

洪水灾害损失评估系统

——遥感与GIS技术应用研究

陈秀万 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

责任编辑 王志媛

封面设计 王 鹏

内容提要

本书利用遥感技术与地理信息系统等现代高新技术,对洪水灾害的发生趋势、发展动态及其危害进行了研究,探讨了洪水灾害及其损失信息快速而准确的获取途径。根据洪水灾害损失的构成特点,讨论了洪灾损失评估的原则和方法,提出了度量洪灾总损失的指标——洪损度的概念及其计算方法。在探讨不同遥感平台获得的不同种类遥感信息监测洪水灾害的优势与不足的基础上,研究了遥感信息的复合技术和遥感监测地面实况(土地利用和洪水等)的理论与技术方法,建立了土地利用的遥感识别模型和洪灾遥感分析系统,并根据损失评估对自然和社会经济信息的需求,设计了一个专题地理信息系统——洪灾损失信息系统。同时,研制了洪灾损失预评估模型、实时评估模型和年期望损失评估模型,提出了一整套估算洪灾损失的公式。在此基础上,建立了一个具有一定智能水平,能实现从洪水的实时监测到实际灾害损失评估全过程的洪水灾害损失评估系统。此系统具有较好的实用性和通用性,可对各种直接经济损失和间接经济损失以及无形损失进行快速准确的评估,为抗洪救灾快速反应和洪泛区管理与防洪工程设计提供科学依据。

本书可供从事洪水灾害、遥感、地理信息系统研究的科技工作者和大专院校师生,以及水利、环境、区域规划与管理等部门的有关技术人员和管理人员使用参考。

ISBN 7-80124-940-2



9 787801 249401 >

ISBN 7-80124-940-2/TV·447

定价: 14.80元

国家自然科学基金资助项目(49571058)

洪水灾害损失 评估系统

——遥感与GIS技术应用研究

陈秀万 著

中国水利水电出版社

图书在版编目(CIP)数据

洪水灾害损失评估系统——遥感与GIS技术应用研究/陈秀万著. —北京:中国水利水电出版社, 1999
ISBN 7-80124-940-2

Ⅰ. 洪… Ⅱ. 陈… Ⅲ. 遥感技术-应用-水灾-损失-经济评价 N.F062.2

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第01262号

书 名	洪水灾害损失评估系统 ——遥感与GIS技术应用研究
作 者	陈秀万 著
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京京丰印刷厂印刷
规 格	850×1168毫米 32开本 5.75印张 148千字
版 次	1999年2月第一版 1999年2月北京第一次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	14.80元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

人类历史实际上是一部同自然灾害作斗争

以争取生存与发展的悲壮奋斗史！

——题记

自从生命奇迹般地在这个星球上诞生以来，他们无时无刻不在经受生与灭的考验。生物在向人类进化的整个过程中，尽管逃脱了被自然吞噬的厄运，但由于抵御灾害能力所限，终究难以摆脱被蹂躏的结局。现代物质文明的高度发达和科学技术的飞速发展，为自然灾害的调控提供了必要的基础和手段，然而与此同时，自然灾害也在加速地袭击人类。据联合国统计，世界每年自然灾害所造成的直接经济损失达40多亿美元。而且自然灾害还与人为灾害相互放大，这种相互放大过程正在威胁着人类和生物圈的生存。作为“五害”（水、旱、风、雾、雹、霜、厉、火）之首的洪水灾害更是如此。

地球上覆盖着占地球表面70%多的永久性水体。海洋是生命存在的前提，是人类进化的主要源泉。纵横交错的河流，星罗棋布的湖泊，周而复始、无穷无尽的大气降水为全球50多亿居民提供了赖以生存与发展的淡水资源。有史以来，人们择水而居、依水而耕，获得了得以生存的物质资料和水源，同时也把自身暴露在洪水的危险面前。水，这种孕育了生命并不断使其完美起来的天使，有时又魔幻般地隐去其可爱的笑靥，成为杀气腾腾的凶手和可恶的毁灭者。世界上每年因洪水而造成巨大的损失，众多生灵遭涂炭。“浪头高压万江楼，眷属都羁水府囚，人鬼黄泉争路出，蛟龙白日上城游。悲哉极目秋为气，逝者伤心泪逆流，不是乘桴

即升屋，此生始信一浮鸥。”（清·毕沅《荆州水灾》）。我们禁不住为人类在漫长的历史时期内面对灾害恶魔时那种几乎是任其宰割、束手无策的状况而悲哀！

然而，灾害对科学的挑战结果往往推动了科学的进步和技术的创新。人们在防灾减灾实践中，在吸取前人经验教训的基础上，不断开拓创新，总结出一套又一套切实可行的技术方法，从而形成减灾科学。不过，真正将灾害学作为一门科学进行研究还仅仅开始，研究现状远不能满足国民经济发展的需要。近50年来，我国在水利基本建设方面投入了巨大的人力、物力和财力，各大江大河防御洪水的能力有了很大的提高，对洪水灾害发生的频率和程度的调控能力有了明显的增长，但过去的10多年里，洪涝灾害的损失却显著增加。1991年全国性大洪水，特别是江淮流域特大洪水造成了惨重的损失。这说明我们所面临的防灾抗灾任务仍然是十分艰巨的。减轻灾害所造成的损失，客观效果就等于增加生产，其重要意义十分明显。为此，必须加强对洪水成因与发生规律的研究，并对洪水灾害及其损失的未来趋势进行分析预测，对灾区洪水实行实时监测，对灾情做快速评估，科学地制定防洪和减灾的对策，并快速地采取有效的抗洪救灾措施，以维护社会经济的持续稳定发展。

现代遥感和地理信息系统技术，以其独具的优势和潜力，在洪灾发生前，可以不断提供关于洪水灾害发生背景和条件的大量信息，有助于圈定洪灾可能发生的地区、时段及危险程度，采取必要的防灾措施，减轻灾害造成的损失；在灾害发生过程中，可以不断监测灾害的进程和态势，及时把信息传输到各级抗灾指挥机关，帮助他们有效地组织抗灾活动；在成灾以后，可以在大范围内迅速、准确地查明受损情况，以便及时组织救灾，恢复生产，重建家园。充分发挥遥感、全球定位系统和地面监测系统获取的洪水动态信息以及在地理信息系统支持下快速处理、系统分析、综合评价和预测预报的综合技术优势，可以为洪水灾害的快速反应和防洪抗灾辅助决策提供科学依据。

本书是在作者博士论文、博士后研究报告以及在韩国和日本开展合作研究期间取得的部分研究成果的基础上完成的。研究部分地结合水利水电科学基金“遥感技术在洪旱灾害预报中的应用”、国家“八五”重点科技攻关课题“洪灾遥感监测技术方法研究”、国家自然科学基金项目“基于GIS的洪旱灾害遥感信息模型研究”、国家博士后科学基金项目“基于GIS的洪水预报遥感信息模型研究”等，利用先进的航天航空遥感技术与地理信息系统，对洪水灾害发生趋势、发展动态及其危害进行研究，探讨洪水灾害及其损失信息的快速而准确的获取途径。根据洪水灾害损失的构成特点，通过理论研究与应用分析，建立一个具有一定智能水平的洪水灾害损失评估系统，可对农业损失、工业损失、财产损失等直接经济损失和间接经济损失以及无形损失等进行快速准确的评估。

本书的主要研究成果是在博士导师叶守泽教授和魏文秋教授的悉心指导下完成的，并得到博士后合作教师马蔼乃教授的大力支持。他们对事业的执着追求与自强不息，治学上严谨的作风和学术上不断开拓创新的精神给我以极大的激励与鞭策。在此，谨向三位先生致以崇高的敬意和衷心的感谢，并向所有关心、支持和帮助过我的领导、前辈和朋友们致以诚挚的谢意。

谨将此书献给

全世界为探索减轻自然灾害损失对策和行动而献身的人们！

陈秀万

1997年11月

目 录

前 言

第一章 概述	1
1.1 洪水、洪水灾害及其研究的内容	2
1.2 我国洪水灾害的成因及分布特点	4
1.2.1 洪水灾害及其损失概况	4
1.2.2 我国洪水灾害的成因	6
1.2.3 我国洪水灾害的时程变化分析	8
1.2.3.1 洪水灾害年际变化特点	8
1.2.3.2 洪水灾害季节变化特点	9
1.2.4 我国洪水灾害的区域分布特点	10
1.3 洪水灾害的研究现状	12
1.3.1 洪水灾害损失预(测)评估研究	12
1.3.2 洪水监测的遥感技术	13
1.3.3 损失评估方法研究	16
1.4 加强洪水灾害研究的重要性	17
1.5 遥感技术与地理信息系统在洪水灾害研究中的 作用	18
 第二章 洪水灾害损失评估原则、方法及损失量化指标 研究	 21
2.1 引言	21
2.2 洪水灾情影响因素分析	23
2.3 洪水灾害损失分析与评估	24
2.3.1 洪水灾害损失分类	24
2.3.2 洪水灾害损失评估内容	26

2.3.2.1 洪水灾害损失评估分类	26
2.3.2.2 洪水灾害损失评估的基础工作	27
2.3.2.3 洪水灾害损失评估的主要手段	27
2.3.3 洪水灾害损失的不确定性	27
2.4 洪水灾害损失评估的原则与方法	28
2.4.1 洪水灾害损失评估原则	28
2.4.2 洪水灾害损失评估方法	29
2.5 洪水灾害损失量化指标的建立	30
2.5.1 建立洪水灾害评估指标系统的紧迫性和重要性	30
2.5.2 洪水灾害指标和指标系统的定义以及指标的类型	30
2.5.3 建立洪水灾害指标系统的基本原则	31
2.5.4 洪水灾害评估指标系统的组成	32
2.5.5 洪水灾害总损失指标——洪损度	33
2.6 小结	37
第三章 洪水灾害遥感监测理论与技术方法研究	38
3.1 引言	38
3.2 遥感信息源及其特点	39
3.3 洪水灾害遥感监测的理论	42
3.3.1 洪水光谱特性分析	42
3.3.2 不同遥感资料对水体的敏感度	43
3.4 洪水灾害遥感信息复合分析	45
3.4.1 多波段遥感信息的复合	46
3.4.2 多时相遥感信息的复合	48
3.4.3 多平台遥感信息的复合	49
3.4.4 遥感信息与非遥感信息之间的复合	51
3.4.5 洪水灾害遥感信息和地理信息系统的复合分析	51
3.5 土地利用遥感识别模型 (LANDURS) 研究	54
3.5.1 土地利用遥感调查的理论依据	55
3.5.2 LANDURS 模型的建立	58
3.5.2.1 LANDURS 模型的基本结构	58
3.5.2.2 模糊最优聚类	59

3.5.2.3	最大似然分类	60
3.5.2.4	假彩色合成图像解译与土地利用分类制图	60
3.5.3	应用与分析	61
3.5.3.1	研究区和卫星资料	61
3.5.3.2	TM 信息分析	62
3.5.3.3	土地利用分类图	63
3.6	洪水灾害遥感分析系统 (FLOODAS) 研究	64
3.6.1	系统目标与信息源	65
3.6.2	系统的总体设计	65
3.6.2.1	系统硬件配置	65
3.6.2.2	系统的逻辑结构设计和物理结构设计	65
3.6.3	系统功能与操作运行	68
3.6.3.1	系统的基本功能	68
3.6.3.2	系统各模块的基本功能	69
3.6.3.3	系统的运行	70
3.6.4	FLOODAS 系统在淮河流域的初步应用	70
3.6.4.1	试验区域与实验数据简介	70
3.6.4.2	系统在试验区域的应用	71
3.7	小结	74
第四章	洪水灾害损失信息系统 (FLOODIS) 设计	76
4.1	引言	76
4.2	FLOODIS 系统的基本结构设计	78
4.3	FLOODIS 系统功能设计	78
4.4	资料收集与数据库建立	79
4.4.1	资料收集原则	79
4.4.2	数据库建立	81
4.4.3	数据库资料更新方法	81
4.5	分析与应用模型的研究	81
4.6	小结	82
第五章	洪水灾害损失预评估模型 (FLOODPEM) 研究	83

5.1 引言	83
5.2 洪水灾害发生及其损失可预测性分析	84
5.3 洪水灾害损失预测方法探讨	87
5.4 FLOODPEM 模型的建立	88
5.4.1 AR(P)模型及其参数估计	88
5.4.1.1 AR(P)模拟模型	88
5.4.1.2 AR(P)模型参数估计	89
5.4.1.3 AR(P)序列预测模型	91
5.4.2 灰色灾变模型 FGRM	92
5.5 模型率定与应用试验	96
5.5.1 资料来源与处理	96
5.5.2 AR(P)模型识别与应用试验	97
5.5.3 FGRM 模型率定与应用试验	98
5.6 小结	99

第六章 洪水灾害损失实时评估模型 (FLOODREM)

研究	100
6.1 引言	100
6.2 洪水灾害损失评估的理论依据	101
6.3 FLOODREM 模型的基本结构	103
6.4 FLOODREM 模型的微结构	105
6.4.1 建筑物损失 DS 的估算	106
6.4.1.1 建筑物损失 DS 的估算方法	106
6.4.1.2 住宅与商业建筑物价值 $RCSV$ 的估算	108
6.4.1.3 移动房屋价值 $MHSV$ 的估算	109
6.4.2 内部财产损失 DC 的估算	109
6.4.2.1 内部财产损失 DC 的估算方法	109
6.4.2.2 内部财产价值 VC 的估算	110
6.4.3 农牧渔副业洪水灾害损失 DA 的估算	111
6.4.3.1 农作物损失 $DA1$ 的估算	112
6.4.3.2 畜牧业损失 $DA2$ 的估算	116
6.4.3.3 林果业损失 $DA3$ 的估算	116

6.4.4	基础设施损失 DU 的估算	117
6.4.4.1	民用公共设施损失 $DU1$ 的估算	117
6.4.4.2	农村水利工程设施损失 $DU2$ 的估算	117
6.4.4.3	供水系统损失 $DU3$ 的估算	117
6.4.4.4	供电系统损失 $DU4$ 的估算	118
6.4.5	交通损失 DT 的估算	118
6.4.6	紧急救援费用 DE 的估算	119
6.4.7	停产损失 IPD 的估算	119
6.4.8	设备损失 ID 的估算	119
6.4.9	间接经济损失 DI 的估算	120
6.4.10	人员伤亡损失 DP 的估算	122
6.4.11	洪损度 FDD 的估算	123
6.5	FLOODREM 模型的运行	123
6.6	小结	124
第七章	洪水灾害年期期望损失评估模型(FLEADEM)研究 ...	127
7.1	引言	127
7.2	防洪效益分析与洪水灾害年期期望损失	128
7.3	FLEADEM 模型的建立	130
7.3.1	洪水灾害年期期望损失的数值计算法	130
7.3.2	洪水灾害年期期望损失的历史评估法	131
7.3.3	FLEADEM 模型的建立	132
7.4	FLEADEM 模型软件的组成	133
7.4.1	水位(淹没深度)—损失关系与水位—流量关系	134
7.4.2	流量—损失关系与流量—频率关系	135
7.4.3	损失—频率关系与洪水灾害年期期望损失	135
7.5	FLEADEM 模型的运行	136
7.6	小结	138
第八章	洪水灾害损失评估系统(FLOODES)研究	139
8.1	引言	139
8.2	系统目标与信息源	141

8.3 FLOODES 系统的总体设计	142
8.3.1 FLOODES 系统的设计准则	142
8.3.2 FLOODES 系统的硬件配置	143
8.3.3 FLOODES 系统的总体结构	143
8.4 FLOODES 系统的输入输出分析	144
8.4.1 系统的数据输入与存储	145
8.4.2 洪水灾害损失评估数学模型所需数据的获取	145
8.4.3 FLOODES 系统的输出分析	146
8.5 FLOODES 系统的功能与运行	146
8.5.1 系统的基本功能	146
8.5.2 系统各子系统(模型)的基本功能	147
8.5.3 系统的运行	148
8.6 小结	148
 第九章 结论与展望	 150
9.1 结论	150
9.2 问题与展望	155
 参考文献	 157

第一章 概 述

在无垠的宇宙时空，神奇而伟大的自然变革，创造了生命和人类。它给人类的生存和发展提供了几乎取之不尽的物质资源，又给人类经常地带来各种巨大的灾难。地球这个生物生息繁衍的天然环境，同时也成为各种各样的自然灾害的策源地。自地球上出现生命开始，自然灾害就肆无忌惮地虐待着他们，使他们不得不在生存与灭亡的选择中挣扎。当今世界，由于人口的快速增长、经济与高技术财富的密集发展，加之人类自身对自然环境的破坏，各种自然灾害的成灾强度更趋严重。20 世纪以来，已有 1000 多万人死于自然灾害（李永善等，1991）。据美国减轻自然灾害十年顾问委员会在 1987 年的统计，在 1987 年以前的 20 年中，诸如地震、洪水、飓风、滑坡、海啸、火山喷发和自然大火等自然灾害，已在世界范围内造成了 280 万人死亡，受影响的人口多达 8.2 亿，直接经济损失不完全估计为 250 亿~1000 亿美元，并经常引起人们的惊恐和社会的动荡（马宗晋等，1990）。近 10 年以来的损失更呈增大趋势。

我国是世界上历史最悠久的国家之一。回顾我国历史，一方面民族在繁荣，社会财富在日益丰富；另一方面，人口、资源、环境、灾害的恶性循环，已愈来愈严重地阻碍了社会和经济的快速发展。我国人口众多；气候多变，地跨热带、亚热带、温带和寒带；地质地理条件复杂，世界上最高的喜马拉雅山和最低的内陆盆地均在我国境内；生态环境脆弱，是世界上自然灾害最严重的国家之一，灾害种类多、受灾面积广、成灾比率高。气象、地震、洪涝、海洋、地质、农业、林业等七大方面突发性自然灾害，近 50 年来平均每年造成数万人死亡，直接经济损失高达 200 亿~400 亿美元。其中旱涝占有相当的比重。由于历史的原因，我国的

生产手段比较落后，经济生活对自然因素的依赖较大，对自然灾害的承受能力较弱。据估计，中华人民共和国成立后 40 年中，由于各种自然灾害造成的直接损失和间接经济损失约等于同期国民生产总值的 1/5（马宗晋等，1991）。

纵观历史，人类一直在自然灾害的威胁下生活。然而，灾害对科学挑战的结果也导致了减灾科学的进步，现在我们已经有了相当的能力面对这个问题了。严酷的现实让我们清醒地认识到，对待灾害再也不能掉以轻心了。正如“国际减轻自然灾害十年”专家特别小组在“东京宣言”中所宣称的“现在是利用所有科学与技术进步来减少自然灾害造成的人类悲剧与经济损失的时候了”（Hashizume，1990）。

1.1 洪水、洪水灾害及其研究的内容

洪水是一种峰高量大、江河水位急剧上涨的水文现象，是自然环境系统变化的产物，其发生和发展受自然环境系统作用和制约。天气系统的变化是造成暴雨，进而引发洪水的直接原因，而下垫面特征和人类活动可间接或直接地影响洪水过程及其特性。

洪水是自然界一种随机水文现象，对环境系统会同时产生有利和不利的影响。也就是说，洪水与其存在的环境系统相互作用着。河道实时行洪可以延缓某些地区植被过快侵占河槽，抑制某些水生植物过度有害生长，并为鱼类提供更好的产卵基地；为动物群落提供更好的觅食、隐蔽和繁衍栖息场和生活环境；洪水携带泥沙淤积在下游河滩地，造就了富饶的冲积平原。与此相反，洪水所产生的不利后果对自然生态系统和社会经济系统产生着严重冲击，破坏着自然生态系统的完整性和稳定性。洪水淹没河滩，突破堤防，淹没农田、房屋，毁坏社会基础设施，造成财产损失和人畜伤亡，对人群健康、文化环境造成破坏性影响，甚至干扰社会的正常运行。由于社会经济的发展，洪水的有利作用或危害已远远超过其有益的一面，洪水灾害已成为社会关注的焦点。

洪水灾害是自然界的洪水作用于人类社会的产物，是自然和人的关系的表现。由于灾害的最终承受客体是指人类而言，因而，只是对人类任何部分或整体造成直接或间接损害的洪水才能称之为灾害。一般地，一场洪水成为灾害，必须具备：①存在诱发洪灾的因素，如暴雨等；②洪水淹没地区有人居住或分布有社会财产，并因受洪水淹（浸）没而遭受损害，即存在洪水危害对象。实际上，洪灾严重程度与损失大小还与第三个因素有关，即③人们在潜在的或现实的洪灾威胁面前，采取回避、适应或防御洪水的对策和行动。

概括地，洪灾具有如下四个特征：

（1）风险性和不确定性。灾害性洪水发生具有随机特点，人们在洪水面前采取的个体而非集体的避洪抗洪行动从总体看也不能预见，还有对自然现象和社会现象认识的局限性。这些因素的复杂变化导致洪灾具有不确定的性质，作为对这种性质的客观描述，风险性在认识洪灾和采取减灾行动中占有突出位置。

（2）社会性。洪水所到之处，无论是生活设施、基础设施，还是生产设备；也无论是农作物、树林、牲畜、家禽；不论是属于个人或是属于集体和社会组织，除非有专门防护措施，否则都毫无例外受到危害，人员也是如此。洪灾的危害还波及灾害以外地区。因此防灾减灾具有广泛的社会效益。

（3）地域性。洪水淹没区一般由洪水大小、自然地形、地理因素和人为控制而定。

（4）差异性。影响洪灾损失的因素很多，包括淹没水深、水流速度、淹没历时、财产水平及构成、农作物构成及防洪安全建设、预报和警报技术等。在不同淹没区，或同一淹没区的不同淹没地点，不同受灾对象，其损失程度与大小均不会相同。

对“洪水灾害”的描述目前有不同的术语，如洪涝灾害、雨涝灾害、洪水灾害、涝灾、水涝、水灾等等。这些术语除了用于特定环境时具有明确涵义外，在实际一般应用中是比较混乱的。这里，我们不妨把发生在生态系统的洪水过程，可导致社会系统

(或他的某些子系统)失去稳定和平衡的非常事件,不管它是因气象原因(如暴雨等)还是其他自然非自然原因(如堤坝倒塌等),也不管它是因动力原因(高速水流)还是因洪水水体本身原因(如浸泡、渍涝等)造成的灾害都叫洪水灾害。其特点是使社会产生损失或者导致社会在各种原生的和有机的资源方面出现严重的供需不平衡。

洪水灾害研究(或称为洪水灾害学),包括对洪水灾害的自然性和社会性两大方面的研究。洪水灾害的自然特性是指洪灾产生原因、背景及其发生发展规律;社会性则是指灾害与人类社会的相互关系,包括灾害对环境、人类、社会经济的影响及其后果和人类防治洪水灾害以减轻其对人类造成损失为目的的一切活动。人类防洪救灾活动涉及洪水灾害的灾前、灾中和灾后等三个阶段,包括灾前的预防技术措施,灾中的救助和灾后的重建。“国际减灾十年”科技委员会谢礼立教授用4“P”和4“R”来概括减灾全过程,即灾前的规划(Planning)、预报(Prediction)、预防(Prevention)、应急准备(Preparedness);灾后的搜索救人(Rescue)、救济(Relief)、安置(Resettlement)或修复(Rehabilitation)、重建(Reconstruction)。可见,洪水灾害研究内容十分广泛。研究中不仅要涉及天文学、气象学、水文学、地理学、地貌学等自然科学领域,而且涉及经济、社会等社会科学领域。因而洪水灾害研究是一个十分复杂的问题,需要广泛而充分地利用现代科学的最新成果,并注重有关技术的提高更新、新技术新方法的发明与应用,才能为整个防洪减灾全过程的决策提供科学依据。

1.2 我国洪水灾害的成因及分布特点

1.2.1 洪水灾害及其损失概况

世界各国约有百分之一二的土地面积定期遭受洪水危害(Авакян 和 Люлюшкин, 1990)。仅根据1984年的不完全统计,因