

李超超, 程晓陶, 申若竹, 等. 城市化背景下洪涝灾害新特点及其形成机理[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 57–62. [LI Cha-ochao, CHENG Xiaotao, SHEN Ruozhu, et al. New Characteristics and Formation Mechanism of Flood and Waterlogging Disasters in the Context of Rapid Urbanization [J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34 (2): 57-62. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.02.012.]

城市化背景下洪涝灾害新特点及其形成机理^{*}

李超超¹, 程晓陶², 申若竹³, 刘祺超³

(1. 宁夏大学 土木与水利工程学院, 宁夏 银川 750021;

2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 3. 北京首创股份有限公司, 北京 100044)

摘要:在快速城市化背景下, 洪涝灾害的孕发机制、成灾机理、损失构成与影响范围等特征均发生了显著的变化。对洪涝灾害新变化的研究有助于发现问题的根本, 有的放矢地解决问题。快速城市化背景下洪涝灾害的新特点包括: 水文特征的变异性、洪涝灾害的连锁性与洪灾损失的突变性。该文分析了快速城市化对水文特征的影响, 识别了洪涝灾害链的内部关系和关键环节, 绘制了洪涝灾害连锁性关系图, 以历史典型灾害数据为论据, 论证了洪灾损失突变性特点。基于洪涝灾害系统理论, 阐明了水文特征变异性、洪涝灾害连锁性与洪灾损失突变性及其形成机理。揭示城市化背景下洪涝灾害新特点及其形成机理, 对于合理把握快速城市化背景下洪涝风险的演变趋势, 既有理论指导价值, 又有减灾实践意义。

关键词:城市化; 洪涝灾害; 变异性; 连锁性; 突变性

中图分类号: X43; X915.5; TV122.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2019)02-0057-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.02.012

由于城建区域扩张, 不透水面积增加, 排水系统建设等原因, 城市化地区水文特征发生了显著变化。随着人口资产密度提高, 同等规模受淹条件下, 灾害损失显著上升。城市对生命线系统依赖性不断增强, 洪灾受影响范围远远超出受淹范围。为了保障防洪安全, 人们努力构建起综合性的防洪工程体系, 提高防洪工程防御标准, 使防洪标准内的洪涝灾害损失得以有效减轻。然而, 一旦发生超标准洪涝灾害, 又会出现水灾损失急剧上升的恶劣现象。

近些年, 极端气象事件增多, 城市暴雨内涝灾害频发, 汛期城市“看海”几成常态。根据 2006–2016 年中国水旱灾害公报统计数据, 2006 年以来, 我国每年受淹城市都在 100 座以上(图 1), 其中 2010 年受淹城市为 258 座, 2012 年为 184 座, 2013 年为 234 座。在快速城市化背景下, 我国城市洪涝愈演愈烈。住建部对 351 个城市进行专项调研, 2008–2010 年全国有 62% 的城市发生过内涝, 超过 3 次以上的有 137 个, 其中有 57 个城市的最

大淹没时间超过 12 h。城市洪涝灾害成为社会关注的热点问题。

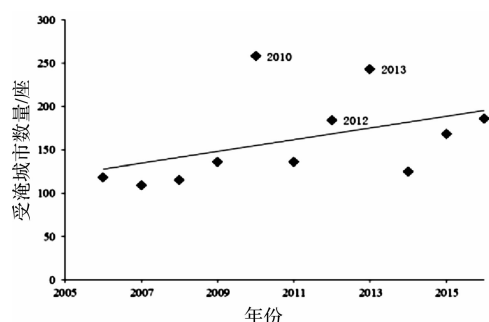


图1 受淹城市数的统计

1 洪涝灾害一般性特点

1.1 突发性

大多数洪涝灾害具有突发性特点, 特别是强对流天气产生的局地暴雨、山洪暴发、江河决堤与水库垮坝, 而持续阴雨形成的沥涝则视为累积型灾害。由于城市地区气温高、空气中粉尘大, 形

^{*} 收稿日期: 2018-11-22 修回日期: 2019-01-23

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(51809143); 宁夏自然科学基金项目(2018AAC03041); 固原海绵城市建设及运营关键技术研究(SCHM-2018)

第一作者简介: 李超超(1988-), 女, 宁夏银川人, 副教授, 博士, 主要从事水灾害与水安全研究。

E-mail: lichaochao@nxu.edu.cn

成“雨岛效应”^[1]。2007 年 7 月 17 日山城重庆遭受了一场特大暴雨,主城区沙坪坝平均日降雨 266.6 mm。2007 年 7 月 18 日济南全市平均降雨 74 mm,市区是暴雨中心,最大一小时降雨量达 151 mm。城市化地区不透水面积增加,排水管网建设,更多的雨水更快地进入河道,使河道洪峰流量成倍增加,洪峰出现时间提前,已有堤防的防洪标准相对降低^[2]。济南“7.18”洪水涨水历时仅 4 h,市区各水文站均出现了最高洪峰水位。

1.2 社会性

洪涝灾害,不仅会造成生命财产的巨大损失,而且还可能引起居民不同程度的心理动荡及社会动荡。2013 年超强台风“海燕”引了发菲律宾中南多起洪水、山洪、山体滑坡、泥石流等灾害,交通和通讯系统遭到了严重破坏。由于灾后恢复能力较弱,生命线系统没有得到及时修复,造成物资短缺,灾区发生多次灾民哄抢劫掠救灾物资事件。洪水灾害的社会性主要与一个国家的社会制度、灾害管理体制与法制、保险、救护、救济以及防灾教育和道德风尚等因素有关。快速的灾后恢复能够避免或减轻社会动乱等衍生灾害带来的损失。

1.3 可防御性

洪涝灾害受自然与人为因素共同影响,随着城市化与防洪工程体系不断完善,人为因素对洪涝灾害的影响逐渐加重,渗透于洪灾形成的各个环节(图 2)^[3]。

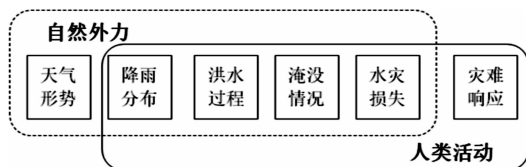


图 2 洪水管理的环节

通过洪水风险管理体系的建设,可以在一定程度上防御洪水,缩小其影响程度和范围。可防御性主要包含洪涝灾害预测的准确度,防洪减灾机构的设置、防洪减灾设施的标准等级与可靠度,防洪减灾系统的整体性,防洪减灾投入及其有效性等因素。防御措施可分为工程措施与非工程措施。防洪工程通过科学调度可以实现对洪水在一定范围内的控制,比如通过水库的蓄滞作用削减洪峰流量。由于防洪工程未达标造成重大经济损失的案例有许多,例如,新奥尔良市由长达 563 km 的防潮堤与防洪墙保护,而这一关系城市安危的防洪工程预期 1978 年完成,被延期至 2015 年才

完成。由于防洪工程未达标,在 2005 年卡特里娜飓风来袭时,新奥尔良市防洪堤多处溃决,几乎全城被淹,付出了巨大的代价^[4]。通过防洪预警、避险转移等非工程措施可以缩小洪涝灾害的影响程度和范围。例如,2012 年“桑迪”飓风,纽约市疏散 37.5 万人,康涅狄格州疏散 36 万人,新泽西州疏散了沿海地区的 11.6 万人,特拉华州疏散了 5 万人。通过有效预警预报和避险转移,避免了“卡特里娜”式的灾难性后果,有效地减少了洪涝灾害造成的人员伤亡和财产损失。

1.4 利害两重性

雨洪具有利害两重性,利在于雨洪可作为水资源用于保障城市用水,害在于高强度的降雨会积水成灾造成财产损失和人员伤亡。在城市防洪排涝体系建设中可以追求化害为利。国外已有较先进的雨水利用技术,包括屋顶集水技术、下凹式绿地、渗透设施等,这些措施也被吸收利用于我国海绵城市建设中。一些发达国家已经将雨洪收集利用写入了法律法规中。例如,美国立法强制推行雨洪利用进程,德国发布了雨水利用设计标准。我国于 1990 年开始对城市雨洪资源化进行研究,在北京、上海、大连、西安等城市先后开展了雨洪利用示范研究。

认清洪涝灾害的特点,可为有针对性地组织好相关部门间的协调联动提供参考。针对洪涝灾害的突发性,需要做好应对极端事件的准备工作:提高预报调度现代化程度,健全预警体系,建设避难系统等。针对洪涝灾害的社会性,需要认识防洪减灾对区域可持续发展的重要性,加强全民参与和防洪减灾社会化。针对洪涝灾害的可防御性,需要把握适度,制定合理的防洪排涝工程设计标准。针对洪涝灾害的利害两重性,需要考虑社会、经济、生态多方面综合效益,化害为利,实现雨洪资源化。

2 城市化背景下洪涝灾害新特点及其形成机理

与传统农业社会相比较,城市化地区的洪涝灾害成因、风险源、发生频率、发生时间、损失构成、影响等特征都发生了显著变化,见表 1。笔者将这些变化归纳总结为洪涝灾害的水文特征的变异性、洪涝灾害的连锁性与洪灾损失的突变性^[5]。

表 1 农业社会与城镇型洪涝灾害对比

类别	农业社会型	城镇型
成因	自然因素为主	人为因素影响加大, 甚至占主导
风险源	暴雨内涝、江河泛滥、风暴潮、堤坝溃决	增加了工程风险, 如水库溃坝、管道破裂等事故
发生概率	防洪标准低, 中小洪水也可能成灾	防洪标准高, 大洪水发生的可能依然存在, 城镇周边地区受灾几率可能增加。城镇涝灾更为频繁。
发生时间	汛期	不一定在汛期, 城镇供排水系统事故引起的水灾随时可能发生
历时	与降雨、地理特征等有关	可人为缩短或延长, 增强排涝能力, 或形成次生、衍生灾害
损失构成	主要为农作物、农舍和人员伤亡。	工商经贸等企业资产、公共事业设施、居民家庭资产、城市生命线系统, 含信息、电子资料等无形资产, 间接损失甚至大于直接损失
影响	铁路公路中断、饥荒、疫病、伤亡较大、农村贫困化、重灾地区需要若干年才能恢复	放大和缩小的双重效应, 损失总值增大, 影响的范围超出受灾范围, 但总体恢复能力增强, 恢复时间可缩短
防灾减灾	低标准的防洪工程体系, 抗洪抢险	高标准防洪排涝工程体系, 建筑物耐水化, 加强了非工程体系建设

2.1 水文特征变异性及其形成机理

水文特征的变异性是指全球气候变化与快速城镇化背景下, 城市化地区水文、水力特征序列的分布形式或参数在整个序列时间范围内发生了显著变化。涉及到降雨强度、频次与分布的变化, 暴雨径流量与产汇流过程的变化, 以及排水系统与河湖水系水动力过程及相互作用关系的变化等。国外从 1960 年代就开始关注城镇化对水文过程的影响。Konrad^[6] 研究显示, 城镇化导致 2 年、10 年、100 年一遇的洪峰分别增加 100% ~ 600%, 20% ~ 300%, 10% ~ 250%。Houghton^[7] 等人指出, 随着全球气候变化, 许多地区发生暴雨洪水灾害事件频率增加。Groisman^[8] 等的研究表明, 强降水事件在美国、中国、澳大利亚、加拿大、挪威和墨西哥、波兰等国家均有所增加。郭生练^[9] 探讨了北京地区的降雨与气温升高对洪峰流量及洪水频率的影响。张建云^[10] 等人研究表明全球气候变化会导致极端事件如台风、暴雨的频率和强度都有所增加。随着城市的不断扩张, 城镇水灾的孕灾环境发生显著的改变。以北京市两次降雨为例, 1959 年 8 月 6 日的一场降雨, 降雨总雨量 103.3 mm, 最大 1 h 降雨 39.4 mm, 洪峰流量 202 m³/s。1983 年 8 月 4 日的一场降雨, 降雨总雨量 97.0 mm, 最大 1 h 降雨 38.4 mm, 洪峰流量 398 m³/s。两次降雨的总雨量接近, 雨型相似, 但是 1980 年代由于城市化程度提高, 洪峰流量增大了近 1 倍。以上海黄浦江为例, 1921 - 2007 年上海市地面平均沉降 1.98 m, 黄浦江黄浦公园站 1950 年代高潮位平均为 4.38 m, 2000 年以后的平均高潮位为 4.95 m^[11], 潮位抬升了 13.0%。上海地区地面沉降与高潮位叠加, 使得黄浦江的现状防御标准低于 1984 年 1 000 年一遇设计防洪标准。

城市化过程中, 水文特征的变异性形成机理如图 3 所示。城市地区的“热岛效应”引发“雨岛效应”, 导致城镇地区更易发生极端降雨事件。城镇

地区人口密度大, 用水需求大, 导致水资源短缺问题。部分地区超采地下水导致地面沉降, 城镇低洼易涝区域增加, 洪涝风险加大。同时, 废水量的增加会引发水污染控制问题, 一些城镇内涝点的产生与城镇雨污分流系统建设不完善相关。

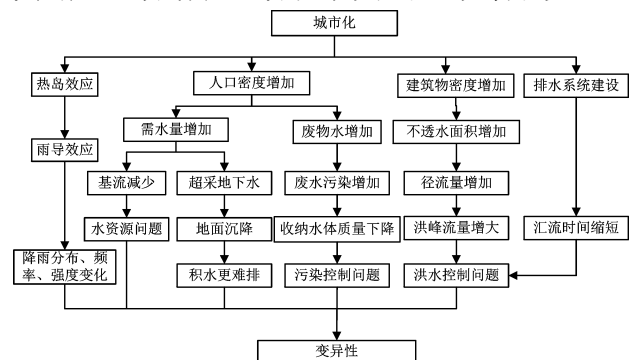


图 3 变异性形成机理

随着城镇建设用地面积的增长, 排水管道的长度也不断增长^[12], 两者成正相关, 相关系数达 0.96 (图 4)。城镇地区建筑物密集, 不透水面积增加, 使得径流形成规律发生变化。排水管网建设, 使得雨水更快向河流汇集。河道水位涨速加快, 洪峰流量倍增, 峰现时间提前, 加大了洪水控制的难度, 为此国内外都加强了城市化进程中雨洪综合管理的量化研究^[13]。

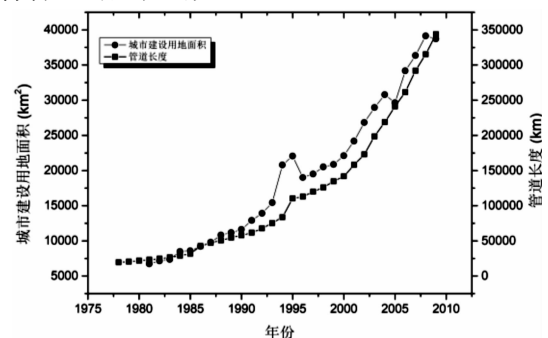


图 4 我国城市建设用地面积与排水管道长度统计

2.2 洪涝灾害连锁性及其形成机理

洪涝灾害连锁性是指生命线系统在关键点或面上因洪涝而遭受损害,系统内或系统间形成连锁反应,出现灾害影响范围与灾情急剧扩展的现象。城市化地区洪涝灾害的连锁性主要表现在两个方面。一是较大洪峰过程可使沿线城镇依次受灾;二是城市正常运转涉及很多部门和行业,特别是城市生命线系统因洪涝受损容易引发多米诺效应。生命线即使发生短暂的中断或堵塞,对于城市居民和各个产业与行业,也是一场巨大的灾害。比如2011年泰国发生半个世纪以来最严重的洪灾,400多家日资企业受淹,涉及食品、冰箱、电饭锅、电子产品以及汽车零部件生产工厂。泰国洪水令“3.11”地震海啸后的日本汽车制造业祸不单行,甚至波及全球IT产业和亚洲经济。

当城市系统暴露在暴雨洪涝灾害中,各个子系统之间和系统内部,由于相互依存,就会形成一张复杂的网结构,洪涝灾害连锁性网络演化结构见图5。洪涝灾害发生后,引发生命线系统设施破坏,当破坏达到一定临界条件后,引起事故爆发,并逐一按照某种条件传递。

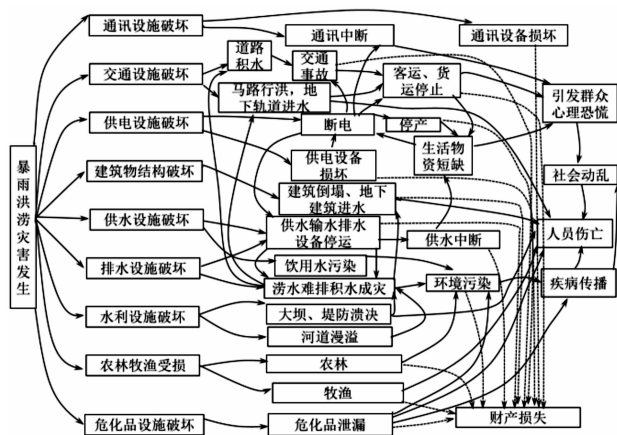


图5 洪涝灾害连锁性网络演化结构图

洪涝灾害连锁性演化链分为3类:直链式、发散集中式和自循环式^[14]。以下将对连锁性网络结构的形式进行具体分析,从而辨识出洪涝灾害连锁性的演化规律,提高暴雨洪涝灾害风险防控能力^[15-16]。

直链式是洪涝灾害中最常见的拓扑结构,图6给出了3个元素的直链结构。洪涝灾害爆发-建筑物倒塌-人员伤亡是一个具有长效的影响过程,随着城市化程度的加深,构成元素会有所增加,直链会随之加长。直链演化结构造成的后果往往会随时间不断累积,如不及时加以控制,其影响范围和影响程度将会扩大。因此,对这类链结构应该在洪涝灾害事件发生前就采取措施以规避风险,如人员撤离、疏散。



图6 直链式结构

图7给出了发散集中式链结构。发散式结构是一种因素导致多种后果,如:断电会引发交通事故、客运与货运停止、通讯中断、工商企业停工停产、供水供电设备停电等。由此可见电力系统是灾害演化网络结构中的关键系统,以此为中心洪涝灾害的影响范围辐射扩散。增设备用或者替代方案,对控制影响范围与减少经济损失具有重要意义。集中式链结构,与发散式链结构相反,是多种因素会导致同一后果。如断电、交通事故、地下轨道进水、道路积水等都会导致客运货运停止。交通运输系统是洪涝灾害网络演化结构中最敏感的系统。针对敏感性较强的系统,需要提高自身防灾能力,降低敏感度。例如,在下立交等易涝点增设水位实时监测系统、警示标志与抽排泵站。在地铁站入口处临时增设挡板或沙包墙,避免水进入地下空间。

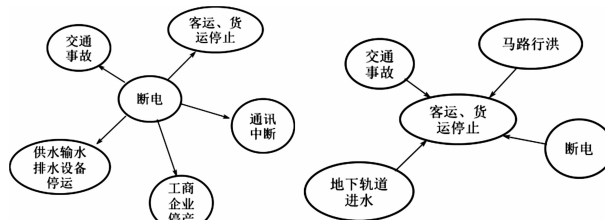


图7 发散集中式结构

图8给出自循环式结构。断电后交通信号灯或路灯停止工作,交通事故发生,路网瘫痪,货运停止,发电物资不能及时运输,断电的影响范围和时长增加,最终导致灾害对社会造成的影响扩大。从自循环链结构中可以看出各节点互为因果关系,因此随着时间的增长,洪涝灾害演化过程不断推进。若没有进行及时的断链处理,这个循环链可能自行激化,并且能够无限修正。由于能量的不断增加产生破坏也会越来越严重。因此,自循环链一般是洪涝灾害演化网络结构控制中的关键环节,这类结构需要采取措施斩断循环链接。例如断电后立即进行人为交通疏导,避免交通瘫痪。重要物资比如食物和水,需要保证有一定的储备量。

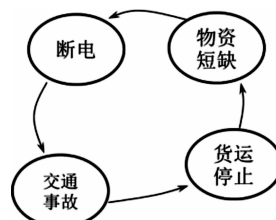


图8 自循环式结构

2.3 洪灾损失突变性及其形成机理

洪灾损失的突变性,是指不同重现期洪涝灾害的损失在某一重现期前后出现跃变的现象。随着城市化进程的推进,城市对生命线系统的依赖程度越来越高,洪涝灾害连锁性越来越明显,导致受影响范围超出受淹范围,间接损失甚至会大于直接损失。当损害在一定限度之内时,系统内部可以弥补、调整与快速修复。一旦损害超出系统防护与承受能力,灾情会急剧扩展。城市化地区洪涝灾害损失与影响会发生激增的现象,不仅与城镇排水治涝防洪标准有关,而且取决于承灾体的脆弱性。城市化背景下洪涝灾害突变主要表现承灾体的变化与防灾力的变化。

承灾体自身的耐水特性,是形成洪灾损失的内因。与农舍相比,城市建筑物的耐水性更强。但城市规模不断扩大,人口、资产密度增加,城市对生命线系统的依赖增强使得承灾体脆弱性也日趋显现。同时洪灾损失也不仅限于有形资产,信息资料等无形资产损失也逐渐增加。城镇地区的防洪排涝标准提高,工程措施大大降低了标准内的洪涝灾害风险,但也正是由于这样的“保护”,城镇建设不断扩张,甚至扩张到洪涝高风险区域。原来洪涝频繁发生的地区受淹频次减少,人们会疏于防范,一旦发生超标准洪水,洪灾损失会急剧增长。因此,城镇地区洪涝灾害的承灾体会表现出较强的脆弱性,洪灾损失会表现出突变性。

洪涝灾害损失突变性的形成机理见图9。

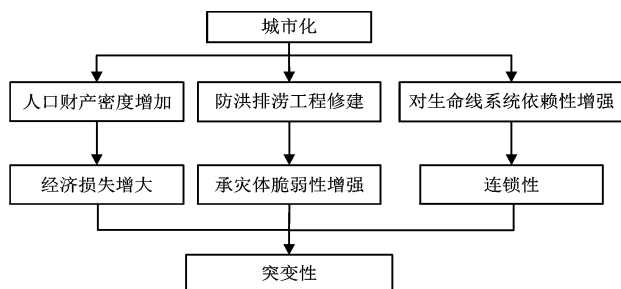


图9 突变性形成机理

(1)由于城镇人口财产密度大,较传统的农业社会,同等淹没条件下,经济损失会增长。

随着城镇发展,资产人口集中,建筑用地需求变大,建筑物紧邻河道,约束了河道的宽度甚至挤占了原来的河滩。城市化对水文过程产生影响,增加了洪水风险。城市化后承灾体脆弱性和致灾因子的强度与频率较未开发之前都有所增加。人口、建筑和生产分布密度越大的城镇,同级洪水灾害所造成的损失就越大;公共建筑分布(如政治、金融、通讯等)密度越大的区域,洪水灾害所造成的间接损失就越大。

(2)在防洪排涝工程标准内,减灾效益明显,

洪涝灾害风险会有效降低。一旦发生超标准洪水,损失会急剧增长。

城镇地区是洪涝灾害防治的重点保护对象,大量排水治涝工程的实施,防洪工程标准的提高,增强了城镇的防灾力。在防洪排涝工程标准内,减灾效益明显,量级较小的暴雨洪水几乎不会造成损失,洪涝灾害风险会有效降低,但城镇周边地区与河流下游地区的洪涝风险会有所增加。受工程保护区域受淹概率减小,原本高风险的区域被占用,由于防御经验与准备不足,水灾脆弱性反而凸显。一旦发生超标准洪水或暴雨,如堤防、防汛墙、海塘等防洪工程可能会发生漫溢或溃决,造成的损失和影响急剧扩大。例如,北京市现状排涝标准为20年一遇。主要河流防洪标准如下:北京市2006-2008年连续3年,洪涝灾害直接经济损失约为2000万元。2011年“6.23”暴雨,经济损失13.83亿元。2012年“7.21”特大暴雨,水灾损失激增至116.4亿元,比2011年经济损失增大一个数量级。城镇地区虽然已经建设了较为完善的防洪工程体系,但当洪水规模超出了防洪标准时,洪灾损失会急剧增长。

(3)城镇对生命线系统的高度依赖,致使洪灾影响范围超出受淹范围,间接损失甚至超出直接损失。

以大都市为中心的城镇群不断形成,地区间政治经济联系加深。现代化城市,洪灾所造成损失不仅限于有形资产,也包括无形资产。大都市一旦发生洪涝灾害,洪灾影响范围会超出受淹范围,间接经济损失可能会超出直接经济损失。1992年夏季,美国密西西比河流域发生500年一遇的特大洪水,降雨长达49d,冲毁了密西西比防洪工程,洪水席卷了整个西部地区,造成损失158亿美元。而2005年美国卡特里娜飓风引发洪水,淹没了新奥尔良市,造成直接经济损失250亿美元,总损失840亿美元。城市洪涝灾害损失甚至比流域大洪灾还要惨重得多,间接损失远远超过了直接经济损失。

3 讨论与结论

我国正处于快速城市化发展阶段,洪涝灾害的孕发机制、成灾机理、损失构成与影响范围等特征的显著变化,可大致归纳为:水文特征的变异性、洪涝灾害的连锁性与洪灾损失的突变性。水文特征的变异性是指全球气候变化与快速城市化背景下,水文特征序列的分布形式或参数在整个序列时间范围内发生显著变化。洪涝灾害的连锁性是指生命线系统在关键点或面上因洪涝而遭受损害,系统内或系统间形成连锁反应,以至出

现灾害影响范围与灾情扩展的现象。洪灾损失的突变性是指在同一研究范围内,不同重现期洪涝灾害造成的经济损失在某一重现期前后出现跃变的现象。

认清城市化背景下洪涝灾害的新特点,对于揭示洪涝灾害成灾机理,不断强化与完善洪涝应急管理体系具有重要意义,有利于防汛指挥部门更为准确地把握应急响应启动的等级与时机,更为有针对性地组织好相关部门间的协调联动提供参考。针对水文特征的变异性,需要深入对城市环境下水文特征变化的认识,及时调整防洪排涝工程的设计标准,重视低影响开发。针对洪涝灾害的连锁性,需要识别出生命线系统中的关键点与薄弱环节,加以重点防护或采取断链处理,尽力避免连锁反应的发生。针对洪灾损失的突变性,需要采用综合性防洪减灾措施,同时需要重视对洪涝灾害间接经济损失的评估。

参考文献:

- [1] 程晓陶. 城市型水灾害挑战传统治水理念[J]. 给水排水动态, 2010(5): 28-29.
- [2] 李旭. 广州市洪水灾害风险评价[D]. 广州: 广州大学, 2008.
- [3] 程晓陶. 关于洪水管理基本理念的探讨[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2004, 2(1): 36-43.
- [4] 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, 5(12): 8-13.
- [5] 程晓陶, 李超超. 城市洪涝风险的演变趋向、重要特征与应对方略[J]. 中国防汛抗旱, 2015, 25(3): 6-9.
- [6] Konrad C. P. Effects of urban development on floods[R]. U. S. Geological Survey Fact Sheet 076-03. 2003.
- [7] Houghton J T, Ding Y, Gringgs D J, et al. Climate Change 2002: The Scientific Basis [M]. England: Cambridge University Press, 2001.
- [8] Groisman P, Karl T, Easterling D, et al. Change in probability of extreme precipitation: important indicators of climate change[J]. Climatic Change, 1999 (42): 243-283.
- [9] 郭生练. 气候变化对洪水频率和洪峰流量的影响[J]. 水科学进展, 1995, 6(3): 224-230.
- [10] 张建云, 章四龙. 水文科学面临的气候变化问题[C]//全国水文技术讨论会, 2004: 1-13.
- [11] 纪迪, 张慧, 沈渭寿, 等. 太湖流域下垫面改变与气候变化的响应关系[J]. 自然资源学报, 2013(1): 51-62.
- [12] 住房和城乡建设部计划财务与外事司. 2010年中国城市建设统计年鉴[M]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- [13] 王虹, 李昌志, 程晓陶. 流域城市化进程中雨洪综合管理量化关系分析[J]. 水利学报, 2015, 46(3): 271-279.
- [14] 李智. 基于复杂网络的灾害事件演化与控制模型研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [15] 朱伟, 陈长坤, 纪道溪, 等. 我国北方城市暴雨灾害演化过程及风险分析[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 88-91.
- [16] 叶丽梅, 周月华, 周悦, 等. 暴雨洪涝灾害链实例分析及断链减灾框架构建[J]. 灾害学, 2018(1): 65-70.

New Characteristics and Formation Mechanism of Flood and Waterlogging Disasters in the Context of Rapid Urbanization

LI Chaochao¹, CHENG Xiaotao², SHEN Ruozhu³ and LIU Qichao³

(1. College of Civil Engineering and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;

3. Beijing Capital Co., LTD, Beijing 100044, China)

Abstract: In the context of rapid urbanization, the characteristics of flood and waterlogging disaster such as mechanism, loss composition and affected area have remarkably changed. New features of urban flood and waterlogging disaster are summarized, including hydrological features variability, knock-on effect and flood damage mutability. The impact of urbanization on hydrology and hydraulic characteristics is analyzed, internal relations and key links of urban flood disaster chain are identified, and the chain network of urban flood and waterlogging disaster is drawn. The mutability of flood loss is demonstrated according to the historical flood data. On the basis of natural hazard system theory, the new features of urban flood and their formation mechanism are expounded. The study on the new characteristics and formation mechanism of flood and waterlogging disasters has both theoretical guiding value and practical significance for reasonably grasping the evolution trend of flood and waterlogging risk under the background of rapid urbanization.

Key words: urbanization; flood and waterlogging disaster; variability; knock-on effect; flood damage mutability