



# 水利水电国际资讯摘要

## IWHR International Digest

中国水利水电科学研究院 主编: 孟志敏 责编: 孟圆 刘一帆

2020  
16  
总289期

2020年美国密歇根州溃坝洪水事件中大规模撤离人员的经验

“蓝亩工程”和脆弱社区整体迁移：  
美国洪泛区土地管理的全新探索

洪水和疫情双重夹击下的国际应对措施



# 2020年美国密歇根州溃坝洪水事件中大规模撤离人员的经验

## 1、溃坝事件回顾

在美国密歇根州Gladwin县和Midland县境内分布着六座水力发电梯级水库，均建于1912年至1925年之间。其中四座水库（Secord水库、Smallwood水库、Edenville水库和Sanford水库）位于Tittabawassee河上，由同一家公司掌管和运营，另外两座水库（Chappel水库和Beaverton水库）位于上游的Cedar河和Tobacco河上，分别为县管大坝和市管大坝。

一个停滞的低压系统和锋面边界横跨了大湖区的南部，造成了密歇根州东南部的强降雨，从2020年5月17日早晨开始，一直持续到5月19日下午，总降雨量达到100-200毫米。由于强降雨的影响，在溃坝事件发生的前一天，该地区的几条河流已经遭遇

了严重的洪水，其中Midland县的Tittabawassee河经历了历史最大洪水。因此，该地区所有大坝均提前开闸敞泄。值得一提的是，上游Cedar河上的Chappel大坝，在主坝一侧的发电机房附近发生了漫顶，不过经过大坝运维人员和工程师们的努力奋斗，危机得以化解。

5月19日凌晨0点30分，大坝运维人员意识到问题的严重性，并且事态还在持续恶化，因此对Tittabawassee河沿岸四座大坝启动了紧急行动计划程序。由于持续高水位运行，凌晨3点30分，四座大坝开始发出警报。从早上到下午，州政府官员、安全办公室官员和大坝工程师们都在Edenville大坝现场全力缓解大坝安全问题。尽管大坝已开启全部闸门全力泄洪，但水库水位仍持续上涨逼近坝顶。下午5点45分，洪水最终从坝体最东侧冲破

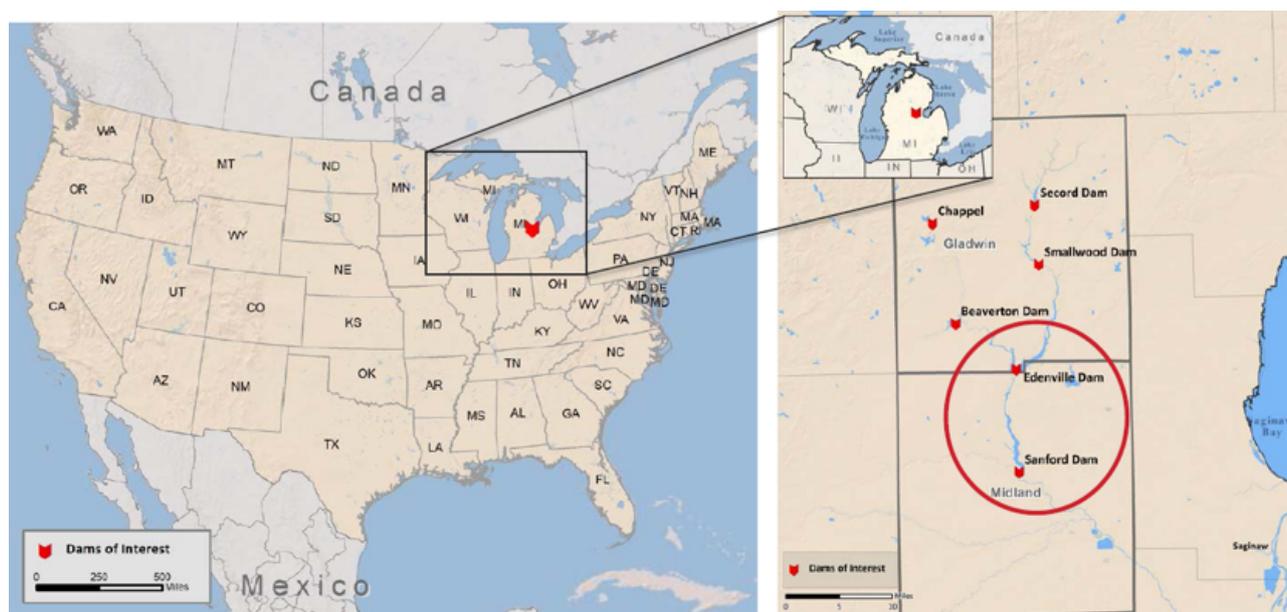


图 1 水库位置示意图

大坝, 导致了密歇根州史上最严重的洪水溃坝事件。溃坝洪水在晚上8点前抵达下游约11.3公里的Sanford大坝, 虽然同样采取了敞泄的措施, 但由

于从Edenville大坝下泄的洪水引起了Sanford库区水位迅速上涨, 漫过Sanford大坝土坝一侧的坝顶, 从而导致右侧土坝漫顶溃决。



图 2 密歇根州溃坝事件时间轴



图 3 Edenville 大坝溃决前后卫星影像对比



图 4 Sanford 大坝溃决前卫星影像及溃决后现场图片

## 2、人员撤离

这场由连续溃坝引起的洪水打破了Tittabawassee河沿岸城市的历史洪水记录,溃坝洪水进入Sanford大坝下游约9.7公里的Midland县(人口近4万),造成了大面积淹没,对该县建筑、道路、桥梁等基础设施造成严重损毁。洪水发生后,美国总统特朗普授权联邦应急管理署(FEMA)和国土安全部协调救灾工作,并为必要的紧急措施提供适当的援助,以减轻灾害影响。当地政府及时发出了预警,约11,000人被紧急疏散,由于撤离及时,溃坝洪水未造成人员伤亡。



图5 溃坝洪水进入 Midland 县

本文参考美国陆军工程师兵团发布的《大坝和堤防紧急情况下公众警报和预警指南》及美国阿贡实验室的研究成果,从预警信息发布和民众响应等方面分析了本次事件人员撤离的经验。

人员撤离过程中的一个重要因素就是受灾地区政府与各相关机构之间的“联系”,包括与上游Gladwin县、国家气象局、Boyce Hydro水电公司以及与陶氏化学公司的联系。除了正式的官方通知之外,各机构之间还通过电话和短信的方式进行了大量的非正式交流。

NIXLE系统是Midland县本地的一个警报和预警系统,当地调度人员能够熟练使用该系统,用于包括交通事故在内的多种事故的应急预警。许多社区购买了NIXLE警报和预警服务。尽管消息没有预制脚本,但是发布消息的人员非常熟悉如何执行此项操作。因此,他们能够进行快速、频繁的更

新。每条预警信息包含事件发生的地点和民众需要采取的措施,而这些信息更新传达出了形势的紧迫性,让民众了解大坝即将溃坝。NIXLE系统鼓励公众参与,在911网站上设有定制链接,注册简单,同时可通过县市的官网链接到注册界面,并提供英语和西班牙语双语种警报。

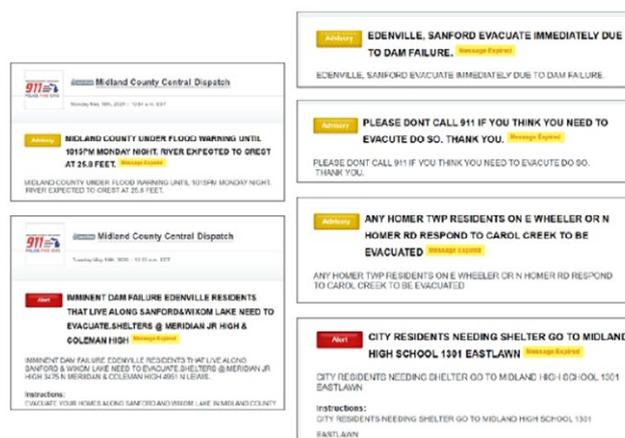


图6 Midland 县通过 NIXLE 系统发布警报信息

除此以外, Midland县还首次使用了无线应急警报系统,该系统是美国公共警报和预警系统的重要组成部分。预警信息直接传送到信号塔覆盖范围内所有民众的手机上,字符数上限为90个字符,不受带宽的限制,民众也不必选择定制加入。由于是首次使用该系统,民众需在事件发生前进行多次演练以求达到更好的效果。

信息的一致性十分重要, Midland县在控制警报发布上做了很好的示范。5月16日, Midland县几乎没有在网上发布任何讯息。但到了5月18日,持续的降雨引发了民众对大坝安全的担忧, Midland县开始向社区发出警报,同时通过Twitter和Facebook发布相关信息,扩大警报范围。5月19日,该县进一步发出多次警报。在此期间,有25条警报通过Twitter和Facebook广为扩散。随着民众的撤离,警报数量也有所下降。与此同时,社交媒体在应急响应过程中也进行了井喷式发帖,从而加速了信息的传播。部分民众实时更新信息以抢占Twitter和Facebook的头条位置,他们还提供视频和链接帮助民众核实洪灾

信息,甚至提供“地图定位”功能来帮助民众确定自己与洪水淹没范围的距离以决定是否需要撤离。

在疏散民众的过程中,政府出动了国民警卫队协助,进行了挨家挨户的检查,确保淹没区域居民及时、彻底的撤离,同时避免了在夜间进行涉水

转移。此次溃坝事件共有约11,000位民众被提前转移,在经历2017年洪水之后,民众对洪水风险的认识也有所提高,配合程度较高。此外,基础设施老化、大坝的安全性和日常维护等问题也引起了社区范围内的广泛关注。

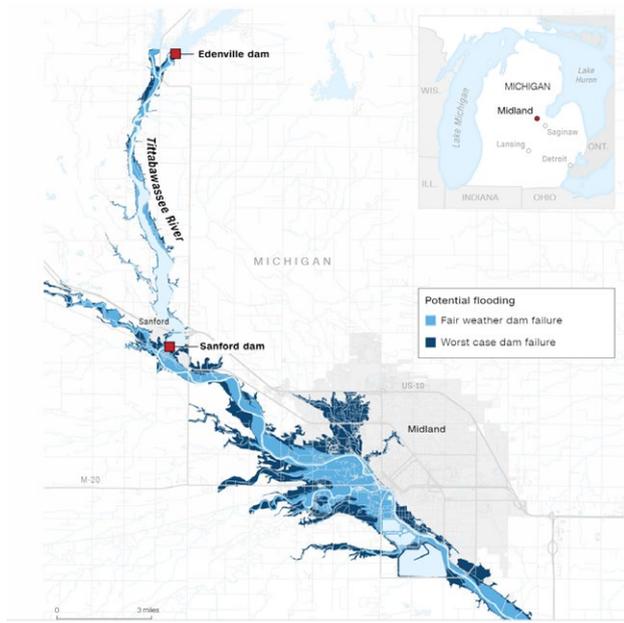


图 7 溃坝洪水风险图

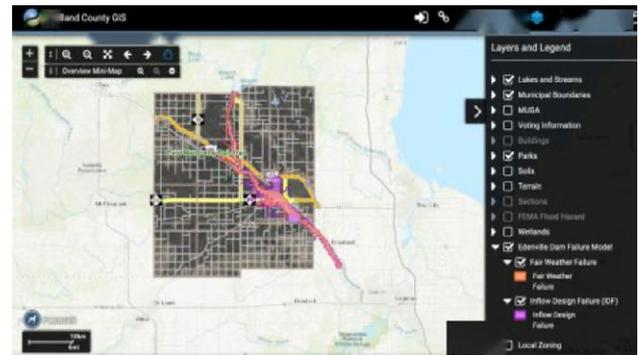


图 8 避洪转移路线图

本文综合摘译自:

- (1) 李宏恩, 盛金保, 何勇军. 近期国际溃坝事件对我国大坝安全管理的警示[J]《中国水利》, 2020(16)
- (2) 徐泽平. 美国密歇根州大坝溃决事件的分析与思考[J]《水利水电快报》, 2020, 41(6)
- (3) 国际洪水管理大会(ICFM)“洪水管理中的韧性建设”线上研讨会报告

# “蓝亩工程”和脆弱社区整体迁移： 美国洪泛区土地管理的全新探索

## 1、背景

洪水是美国最常见和造成损失最严重的自然灾害之一。据美国国家气象局统计, 2010年至2019年, 美国“五百年一遇”的洪水已经发生了25次, 频繁的水灾造成了巨大损失。2016年, 洪水给美国造成的经济损失达到100亿美元, 2017年由于飓风多发, 洪水损失更是高达600亿美元。

最近, 由英国布里斯托大学主导的一项基于高分辨率二维水动力学模型的研究绘制了整个美国大陆的洪水风险图。该研究突破性地发现, 有4100万美国人面临洪水泛滥的风险, 这是先前估计数字1300万人(基于联邦应急管理局现有洪水风险图, 约覆盖美国大陆的60%)的三倍多。而由于气候变化和人类活动, 未来可能会有更多的人遭受洪灾, 并且会造成更严重的损失。所有这些都凸显了制定全面的洪泛区和洪水风险管理计划的迫切需求。

以往的防洪思路对防洪工程设施过度依赖, 如大坝、防洪堤等, 而这也在无形之中对生态环境带来了负面影响。在现代美国, 有一种趋势认为河流的水位上涨到一定程度并淹没附近的土地是一种自然现象, 有益于向洪泛区输送养分和沉积物, 同时洪泛区还可以蓄滞洪水, 为野生生物提供高质量的栖息地, 为民众提供休闲娱乐场所。相比之前, 防洪工作者依赖工程上的灰色基础设施, 而自然保护工作者依赖保护性和恢复性的绿色基础设施, 如今, 两者合作共同制定可持续的综合解决方案。保护洪泛区或以耐洪的方式开发洪泛区(例如耐洪公园), 为水坝和堤防等已建成的防洪基础设施提供了重要的补充, 防止给民众带来不必要的风险, 并有助于避免对财产和基础设施造成破坏。



图 1 布里斯托大学绘制的美国洪水风险图 (局部)

## 2、“蓝亩工程”

早在1961年, 美国新泽西州环保局(NJDEP)就实施了“绿亩项目”, 通过将购买的土地及附属建筑改造成绿地公园、户外休闲娱乐空间、野生动物栖息地等自然区域的方式, 实现改善环境以及保护文化遗产的目的。多年来, “绿亩项目”累计保护了超过120万英亩(约合4856平方公里)的土地。而“蓝亩工程”就是在“绿亩项目”的框架下实施的专门针对洪泛区土地资产买断和开发的一个子项目, 由联邦和州财政共同出资购买那些频繁被洪水淹没的房屋, 重新连接洪泛区以便在洪水期间为河流提供更宽阔的行蓄洪空间并带来相应的经济和社会效益。



图2 “蓝亩工程”改造后的 Marshes Creek 河两岸

“蓝亩工程”有三个主要目标：永久性地将民众和房产迁离易受洪水威胁的区域；对公众开放土地；恢复自然生态，形成可以蓄滞洪水、缓解洪灾以保护其他社区的缓冲区。

“蓝亩工程”的实施只面向有意愿的出售者，不会采取强制措施进行拆除和搬迁。首先，有意愿的土地所有者自行下载和填写申请表，内容涉及

业主产权、土地信息、房屋情况、所临近的河流、心理出售价位等信息。来自曾经遭遇过洪水灾害的地区、处于洪水易淹没的区域或者能够缓解洪灾以保护其他社区的缓冲区的申请将会被受理。此后，新泽西州环保局(NJDEP)会组织专业人员进行测量和评估，并出具相关报告，作为后续交易的依据。

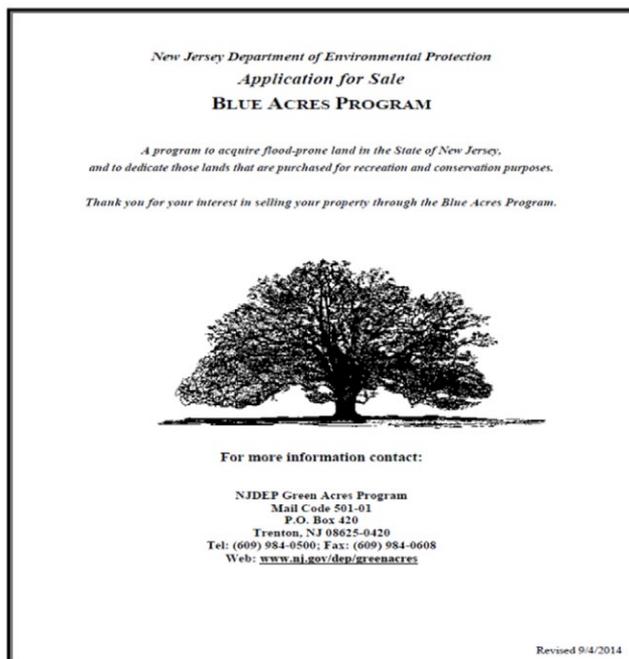


图3 “蓝亩工程” 业主申请表

针对飓风“桑迪”，新泽西州环保局(NJDEP)投资3亿美元建设“蓝亩工程”，以灾前的评估价格购置了1300套受灾房产，其中约1000套位于沿海地区，其余300套位于Manville等其他城镇以及Passaic河流域的社区。买断的房产需要满足的条件包括：受到飓风“桑迪”的破坏，或是此前屡次被淹；业主有意愿出售；联排房屋或是整个社区等。这些房产被买断后即被拆除，土地被永久保护起来，面向公众开放，平时可以作为休闲娱乐户外空间，洪水期间则可以用作一个天然的缓冲区域。

除了新泽西州以外，美国联邦政府和其他州的州政府也在实施类似于“蓝亩工程”的项目。联邦政府为斯塔滕岛的相关计划提供资金，以收购并拆除大量被洪水淹没的房屋，腾出空地，将其作为风暴来临时的缓冲区域。各州也已陆续开展相关行动，加利福尼亚州督促地方政府制定相关计划，将房屋搬离海岸线并进行重新安置；路易斯安那州实施Mollicy农场项目；伊利诺伊州设立Emiquon保护区等。值得一提的是，2009年华盛顿州的Puyallup

流域在遭遇惨重洪灾侵袭后，州政府与美国大自然保护协会合作实施了大规模防洪堤后移和洪泛区房产收购与恢复项目，防洪效益十分显著。随后不到五年，该流域再次遭遇了与2009年同量级的降水，而这次没有发生洪灾，农民得以正常劳作。除此之外，该项目还恢复了野生动物自然栖息地，促进了鲑鱼种群恢复和旅游业的发展。



图4 斯塔滕岛上的一处空地

### 3、脆弱社区整体迁移

2012年飓风“桑迪”之后，政府将买断并重新安置的目标逐渐从独立的房屋转向了整个社区，从而创造更大的空间来抵御洪水。多年来，尽管全美范围内洪灾日益严重，但政府官员们始终认为将整个社区搬离脆弱地区并进行重新安置的想法过于极端。他们觉得，重新安置破坏了美国人对曾经的家园和私人产业的眷恋之情，而且会耗费纳税人的大量税金。然而，这一想法如今正迅速转变，官员们对“重置计划”（有时也被称为“有计划的撤退”）的接受度越来越高，因为他们逐渐意识到，在连续洪水事件后一次又一次进行重建工作已经毫无意义。

由于一个社区可能只有部分居民同意搬迁，因此项目的实施通常较为散乱。如果某个社区的大部分居民都已经搬离，但还有个别房屋没有搬迁，那么整个社区的基础设施仍需维持正常运转，政府

仍需为道路、给排水、供电等支付费用。相反,如果整个社区或是街道一侧的住户集体搬离,就能把留出的空间恢复成湿地,保护附近地区免受洪水侵袭,或建成公园来积蓄雨水。因此,需要在统筹协调工作当中投入大量的精力,确保每个当事人的利益都受到保护,以促进整体搬迁顺利实施。目前正在实施的项目中,有的情况是政府专门出资新开发了一个住宅区(部分原因是该地区缺乏可用住房),也有的情况是将搬迁社区附近的整个住宅区购买下来,如此一来,原来的居民就可以在不远的地方获得新家。

2016年,联邦政府向路易斯安那州划拨了4800万美元的资金以安置从让·查尔斯岛撤离的居民。海平面持续上升和海岸侵蚀导致让·查尔斯岛丧失了大部分土地。路易斯安那州社区发展办公室负责管理让·查尔斯岛的居民安置项目,绘制了居民撤退的蓝图。让·查尔斯岛上的大部分居民都是美洲印第安人,他们最初大多不愿搬离祖祖辈辈生活的地方,认为其土著居民身份与这片土地紧密相连。项目前期所开展的公众协商历时多年,而且不时引发争论。如今,除少数家庭外,其他家庭都表示愿意搬离让·查尔斯岛。目前,让·查尔斯岛以北约30英里(约合48公里)的用于安置居民的“新岛”也已经开始施工。

让·查尔斯岛并不是唯一的案例。路易斯安那州有一个社区被当地居民称作“洪水城”,这里的房屋在过去30年里遭受了17次洪水侵袭。该社区的官方名称为Pecan Acres,位于路易斯安那州的新罗兹市(New Roads),居民约4000人。20世纪70年代,该社区在一片低洼沼泽地上建成,房屋主要出售给了黑人佃农。这里的大多数居民都买不起洪水保险,而且经济实力不允许他们搬家。最近,在灾后恢复资金和美国农业部(USDA)湿地恢复支持资金的资助下,整个社区将搬迁至附近高地上一处正在施工的新开发区,旧社区将恢复为湿地。



图5 让·查尔斯岛上的房屋



图6 正在施工的“新岛”

本文综合摘译自:

- 1 Oliver E J Wing et al. (2018) Estimates of present and future flood risk in the conterminous United States.13(3).
- 2 <https://www.blucres.com/about-us/>
- 3 [https://www.nj.gov/dep/greenacres/blue\\_flood\\_ac.html](https://www.nj.gov/dep/greenacres/blue_flood_ac.html)
- 4 <http://www.njcwrp.org/marshes-creek-resiliency-project>
- 5 <http://www.quankr.com/xxzx/202009/32688.html>
- 6 国际洪水管理大会(ICFM)网站 <https://www.icfm.world>

# 洪水和疫情双重夹击下的国际应对措施

2020年,许多国家和地区在防控新冠肺炎疫情期间遭遇了频发洪水。一方面,疫情爆发对经济的冲击直接波及到了各国人民的收入与福利,使他们在面临洪灾带来的经济损失时更加脆弱;另一方面,在洪灾转移撤离过程中,很难保证人与人之间的社交距离,从而在一定程度上增加了新冠肺炎感染的风险。本文整理分析了日本、英国、加拿大和乌兹别克斯坦等国在防疫期间应对洪水灾害的经验和教训。

## 日本

针对在新冠肺炎大流行的形势下应对洪水灾害的问题,日本公共卫生和灾害护理机构联合洪水管理研究机构制定了《新型冠状病毒疫情期间洪涝灾害应对措施指南》,用于指导个人、社区和地方政府制定应急疏散计划,管理避险场所。日本土木研究所和国际水灾害与风险管理中心联合印发了《新冠肺炎大流行背景下洪灾应急响应中的紧急情况汇总》报告。这份报告涵盖了地方政府在洪灾和新冠肺炎疫情双重危机下采取应急响应措施中可能遇到的疑问或进退两难的危急情况。报告包括初始响应、指挥部管理、政府机构组成、信息搜集、与利益相关者协调合作、发布疏散公告、发布相关信息、避险场所管理等8个章节。

例如,当面对“撤离人员中有一名疑似感染者,但难以确定密切接触者是谁”这一紧急情况时,地方政府可参考报告开展如下应对措施:

1. 统计应急避险人员名单;
2. 在指定的避险点接待处区分疑似感染者,疑似感染者需填写个人申报单,并实施避险场所分区管理,在个人申报单中需填写所在分区和其健康状况,以便快速追踪其密切接触人员;

3. 如果避险时间较长,人员的健康状况也会有所改变,应储备非接触式体温计,对避险人员的健康状况进行监测;

4. 增强关注并记录避险人员健康状况的意识,尤其是在他们出现体温升高时需及时报告。

7月份发生的九州熊本县大洪水事件中,这套应急响应体系得到充分的使用,发挥了重要的指导作用。



图1 2020年日本九州洪水事件

## 英国

英国的防洪理念逐渐从加强“防御”向提升“韧性”转变。所谓防洪“韧性”,就是在洪水的发生频率和严重程度不断变化的情况下,确保全社会体系具

备自我调节并快速恢复正常运转的能力。其包括三个要素:一是具备减轻灾害或突发事件影响的能力,二是具备对灾害或突发事件的适应能力,三是具备从灾害或突发事件中高效恢复的能力。

从被动地防御转变为主动地响应,一方面需要完善全社会应急管理体系,另一方面需要提升公众对风险的认知。从而更好地应对双重甚至多重危机下的复杂情况。

在提升应急管理体系方面,新冠肺炎疫情防控已成为全球“新常态”,人们无法再回到疫情发生前的状态,因此,必须适应当前状态并积极响应未来的每一场灾害事件。要建立和完善全社会应急响应及管理体系,就必须采取政府管理与地方自治相结合的方式,转变人们的防洪理念,提倡与水和谐共处、给水留出空间,重视水土不分家的空间规划内涵。要从多角度正确认识并充分利用洪水,化害为利。

在提升公众对风险的认知方面,公众对洪水和疫情的认识程度和态度存在很大差异。面对全球性扩散的新冠肺炎疫情,有人恐惧担忧,有人却视而不见。面对灾难,一是要对灾难本身具有科学的认知,二是要从心理和措施两方面提前做好防备。

## 加拿大

国际洪水管理大会(ICFM)主席、加拿大工程院院士、加拿大韦仕敦大学教授、水资源专家Simonovic教授提出了“流行病—减少感染—洪灾—撤离—增加传染风险”的双重风险影响路径。

以往,防汛和疾控部门大多是凭借以往的经验相对独立地开展应急管理工作,因此在卫生危机和洪水灾害同时来临时,各部门间缺乏充分的沟通交流,而容易疏忽应急工作中的优先级以及双重危机所带来的经济损失。对于大多数国家而言,防疫和防洪是有专门部门负责且是相对独立的。当两个灾害同时发生则需要两个部门或多个部门进行协调与配合,共同应对挑战,这其实也是一个新的领域。因为这两场危机在不断相互影响,产生了许多

新的问题,首先要深刻认识到这些问题以及问题间的联系,其次要考虑应急能力的建设。



图2 2020年加拿大卡尔加里市洪水事件

系统动力学方法能够科学模拟和评估多重风险(如新冠肺炎疫情与洪水的风险),并使人们更充分地了解整个系统以及每个组成元素间的相互作用(如新冠肺炎疫情与洪水并存所产生的相互影响),而这种相互作用会不断影响着整个系统的行为。同时,系统动力学方法还可以用来评估相应的应急措施的效果或者将自然科学、社会科学与工程学耦合到整个系统框架中,帮助分析当下的形势,并做出应对。

## 乌兹别克斯坦

萨尔多巴水库位于乌兹别克斯坦东部锡尔河州,于2017年建成蓄水,总库容9.22亿m<sup>3</sup>,水库主要是向当地提供农业灌溉用水。

2020年5月,暴雨和狂风使萨尔多巴大坝部分墙体倒塌,溃决洪水淹没了乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦的大片区域,其中导致乌兹别克斯坦约7万人被疏散转移。居住在疫情高风险地区的居民,在转移过程中,很难保证人与人之间的安全社交距离,一定程度上增加了新冠肺炎感染的风险。而当人们因洪水撤离原有的居住场所时,许多应急避难场所因为疫情原因却不能正常发挥原有的接纳能力,这是此前未曾经历或考虑过的新情况。此次事件中,由于乌兹别克斯坦的监测预警、应急处置条件与能力相对薄弱,造成4人死亡、56人受伤。

本文综合摘译自:

- (1)国际洪水管理大会(ICFM)“双重危机—疫情下的洪水管理”线上研讨会报告
- (2)国际洪水管理大会(ICFM)“洪水管理中的韧性建设”线上研讨会报告



图3 2020年乌兹别克斯坦萨尔多巴水库洪水事件



欢迎关注中国水科院微信公众号  
 地址:北京市海淀区复兴路甲一号  
 本刊联系方式:中国水科院 国际合作处  
 联系邮箱:dic@iwhr.com