



防洪应急管理

理论与实践

FangHong YingJi GuanLi
LiLun Yu ShiJian

刘永志 张行南 张文婷 崔信民 编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

FangHong YingJi GuanLi
LiLun Yu ShiJian

防洪应急管理 理论与实践

刘永志 张行南 张文婷 崔信民 编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

防洪应急管理理论与实践/刘永志等编著. —南京:
河海大学出版社, 2012. 9

ISBN 978-7-5630-3154-2

I. ①防… II. ①刘… III. ①防洪—突发事件—公
共管理—中国 IV. ①TV87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 201802 号

- 书 名 防洪应急管理理论与实践
书 号 ISBN 978-7-5630-3154-2/TV·332
责任编辑 周 勤
装帧设计 杭永红
出版发行 河海大学出版社
地 址 南京市西康路 1 号(邮编:210098)
电 话 (025)83737852(综合部)
(025)83722833(发行部)
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
排 版 南京理工大学资产经营有限公司
印 刷 南京玉河印刷厂
开 本 890 毫米×1240 毫米 1/32 4.875 印张 115 千字
版 次 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷
定 价 23.00 元

摘要 Abstract

本书以防洪应急管理工作中洪水预警转移安置决策为主要研究内容,研究了相关的防洪应急管理理论和关键技术。采用计算机仿真技术和地理信息系统技术,研究洪水灾害的发展过程,分析洪水影响的范围和造成的损失。当洪水可能对居民生命财产造成威胁的时候,及时向洪灾危险区内居民发出预警信息,通知灾民转移,合理安置转移群众,为抗洪救灾决策提供科学依据。

关键词: 应急管理;安置区选址;洪水预警传播;立体避迁;
决策支持系统;防洪转移预案

前言

Preface

洪水灾害是对人类影响最大的自然灾害之一,人类历史上发生的洪水灾害对人类社会进步和经济发展产生了深刻的影响。我们需要不断思考如何面对洪水灾害,学会如何与洪水长期共处。

由于水的自然和物理特性,短期内洪水灾害不会彻底消除,人类应对不可抗拒洪水的主要策略还是以避洪转移为主,确保生命不受到威胁。科学准确地预报预警洪水,合理周详地组织灾民提前转移,务实高效地进行灾民安置,因地制宜地开展灾后家园重建,这些是防洪转移安置的核心内容。不断发展和完善防洪预警转移安置决策理论,整合以 3S(GIS, GPS, RS)技术为代表的空间技术、计算机仿真技术在洪水灾害过程中的监测与预报、洪水信息的传输与存储、防洪调度方案的制订、防洪转移指令的下达和传输、应急指挥、转移安置等方面的应用,可以极大地提高国家防洪减灾的能力,发挥巨大的经济和社会效益。

本书研究的主要目的是基于前人相关的研究成果,对防洪预警转移安置关键技术进行深入研究,以期防洪应急管理提供理论指导和实践参考。本书主要研究的内容及章节安排如下:

第一章,介绍了研究背景和研究意义,在综述并分析我国洪水灾害特点、防洪转移安置工作重要性的基础上,总结了洪水淹没范围获取方法、避洪安置区选址、防洪转移预警传播和灾民疏散转移等方面的国内外研究成果。第二章,论述了避洪安置区的含义及规划原则,介绍了安置区规划流程。在论述避洪安置区选址原则的基础上,基于 GIS 的模糊综合评判避洪安置区选址方法,进行

选址分析,从而确定避难人员前往的目的地。第三章,从研究传播学入手,研究信息传播的拓扑性质,在上述分析的基础上,构建洪水预警系统,分析系统的架构,阐述洪水预警流程,洪水预警信息的发布方式等。第四章,构建了“立体避迁”框架,分析了“垂直避迁”和“水平避迁”两种情况,根据灾民疏散转移涉及的不同时间和空间尺度,分别从微观、中观和宏观角度对灾民避难行为进行模拟,并且分析了不同尺度模拟方法的优点和缺点。第五章,进行防洪避难安置应急管理研究,构建防洪预警转移安置决策支持系统的总体框架。第六章,总结和展望。总结了研究内容和主要成果,分析了目前研究中存在的问题和不足,并就进一步的研究提出看法和建议。

本研究成果得到了国家自然科学基金委员会青年科学基金项目“区域应急避洪能力评估方法研究(41101510)”,“风暴潮洪灾综合风险的传导机理及耦合计算模型研究(41101504)”;“十一五”国家科技支撑计划项目“水库大坝安全保障关键技术研究”之课题“水库大坝风险控制非工程措施研究”(2006BAB14B05);中央级公益性科研院所基本科研业务费基金资助项目“洪水风险分析技术及应急管理研究(Y511004)”等的资助,在此一并表示感谢。参加本研究的主要人员除本书作者外,还有天津大学李发文,河海大学夏达忠等。

本书的出版得到南京水利科学研究院专著出版基金资助,谨此致谢。

由于作者经验不足,水平有限,书稿内容难免出现疏漏或错误,敬请读者批评指正。

作者

2012年6月于南京

目录

Contents

前 言

摘 要

第一章 绪论 / 001

1.1 选题背景和研究意义 / 001

1.1.1 防洪转移安置工作的重要性 / 001

1.1.2 防洪措施建设 / 002

1.1.3 研究目的和意义 / 003

1.2 防洪预警转移安置研究现状 / 004

1.2.1 洪水淹没 / 004

1.2.2 避洪安置区选址 / 007

1.2.3 防洪转移预警传播 / 008

1.2.4 灾民疏散转移 / 010

1.2.5 防洪转移决策支持系统 / 014

1.3 防洪预警转移安置研究中存在的问题 / 017

1.4 技术路线与研究内容 / 017

1.5 章节安排 / 021

第二章 洪灾避难安置区选址研究 / 023

2.1 避洪安置区规划 / 023

2.1.1 避洪安置区含义和规划原则 / 023

2.1.2 避洪安置区的规划流程 / 024

2.2 洪水淹没范围获取 / 025

2.2.1 基于 GIS 的“体积法”洪水淹没模拟 / 026

2.2.2 洪水淹没范围遥感监测方法 / 028

- 2.2.3 基于 GIS 与水动力学模型的洪水淹没模拟 / 029
- 2.3 基于 GIS 的模糊避洪安置区选址方法 / 031
 - 2.3.1 基于淹没的安置区规划 / 032
 - 2.3.2 避洪安置区评价指标体系 / 032
 - 2.3.3 模糊综合评判模型 / 034
- 2.4 避洪安置区选址模型应用 / 037
 - 2.4.1 实验区基本情况 / 037
 - 2.4.2 洪水淹没模拟 / 037
 - 2.4.3 选址模型计算 / 047
- 2.5 小结 / 054

第三章 洪水预警信息传播研究 / 056

- 3.1 洪水预警传播分析 / 056
 - 3.1.1 洪水信息传播的含义 / 056
 - 3.1.2 洪水信息传播的意义和特点 / 057
 - 3.1.3 洪水信息传播的要素分析 / 058
- 3.2 洪水信息传播模式研究 / 060
 - 3.2.1 信息传播渠道的拓扑学定义 / 060
 - 3.2.2 信息传播渠道的同伦 / 063
 - 3.2.3 洪水信息传播模式构建 / 063
- 3.3 基于复杂网络的洪水信息拓扑传播理论 / 065
 - 3.3.1 复杂网络理论 / 065
 - 3.3.2 洪水信息传播的复杂网络基础 / 066
 - 3.3.3 复杂网络信息传播动力学 / 066
- 3.4 洪水预警传播模型 / 069
 - 3.4.1 基于拓扑的洪水预警信息传播模型 / 069
 - 3.4.2 洪水预警流程 / 081

- 3.4.3 预警信息的发布 / 082
- 3.5 小结 / 083

第四章 防洪避难模拟 / 085

- 4.1 防洪应急疏散组织流程 / 085
 - 4.1.1 洪水预警信息响应 / 086
 - 4.1.2 组织流程 / 087
- 4.2 建筑物疏散分析 / 089
 - 4.2.1 建筑物疏散数学模型 / 089
 - 4.2.2 建筑物网络概化模型 / 091
 - 4.2.3 建筑物空间网格疏散模型 / 091
- 4.3 街区疏散模拟 / 096
 - 4.3.1 基于多智能体系统的中观疏散模型 / 096
 - 4.3.2 车辆和行人智能体行为规则 / 097
 - 4.3.3 栅格最短路径算法 / 099
 - 4.3.4 中观疏散模型的建模方法 / 101
 - 4.3.5 模型试验与分析 / 102
- 4.4 宏观交通疏散 / 105
 - 4.4.1 OREMS 模型 / 106
 - 4.4.2 宏观疏散模拟过程 / 108
 - 4.4.3 实例应用 / 108
- 4.5 小结 / 110

第五章 防洪避难安置应急管理研究及应用 / 112

- 5.1 防洪预警转移安置决策支持系统 / 112
 - 5.1.1 防洪预警转移安置决策过程 / 113
 - 5.1.2 系统结构设计 / 113
- 5.2 防洪预警转移安置决策支持系统的应用 / 117

- 5.2.1 系统需求分析 / 117
- 5.2.2 系统功能结构设计 / 118
- 5.2.3 系统开发实例 / 119
- 5.3 防洪预警转移安置应急预案研究 / 122
 - 5.3.1 防洪预警转移安置应急预案 / 122
 - 5.3.2 预案编制 / 123
 - 5.3.3 预案评价流程 / 125
 - 5.3.4 预案评价方法 / 125
- 5.4 小结 / 127

第六章 总结与展望 / 129

- 6.1 主要研究内容 / 129
- 6.2 研究展望 / 130

参考文献 / 132

第一章

绪论

1.1 选题背景和研究意义

1.1.1 防洪转移安置工作的重要性

我国地处欧亚大陆东南部,地势西高东低,大部分国土位于季风气候区。降水年季分布不均,空间分布不均。由于特殊的自然地理条件和降水的时空不均衡性,我国是世界上洪水灾害发生最为频繁的国家之一,洪水灾害一直严重威胁着人民生命财产安全和社会的稳定。据资料统计,在过去的2000年间,我国平均每两年就会发生一次大规模洪水灾害。据国家防总办公室发布的不完全统计,2011年中国31个省(区、市)均不同程度地遭受洪涝灾害,其直接经济总损失约1301亿元人民币。全国共有1846个县(市、区)受灾、受灾人口8942万人,全国在防汛工作中提前转移并妥善安置危险地区的群众达838万人,避免人员伤亡事故1万多起。

当前和未来一段时间内,在应对超标准洪水时,为了确保居民生命财产不遭受洪水侵害,避洪转移作为防洪减灾的主要手段会长期存在。我国国土辽阔,地理条件、气候条件十分复杂,会造成多种形式的洪水灾害,从而引发不同规模的人员避洪转移。具体情况如下:

(1) 我国河流湖泊众多,在汛期到来之时,容易发生大范围的

洪水灾害。上个世纪末本世纪初,我国长江流域、淮河流域、珠江流域和辽河流域都发生了比较大的洪水,造成很大损失^[1]。

(2) 为了防御洪水灾害和除害兴利,国家十分重视防洪工程措施建设,修建了大量的水利工程,包括修建堤防、水库大坝、水闸等,在重要防洪地区还规划了平灾结合的行蓄洪区。截止目前(2012年),我国已经建成水库 86 000 余座,长江、黄河、淮河等流域已建主要蓄滞洪区 80 余处。水库下游的居民和重要的蓄滞洪区内的常住人口是防洪转移的重要对象。

(3) 我国东南沿海每年都会遭受台风袭击,台风造成的风暴潮灾害和暴雨洪灾十分严重,每年沿海地区应对台风都需要转移大量居民。仅 2008 年先后就有 10 场台风或热带风暴在我国登陆,为应对台风全年紧急转移安置群众达 492.23 万人次。

(4) 北方河流春季的凌汛亦会迫使危险区内居民转移。地质灾害造成的堰塞湖、泥石流会对下游居民的安全形成巨大的威胁,如果险情严重也要及时转移安置群众。

1.1.2 防洪措施建设

随着科学技术的发展,防洪减灾技术水平得到了极大的提高。美国、荷兰、英国等国家在洪水管理、防洪减灾方面取得了很大的成果。美国的洪泛区管理措施、英国的流域洪水管理计划(CFMPSs)、荷兰对莱茵河洪水的治理等都取得了巨大的成功^[2-4]。

我国防洪建设工作也取得了巨大的进步。我国政府每年都要投入巨大的人力、物力、财力进行防洪基础设施改造,防洪管理体系建设以及防洪、抢险、救灾工作。我国当前防洪建设工作主要从防洪工程措施和防洪非工程措施两个方面展开^[5, 6]。

防洪工程措施就是为了防御洪水、减轻洪水灾害造成的损失而修建的水利工程。防洪工程措施包括:修筑江海堤防,整治河道,修建水库,在重点保护地区附近修建分洪区(或滞洪、蓄洪区),

兴建排涝泵站等。在防洪实践中综合运用和合理调度几种重要的工程措施,以达到防洪减灾的目的。防洪工程措施通过对洪水的蓄、滞、分、泄,起到防洪减灾的效果^[7];一方面,提高了江河抗御洪水的能力,提高了江河的防洪标准,从而减少了洪灾出现的频率;另一方面,当出现超防洪标准的大洪水时,虽不能避免产生洪水灾害,但可以在一定程度上减轻洪灾损失。防洪工程措施的减灾作用十分明显和有效,是必不可少的防洪减灾手段^[8]。

防洪非工程措施指防洪工程以外的技术手段,例如洪水预报调度、防洪决策、防洪信息管理、防洪相关的法规等。防洪非工程措施的具体研究方面有:建立洪水预报和警报系统、制定超标准洪水防御措施、进行救灾与实行洪水保险、对洪泛区进行管理、制定疏散转移安置计划、制定执行有关防洪的法规政策等^[9]。其中,洪水预报与警报系统的研究十分重要。洪水发生之前,利用水文气象遥测系统收集水雨情资料,利用专业模型进行分析,对洪水特征值进行预报(洪峰流量、洪水总量、洪水水位、流速、洪水到达时间)等,及时发出洪灾预警信息,组织洪灾危险区内居民疏散,做好抗洪抢险工作,减少洪灾造成的损失。

防洪预警避难安置决策系统属于防洪非工程措施体系,它综合了洪水预警、灾民转移以及安置区选址等一系列功能,该系统可以在洪水到来之前辅助决策者进行防洪转移安置方案的制订,从而极大地减少洪水灾害造成的损失。因此,它在整个非工程措施体系结构中占有非常重要的位置。

1.1.3 研究目的和意义

如何有效地防洪减灾,在洪水发生过程中尽可能减少居民生命财产损失,是全球洪水管理的一个共同课题。处于科技高速发展时代的我们需要不断思考如何面对洪水灾害,学会如何与洪灾长期共处。我国是洪水灾害多发的国家,洪水灾害造成的巨大损

失长期影响和制约着社会经济的发展,加之我国防洪非工程措施研究应用起步较晚,需要投入更多精力加快其建设。我国防洪预警转移安置研究处于起步阶段,并且涉及到百姓民生问题,更加需要加快建设进程。基于这种情况,本书着重研究防洪预警转移安置决策理论,满足当前防洪工作的需要,更好地为防灾减灾服务。

防洪预警转移安置决策理论,在多学科交叉背景下,利用现有的工程措施和非工程措施,采用计算机仿真技术和地理信息系统技术,研究洪水灾害的发展过程和发展趋势,分析洪灾影响范围和造成的损失,及时、准确地掌握洪水信息,辅助防洪管理部门进行防洪减灾部署,在应对威胁居民生命财产安全的洪水的时候,可以及时通知洪灾危险区内居民转移,并且合理安置,为抗洪救灾决策提供科学依据,最大限度地减少洪水造成的损失。在上述分析的基础上,本书构建的防洪预警转移安置决策支持系统具有重要的理论价值和应用价值。

1.2 防洪预警转移安置研究现状

1.2.1 洪水淹没

在洪水预报与防洪调度的基础上,可以分析出洪泛区的入侵洪量和入流过程,模拟出受灾区域的淹没范围和淹没水深,从而为防洪预警转移安置提供决策支持。

对于洪水淹没范围的计算,刘仁义提出了有源淹没和无源淹没两种情形下的种子蔓延算法的淹没区计算方法^[10];宋敦江提出了运用地图代数进行洪水淹没模拟与分析的方法^[11];丁志雄基于GIS和RS技术应用生成的网格模型来进行淹没分析^[12];李发文根据数学形态学原理,利用“膨胀算子”和体积法计算出洪水淹没区水深和淹没范围^[13];冯丽丽、刘小生等在GIS平台上,运用种子

蔓延法实现了淹没区范围的确定^[14]。特别值得提出的是,张行南、张文婷等在水文学原理和 GIS 的基础上,分别考虑了无工程条件下的漫滩式淹没和工程条件下的溃堤式淹没,并针对以上两种淹没形式,分别建立了进水量计算模型和洪水淹没演进模型。淹没演进模型的构建以地形概化为基础,根据上海市沿海区域下垫面特性和堤防、道路等线状阻水建筑物的分布以及地势等因素,将地形划分为地理单元和计算单元:地理单元控制淹没水流流向,计算单元辅助计算淹没水量和水位^[15, 16]。

遥感监测洪水淹没范围的方法也被广泛应用于防洪减灾研究中。在利用 NOAA 气象卫星监测洪涝灾害方面,曹述互等利用三通道彩色合成图像目视解译分析洪水动态变化^[17],赁常泰等利用二通道图像提取洪灾信息^[18],周成虎等利用洪灾光谱模型自动提取淹没范围等^[19]。气象卫星虽然不能穿透云层观测,但由于两颗 NOAA 卫星每天可在不同时间过境四次,可能避开云层,大大提高了无云观测的可能性。总之,气象卫星的高时间分辨率、成像范围大等特征使其成为大范围洪涝动态监测的重要手段。

在利用 Landsat TM 影像获取洪涝水体资料方面,戴昌达等采用 TM 影像分析评价了 1991 年安徽滁河和水阳江流域的洪涝灾情;周成虎等利用 TM 影像分析计算出 1991 年太湖流域特大洪灾分区经济损失^[20-22]。但是,由于资源卫星轨道重复周期长,难以掌握洪水的动态信息,并且 TM 无微波通道,不能穿透云雨,在雨季很难得到清晰可用的影像。因此很难依靠 TM 遥感数据掌握实时的洪涝灾情信息,但 TM 影像可在易发洪水地区的基础背景数据库建设中发挥重大作用。

通过对洪水淹没研究现状的总结,洪水淹没研究采用的方法主要有实际洪水调查法、地貌学方法、水面线法、水动力学模型方法、基于 GIS 的体积法和遥感监测方法^[23-25]。

(1) 实际洪水调查法。即通过实地调查的方法,调查出实际

发生的洪灾的量级,弄清洪水淹没的区域和水位,在地图上勾画出该地区不同量级的洪水所对应的洪水淹没范围,该方法适合在已经发生过洪水的地区并且有调查资料的情况下使用。

(2) 地貌学方法。着重从地形地貌的角度分析洪水淹没的范围和特征。该方法要分析特殊的地形地貌的特征,对各种地形单元进行分类,并确定各个地形单元的最高水位和淹没范围。该方法适用于流量资料短缺的地区和微地形特征较为显著的洪泛区域。

(3) 水面线法。对风险区附近的河道,通过水位-流量曲线插补出不同频率的洪峰流量相对应的洪水水位,将风险区内的地形用数字高程模型表示,凡在洪水水位以下的区域认为被淹没。该方法的缺点是没有考虑洪水淹没过程的连通性。

(4) 基于 GIS 与水动力学模型的洪水演进模型。该模型可以将洪水淹没过程模拟出来,包括模拟出不同时间洪水淹没的范围、水深、流速、流向,这对分析洪水的淹没过程是非常有用的。但是,洪水演进模型建模过程复杂,需要投入大量的精力。

(5) 基于 GIS 的体积法。洪水淹没范围模拟模型也是对洪泛区洪水演进问题的一种简化处理方法。模拟洪水淹没之前,需要借助 GIS 软件确定研究范围,然后建立研究区 DEM 数据,再根据高程的不同将研究区域划分成不同的研究单元。采用预报模型的计算结果作为洪水淹没的来水量或者淹没水位,根据水量平衡的原理推算风险区内洪水的淹没过程。基于 GIS 的体积法简单实用,有利于在防汛抗洪中迅速做出决策^[26-28]。

(6) 遥感监测洪水淹没范围方法。遥感技术具有观测范围广、实时性好等优点,尤其是雷达遥感能够穿透云雾,可以用来监测洪水淹没情况。

1.2.2 避洪安置区选址

在防洪决策管理中,避洪安置区的选址是最重要的决策之一,避洪安置区选址的好坏直接影响到整个避难转移计划是否能顺利实施。好的选址会给灾民的转移带来便利,为灾民的安置提供保障,提高政府的管理效率;反之,会给避难转移带来很大的不便和损失。所以,对避洪安置区选址问题的研究有着重大的意义。多年来国内外的学者研究了各种选址模型,试图更好地解决选址问题。

最早的选址问题由 Weber 于 1909 年提出。他所考虑的选址问题是确定一个仓库位置,从而使仓库与各处客户之间的总运输距离最短。Hakimi^[29]用布尔函数法枚举出所有的顶点覆盖,求得了最少数目的中心,覆盖了所有在特定的最大距离之内的需求点,这是紧急救援选址问题最早的雏形。1971 年,C. Toregas^[30]等人正式提出了应急服务设施选址问题。

Masood A. Badri (1998)年指出消防站地址的选择涉及一系列相互冲突的目标,从而建立了消防站选择的多目标数学模型,该模型不但考虑了传统选址模型的时间和距离目标,还考虑了与费用相关的目标^[31]。Sydney C. KChu (2000)提出了香港医院的选址及其资源配置模型的框架,其研究成果已经成功应用于香港的医院管理局系统^[32]。美国犹他大学的 Sirisak 着重考虑了洪灾避难计划中灾民从安置区选取角度上的分配-安置模型。该模型假设灾民可以自行选择由政府规划的安置区,并基于博弈论构建了分配-安置模型,应用双层线性规划建立模型,并使用基因算法求解^[33-36]。

近年来,国内关于应急选址模型的研究成果也很多。东南大学方磊博士研究了选址问题在不同条件下的模型和算法,在满足应急系统时间紧迫性的前提下,考虑了应急系统的运行费用,建立