势以后,发现学者们普遍认可城市水文灾害的形成机理均受到孕灾环境、致灾体、承灾体、防灾减灾能力等四个因子的共同作用,如图2所示,故可以从致

灾体危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性、防灾减灾能力这几个方面进行水文灾害风险评估。旱灾、洪灾、冻灾、雪灾、雹灾等五种常见城市水文灾害的风险管理内容均需要通过灾害风险评估、灾害风险感知、政府对于灾害风险的管理决策来完成,风险管理路径如图3所示。

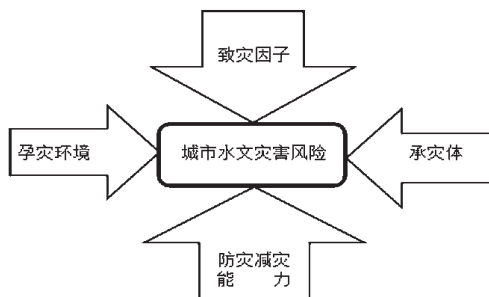


图2 城市水文灾害形成机理

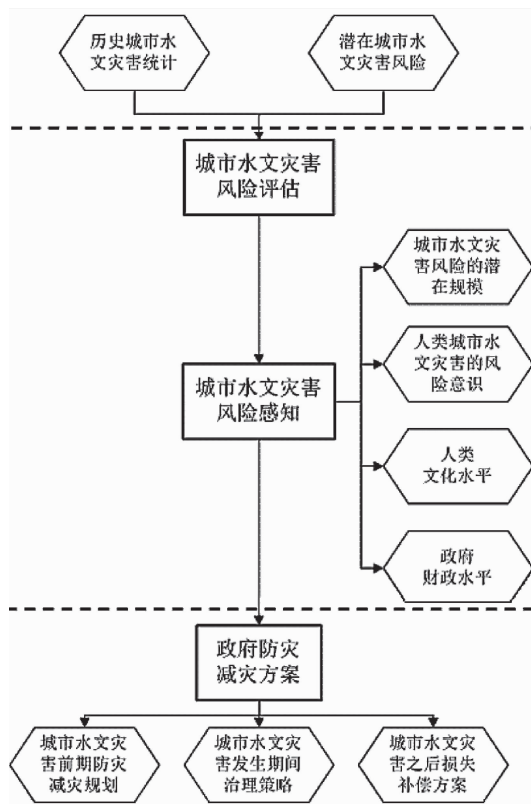


图3 城市水文灾害风险管理路径

通过对五种常见的城市水文灾害风险的评价指标选择及管理内容初步分析,总结如下:

(1)水文气象与水文气象灾害并非完全一致。对水文气象进行科学的管理,可以造福于人类社会。而对于水文气象灾害,也需要科学管理,通过对其历史灾情的

把控以及未来发生可能预测等风险管理手段,是完全可以防御、削减灾害损失的。

(2)干旱灾害、洪水灾害、霜冻灾害、雪灾、冰雹灾害等五种常见城市水文灾害的形成机理均受到孕灾环境、致灾体、承灾体、防灾减灾能力等四个因子的共同作用,可从致灾体危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性、防灾减灾能力这几个方面进行水文灾害风险评估。

(3)干旱灾害、洪水灾害、霜冻灾害、雪灾、冰雹灾害等五种常见城市水文灾害的风险管理内容均需要通过灾害风险评估、灾害风险感知、政府对于灾害风险的管理决策来完成。相关部门在未来进行城市水文灾害风险管理时,可以采用此路径,这具有较好的实践意义。

5 结 语

人们的生活环境面临着许多灾害风险,尤其是以干旱灾害、洪水灾害、冰雹灾害、霜冻灾害、雪灾等为主的水文灾害风险。波及范围广、造成的损失大、影响程度深是水文灾害风险的主要特征,由于这些特征均与人们的生活环境息息相关,因此,水文灾害在近年来一直是国内外科研工作者最为持续密切的关注热点之一,也是生态可持续发展面临的最严重的问题之一,还是制约经济可持续发展、社会可持续发展的影响因子之一。

在全球气候变化影响下,近年来因城市水文灾害所造成的直接经济损失呈指数上升趋势^[73]。对城市水文灾害风险进行评估,是进行城市水文灾害风险管理及决策的重要科学依据,对加强城市水文灾害预警起到非常重要的作用,利于在一定程度上采取措施来规避城市水文灾害风险。因此,城市水文灾害风险评估不仅在理论研究上,还是在减轻城市水文灾害损失的实践中都具有重要意义。

参 考 文 献:

- [1] WOODRUFF J M. Consequence and likelihood in risk estimation: A matter of balance in UK health and safety risk assessment practice[J]. *Safety Science*, 2005, 43(5): 345-353.
- [2] BATTARRA M, BALCIK B, XU H. Disaster preparedness using risk-assessment methods from earthquake engineering[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 269(2): 423-435.
- [3] LIU Q, RUAN C, ZHONG S, et al. Risk assessment of storm surge disaster based on numerical models and remote sensing[J]. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 2018, 68: 20-30.
- [4] KUMAR L, JINDAL A, VELAGA N R. Financial risk assessment and modelling of PPP based Indian highway infrastructure projects[J]. *Transport Policy*, 2017, 62: 2-11.
- [5] ECKERT J, GATZERT N, MARTIN M. Valuation and risk assessment of participating life insurance in the presence of credit risk[J]. *Insurance Mathematics & Economics*, 2016, 71: 382-393.
- [6] AMINBAKHSH S, GUNDUZ M, SONMEZ R. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects[J]. *Journal of Safety Research*, 2013, 46(3): 99-105.
- [7] FORTEZA F J, CARRETERO GÓMEZ J M, SESÉ A. Effects of organizational complexity and resources on construction site risk[J]. *Journal of Safety Research*, 2017, 111(21): 185-198.
- [8] SHEW C, PANDE A, NUWORSOO C. Transferability and robustness of real-time freeway crash risk assessment[J]. *Journal of Safety Research*, 2013, 46(9): 83-90.
- [9] SHI L, HAN Y, HUANG H, et al. Analysis of pedestrian-to-ground impact injury risk in vehicle-to-pedestrian collisions based on rotation angles[J]. *Journal of Safety Research*, 2018, 64: 37-47.
- [10] RACICOT M, ZANABRIA R, PARADIS M, et al. Identification of risk factors to be considered for food establishments' risk assessment models[J]. *Microbial Risk Analysis*, 2018. DOI: 10.1016/j.mran.2018.01.004.
- [11] JACXSENS L, UYTTENDAELE M, MEULENAER B D. Challenges in risk assessment: quantitative risk assessment[J]. *Procedia Food Science*, 2016, 6: 23-30.
- [12] WATANABE T, CULLMANN J, PATHAK C S, et al. Management of climatic extremes with focus on

- floods and droughts in agriculture [J]. *Irrigation & Drainage*,2018,67:29-42.
- [13] BALDASSARRE G D, MONTANARI A, LINS H, et al. Flood fatalities in Africa: From diagnosis to mitigation[J]. *Geophysical Research Letters*,2010,37(22): 707-716.
- [14] ZHOU Y, LIU Y, WU W, et al. Integrated risk assessment of multi-hazards in China [J]. *Natural Hazards Journal of the International Society for the Prevention & Mitigation of Natural Hazards*,2015,78(1):257-280.
- [15] 王国华, 缪启龙, 宋健, 等. 杭州市气象灾害风险区划 [M]. 北京: 气象出版社, 2012: 17-18.
- [16] 顾林生. 国外减灾政策的动态研究 [J]. *中国减灾*, 2009(7): 5-8.
- [17] MUNGER T T. Graphic method of representing and comparing drought intensities [J]. *Monthly Weather Review*, 1916, 44(11): 642-643.
- [18] WILHIT E, D A. Drought and water crises: science, technology, and management issues [M]. Boca Raton: CRC Press, 2005: 234-237.
- [19] WU H, HAYES M J, WEISS A, et al. An evaluation of the standardized precipitation index, the China-Z index and the statistical Z-Score [J]. *International journal of climatology*, 2001, 21(6): 745-758.
- [20] 新华社. 习近平: 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告 [DB/OL]. http://www.gov.cn/zhuanti /2017-10/27/content_5234876.htm.
- [21] 闻言. 建设美丽中国, 努力走向生态文明新时代 [N]. *人民日报*, 2017-09-30(6).
- [22] 新华社. 国务院机构改革方案 [EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-03/17/content_5275116.htm.
- [23] 吴先华, 吴亚玲, 陈云峰, 等. 气象服务效益与灾害风险评估 [M]. 北京: 科学出版社, 2015: 15-20.
- [24] 张振国, 温家洪. 城市社区暴雨内涝灾害风险评估 [M]. 北京: 民族出版社, 2015: 25-27.
- [25] YAMANO H, NISHINO H, KURISAKA K. Development of probabilistic risk assessment methodology against extreme snow for sodium-cooled fast reactor [J]. *Nuclear Engineering & Design*, 2016, 308: 86-95.
- [26] WU Z, XU H, LI Y, et al. Climate and drought risk regionalisation in China based on probabilistic aridity and drought index [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 612: 513-521.
- [27] YANG P, XIA J, ZHANG Y, et al. Comprehensive assessment of drought risk in the arid region of Northwest China based on the global palmer drought severity index gridded data [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 627: 951-962.
- [28] KIM H, PARK J, YOO J, et al. Assessment of drought hazard, vulnerability, and risk: A case study for administrative districts in South Korea [J]. *Journal of Hydro-environment Research*, 2015, 9(1): 28-35.
- [29] WEERASINGHE K M, GEHRELS H, ARAMBEOLA N M S I, et al. Qualitative flood risk assessment for the Western province of Sri Lanka [J]. *Procedia Engineering*, 2018, 212: 503-510.
- [30] WEI Y, WANG S, FANG Y, et al. Integrated assessment on the vulnerability of animal husbandry to snow disasters under climate change in the Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *Global & Planetary Change*, 2017, 157: 139-152.
- [31] ZHONG L, LIU L, LIU Y. Natural disaster risk assessment of grain production in Dongting Lake area, China [J]. *Agriculture & Agricultural Science Procedia*, 2010, 1(1): 24-32.
- [32] FORINO G, MEDING J V, BREWER G, et al. Disaster risk reduction and climate change adaptation policy in Australia [J]. *Procedia Economics & Finance*, 2014, 18(2): 473-482.
- [33] ZHANG J. Risk assessment of drought disaster in the maize-growing region of Songliao Plain, China [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2004, 102(2): 133-153.
- [34] JIA J Y, HAN L Y, LIU Y F, et al. Drought risk analysis of maize under climate change based on natural

- disaster system theory in Southwest China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(5): 340-349.
- [35] NTAJAL J, LAMPTEY B L, MAHAMADOU I B, et al. Flood disaster risk mapping in the lower Mono River Basin in Togo, West Africa [J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2017, 23: 93-103.
- [36] EDIRISOORIYA K V D, VITANAGE N S, ULUWADUGE P, et al. Understanding disaster risk and mitigation special reference to Ratnapura district [J]. *Procedia Engineering*, 2018, 212: 1034-1039.
- [37] LIU Q, RUAN C, ZHONG S, et al. Risk assessment of storm surge disaster based on numerical models and remote sensing [J]. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 2018, 68: 20-30.
- [38] JIANG W, DENG L, CHEN L, et al. Risk assessment and validation of flood disaster based on fuzzy mathematics [J]. *Progress in Natural Science: Materials International*, 2009, 19(10): 1419-1425.
- [39] IRASEMA A, ANA R M. Landslide risk perception and communication for disaster risk management in mountain areas of developing countries: a mexican foretaste [J]. *Journal of mountain Science*, 2016 (12): 2079-2093.
- [40] 尹占娥, 许世远, 殷杰, 等. 基于小尺度的城市暴雨内涝灾害情景模拟与风险评估 [J]. *地理学报*, 2010(5): 553-562.
- [41] KINCER J B. The seasonal distribution of precipitation and its frequency and intensity in the United States [J]. *Monthly Weather Review*, 1919, 47(9): 624-631.
- [42] DAI A. Drought under global warming: a review [J]. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2011, 2(1): 45-65.
- [43] 吴绍洪, 潘韬, 杨勤业, 等. 中国重大气象水文灾害风险格局与防范 [M]. 北京: 科学出版社, 2014: 31-36.
- [44] 陈亚宁, 张家宝, 安鸿志, 等. 新疆 1996 年 7 月洪水灾害成因分析 [J]. *自然灾害学报*, 1997(3): 50-57.
- [45] 孙震, 李星苇, 孙桂丽, 等. 新疆阿克苏地区果树主要水文灾害风险区划 [J]. *延边大学农学学报*, 2016(3): 242-247.
- [46] 吴美华, 陈亚宁, 徐长春. 基于信息扩散理论新疆气象灾害风险评估 [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2015(1): 69-84.
- [47] 孙桂丽, 陈亚宁, 李卫红, 等. 新疆极端水文事件的时间分布特征 [J]. *自然灾害学报*, 2012(3): 119-125.
- [48] 杨思全, 陈亚宁, 王昂生. 基于混沌理论的洪水灾害动力机制 [J]. *中国科学院研究生院学报*, 2003(4): 446-451.
- [49] 孙桂丽, 陈亚宁, 李卫红. 新疆极端水文事件年际变化及对气候变化的响应 [J]. *地理科学*, 2011(11): 1389-1395.
- [50] 孙桂丽, 陈亚宁, 李卫红, 等. 新疆叶尔羌河冰川湖突发洪水对气候变化的响应 [J]. *冰川冻土*, 2010(3): 580-586.
- [51] 陈亚宁, 徐海量. 新亚欧大陆桥新疆段环境灾害的模糊马尔可夫链状预测 [J]. *干旱区资源与环境*, 2002(1): 32-36.
- [52] 徐海量, 陈亚宁. 洪水灾害等级划分的模糊聚类分析 [J]. *干旱区地理*, 2000(4): 350-352.
- [53] 黄玉洁, 宋立新. 自然灾害风险模型分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2015: 21-29.
- [54] 贾建英, 贺楠, 韩兰英, 等. 基于自然灾害风险理论和 ArcGIS 的西南地区玉米干旱风险分析 [J]. *农业工程学报*, 2015(4): 152-159.
- [55] 罗艳青, 邹滨, 邱永红. 华东地区干旱灾害时空演化特征研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 2013(10): 58-64.
- [56] 李云鹏, 司瑶冰, 刘朋涛, 等. 基于空间信息的内蒙古农业干旱监测研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 2011(11): 125-131.
- [57] 董四辉, 宿博, 赵宇库. 基于投影寻踪技术的洪水灾情综合评价 [J]. *中国安全科学学报*, 2012(12): 64-69.
- [58] 徐海亮. 西江流域洪水灾害和水文变异分析 [J]. *人民珠江*, 2007(4): 42-46.
- [59] 李星苇, 孙震, 孙桂丽, 等. 冰雹灾害对阿克苏地区果树的影响分析 [J]. *农业灾害研究*, 2016(8): 32-35.
- [60] 纪晓玲, 马筛艳, 丁永红, 等. 宁夏 40 年灾害性冰雹天气分析 [J]. *自然灾害学报*, 2007(3): 24-28.

- [61] 李红英,张晓煜,曹宁,等.基于GIS的宁夏晚霜冻害风险评估与区划[J].自然灾害学报,2014(1):167-173.
- [62] 钟秀丽,王道龙,赵鹏,等.黄淮麦区小麦拔节后霜冻的农业气候区划[J].中国生态农业学报,2008(1):11-15.
- [63] 李凡,侯光良,鄂崇毅,等.基于乡镇单元的青海高原果洛地区雪灾致灾风险评估[J].自然灾害学报,2014(6):141-148.
- [64] 中国气象学会.中国气象学会2006年年会“灾害性天气系统的活动及其预报技术”分会场论文集[C].北京:中国气象学会,2006:71-81.
- [65] 马国斌,蒋卫国,李京,等.中国短时洪涝灾害危险性评估与验证[J].地理研究,2012,31(1):34-44.
- [66] 赵刚,庞博,徐宗学,等.中国山洪灾害危险性评价[J].水利学报,2016,47(9):1133-1142,1152.
- [67] 陶鹏.基于脆弱性视角的灾害管理整合研究[M].北京:社会科学文献出版社,2013:33-39.
- [68] 尹占娥,暴丽杰,殷杰.基于GIS的上海浦东暴雨内涝灾害脆弱性研究[J].自然灾害学报,2011,20(2):29-35.
- [69] 郭跃.自然灾害与社会易损性[M].北京:中国社会科学出版社,2013:32-43.
- [70] 唐波,刘希林,李元.珠江三角洲城市群灾害易损性时空格局差异分析[J].经济地理,2013,33(1):72-78,85.
- [71] 刘兰芳,彭蝶飞,邹君.湖南省农业洪涝灾害易损性分析与评价[J].资源科学,2006(6):60-67.
- [72] Chen C.CiteSpace II:Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J].Journal of the Association for Information Science & Technology,2009,57(3):359-377.
- [73] 孙桂丽,陈亚宁,李卫红,等.新疆极端水文事件年内分布的非均匀性[J].灾害学,2011(2):18-23.

Research Progress of Urban Hydrological Disaster Risk Assessment From 1988 to 2017

LI Xingwei¹, SUN Guili², LONG Hongyu³, ZHENG Xiaming², WANG Li², WANG Hanlu²

(1. School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 2. Forestry and Horticulture Department, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China; 3. School of Civil Engineering and Architecture, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: Human and nature is the life community. Understanding urban hydrological disasters and using scientific and technological methods to predict, evaluate and manage them is the harmonious and symbiotic law of the life community. Urban hydrological disaster is one of the urban disasters that restricts the ecological, economic and social benefits of the city. And the risk assessment of urban hydrological disasters is an important basis for the formulation of disaster prevention and mitigation policy. Combing the literatures in domestic and international, the risk of urban hydrological disaster is taken as the research object. It is concluded that the formation mechanism of the five common urban hydrological disasters, such as drought, flood, frost, snow and hail, is affected by the four factors of disaster environment, disaster causing body, disaster bearing body, disaster prevention and mitigation ability, and so on. Finally, the risk management path of urban hydrological disasters is found out.

Key words: research review; risk assessment; hydrological disaster; disaster prevention and mitigation