

遙感監測

花田村

杨铁坑

白水许家

洪涝灾害遥感监测

S012头傅家

评估预警与风险分析方法和实践

唱凯镇

丁志雄 李纪人 胡亚林 白音包力皋 著

支家村

罗溪村

石紫塘

官庄熊家

罗湖

316国道

邹杨湾

唐家村

龙湾



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

013048599

P426.616
07

洪涝灾害遥感监测 评估预警与风险分析方法和实践

丁志雄 李纪人 胡亚林 白音包力皋 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1655806

P426.616

07

内 容 提 要

本书对多年从事洪涝灾害遥感监测评估预警与风险分析工作进行系统总结,内容新颖而广泛,并且系统全面完整。全书共分7章,详细论述了洪水与洪涝灾害,洪涝灾害系统及其成因分析;洪涝灾害的遥感监测技术;空间信息技术支持的洪涝灾害损失评估模型与方法;GIS与水文学水力学模型相结合的洪涝灾害预测预警技术;洪涝灾害风险分析模型与方法;洪涝灾害监测评估与风险分析软件系统框架以及本书的主要结论及其发展展望等方面的有关内容;并对一些重点突出的内容结合实例应用进行了实践论证。本书结合遥感与GIS等现代信息技术丰富和发展了水文学、水力学、灾害学以及风险管理等的理论与方法,可以为防洪减灾与实践等提供重要的指导作用。

本书可供从事水利水电工程、水文学、水力学、水资源学、环境学、地理学、灾害学以及经济统计等有关专业的师生、科研人员、管理人员和工程技术人员阅读,也可作为相关专业的本科与研究生参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

洪涝灾害遥感监测评估预警与风险分析方法和实践 /
丁志雄等著. — 北京:中国水利水电出版社, 2013.1
ISBN 978-7-5170-0638-1

I. ①洪… II. ①丁… III. ①遥感技术—应用—水灾
—监测—研究 IV. ①P426.616

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第022427号

书 名	洪涝灾害遥感监测评估预警与风险分析方法和实践
作 者	丁志雄 李纪人 胡亚林 白音包力皋 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	140mm×203mm 32开本 9.5印张 256千字
版 次	2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	36.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

洪涝灾害是当今主要的自然灾害之一，每年因洪涝灾害造成的损失达数千亿元，特别是在我国，国土辽阔，自然条件复杂，洪涝灾害发生频繁，已成为经济社会可持续发展重要的制约因素之一。人类对洪涝灾害的研究已经有比较长的历史，许多专家学者在这方面做了大量的工作，近十几年来也取得了比较长足的进展，但也存在不足和亟待改进的方面。

在洪涝灾害监测评估方面，国内通过几个五年计划的攻关，建成了洪涝灾害监测评估业务运行系统，能在不到两天的时间内提供以县为单位的受淹面积、受淹农田及居民地面积及其他的空间分布专题图；但基于遥感的洪涝灾害监测评估还存在某些不足，如遥感影像的快速纠正、水体的自动提取等。国外一些发达国家和地区在遥感资源方面比我国更加丰富或具有更大的自主权，在基础背景数据库的建设和应用方面很强，因此，灾情评估的内容比较广泛和精确。

在洪涝灾害的预报方面，目前国内外的研究主要集中在气象预报和水文预报两方面。气象预报方面，短期预报已达到较高的精度，水文预报方面的研究也较深入，目前在洪涝灾害可能淹没范围和可能造成损失方面的预报，即灾情预报还很少。

在洪涝灾害风险管理方面，美国、西欧、日本等国家和地区开展较早，研究水平较高。他们不仅重视洪水自然特征分析，而且重视洪灾的社会经济特性研究，即易损性分析。从国内来看，洪灾风险管理研究刚刚起步，存在着许多不足，如洪涝灾害风险测算的技术与方法尚不完善，对洪涝灾害风险形成的社会经济属性和减轻洪涝灾害风险的综合措施研究不够，尚未充分利用以遥感、全球定位系统和地理信息系统组成的空间信息技术等。

本书主要探讨洪涝灾害的遥感监测评估预警与风险管理的理论方法，重点探讨遥感和地理信息系统组成的空间信息技术、水文测算和预报相结合建立洪涝灾害监测评估预警和风险管理的理论体系和软件系统框，并结合工作实践给出相应的应用实例，目的是要将防洪减灾工作的重点转移到灾前来。

本书是在“基于遥感与 GIS 的洪涝灾害损失评估技术方法研究”的基础上，并结合作者近年的研究成果撰写而成，对有关的模型、方法和运行系统已经建设完成，并在一些地区已经得到了试点应用，如 2003 年淮河流域洪水遥感监测与评估、2005 年广西西江梧州洪水遥感监测、2010 年江西抚州唱凯堤溃堤洪水遥感监测、流域水文模型应用在淮河流域的洪水预报调度系统中，基于 GIS 的洪灾损失评估模型在黑龙江省防汛指挥系统和松花江洪水管理系统等系统建设中也得到了应用，洪涝灾害风险分析的模型方法在湘江流域的洪水灾害风险分析中得到了成功应用等。

衷心感谢水利遥感专家李纪人教授，在本书的写作和完成过程中，给予了悉心指导和无私帮助并参加本书第1~2章内容的撰写。参与本书第3章内容撰写的有国家防汛抗旱总指挥部办公室胡亚林，中国水利水电科学研究院白音包力皋参与本书第4章内容的撰写，中国水利水电科学研究院丁志雄撰写了本书第5~7章的内容，并对全书进行统稿。另外，在本书的写作过程中也得到了刘之平教授、路京选教授、黄诗峰教授、潘世兵教授、陈子丹教授、李茂堂教授等的指导，还有美籍华人，美国ESRI公司的叶梓川先生的热心帮助；在本书有关内容的研究开展过程中，还得到了中国水利水电科学研究院李琳、严穆遂、陈德清、苏东升、张建立、辛景峰、庞治国、付俊娥、柴福鑫等诸位同仁的大力协助；ESRI中国的陈宝强、东方道迩信息技术有限公司的张弛等相关公司的有关人员也给予了大力支持。在此对他们一并表示衷心感谢！

由于时间仓促和作者的水平有限，本书难免存在偏颇、纰漏和错误，真诚地希望得到广大读者的批评和指正。

作者

2012年10月

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 洪水与洪涝灾害	1
1.2 洪涝灾害系统及其成因分析	9
1.3 国内外研究发展动态	11
1.4 遥感等空间信息技术的重要作用	17
1.5 本书的主要内容与章节安排	17
2 洪涝灾害的遥感监测技术	20
2.1 洪涝灾害遥感监测内涵	20
2.2 洪涝灾害监测范围、分类与遥感监测平台	21
2.3 洪涝灾害遥感监测数据源分析及其本底数据库	26
2.4 洪涝灾害遥感监测水体提取模型	35
2.5 洪涝灾害遥感监测业务运行系统	45
2.6 洪涝灾害遥感监测案例	49
3 空间信息技术支持的洪涝灾害损失评估模型与方法	75
3.1 洪涝灾害评估指标体系	75
3.2 空间展布式社会经济数据库建库技术	88
3.3 基于空间信息格网的洪灾损失评估模型	111
3.4 2003 年淮河流域洪水蓄滞洪区淹没遥感监测与 灾害损失评估计算	119
4 GIS 与水文学水力学模型相结合的洪涝灾害预测 预警技术	139
4.1 流域水文模型	139

4.2	河道洪水演算	176
4.3	洪水淹设计算与灾情预测预警	192
4.4	松花江流域洪水灾害预测预警技术应用实例	206
5	洪涝灾害风险分析模型与方法	239
5.1	洪涝灾害风险分析基本概念及其作用	239
5.2	空间信息技术与水文水力学模型相结合的洪涝灾害 风险估算方法	243
5.3	湘江流域的洪涝灾害风险分析评估实例	248
6	洪涝灾害监测评估与风险分析软件系统框架	260
6.1	系统概述	260
6.2	系统功能需求	262
6.3	洪涝灾害监测评估与风险分析系统功能设计	264
6.4	哈尔滨市灾情评估系统实例	270
6.5	基于三维 GIS 的洪涝灾害监测评估与风险分析系统 ...	283
7	结束语	286
7.1	本书有关结论	286
7.2	未来展望	287
	参考文献	290

1 绪 论

1.1 洪水与洪涝灾害

从混沌之初，到地球形成，地球逐渐演变为表面有着大量水体的星球。从浩瀚的太空向这颗星球看去，地球，就像一颗挂在空中的宝珠，人们不仅要感叹自然的造化，在茫茫的宇宙中造就了这么一颗美丽的星球。而正是这颗星球上又诞生了，孕育着高智慧的生命——人类。但是，谁能想到这颗美丽的星球不仅仅是人类的福祉也是人类遭受灾难的地方。洪水肆虐、猛兽横行，是人类刚开始诞生时面临的最大威胁，有着 70% 以上水面的地球，尤以洪水对人类的威胁最严重，所以人类自诞生以来，就一直与洪水相伴相随，并且进行了不屈不挠的抗争。

人类只有躲避或任由洪水肆虐危害，这种状态延续了相当长的时间，主要发生在人类起源时期。后来人们逐渐认识到，可以通过某种防洪工程和措施来控制洪水，以避免或减少这种危害，这种状态主要从奴隶社会一直延续到封建社会。到了现代社会，人类文明达到了比较高的程度，生产力水平和科学技术水平都得到了空前的发展和应用，人类已经有着更多的信心和勇气去控制和管理洪水，从单纯控制洪水转向了调度洪水、管理洪水、利用洪水的方向，并提出了人与自然和谐共处，给洪水与出路，有效地利用洪水资源的观点（汪恕诚，2000）。现代防汛指挥调度决策的运用使得重点保护城市、适当放弃部分农村地区、在必要的地方还专门开辟行蓄洪区等这样的政策得以实行。洪涝灾害的发生，出现了与以往历史上的情况不同的特点，如防洪工程、洪水预报调度、水库及行蓄洪区运用

等，也就出现了大水小灾、小水大灾或超标准洪涝灾害等情况。由此，对洪涝灾害损失的准确评估、预测预警和对灾害实施风险管理就显得越来越重要。

1.1.1 国外有关统计资料

自然灾害是全人类的共同大敌，人类发展的历史就是不断同自然灾害作斗争的历史。据美国减轻自然灾害十年委员会 1987 年的统计，在过去的 20 年中，诸如地震、洪水、飓风、龙卷风、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近 300 万人死亡，受影响的人口多达 8.2 亿，直接经济损失据不完全估计为几千亿美元以上（国家科学技术委员会全国重大自然灾害综合研究组，1994）。鉴于此，1987 年，经前美国科学院院长、著名的地球物理学家 F. Press 提议，第 42 届联合国大会一致通过了 169 号决议，把 1990~2000 年定为“国际减灾十年”（International Decade for Natural Disaster Reduction，简称 IDNDR），标志着人类在努力减轻自然灾害损失方面已达成共识。

洪涝灾害是当今主要自然灾害之一。表 1-1 是联合国有关部门公布的 1963~1992 年，在全世界 179 个国家里所发生的 5000 多起重大自然灾害，包括洪水、热带风暴、干旱、地震、暴风雨、火灾、火山爆发等损失的统计情况（国家防汛抗旱总指挥部办公室，1997）。从中可以看出，无论受灾人数、死亡人数，还是灾害的经济损失上，洪涝灾害在各灾种中都占据首位或次首位。

表 1-1 1963~1992 年全球重大自然灾害损失
中各灾种所占百分数

%

项目	洪水	干旱	热带风暴	地震	其他灾害
经济损失	32.0	22.0	30.0	10.0	6.0
受灾人数	32.0	23.0	20.0	4.0	11.0
死亡人数	25.0	3.0	19.0	13.0	40.0

另外，国际组织的有关统计资料表明，20 世纪 90 年代后期以来，世界进入了一个水旱灾害事件频发并重的阶段。从国际红十字会与红新月会公布的全球受自然灾害影响的人口变化可以看出，20 世纪 70 年代至 80 年代中期，世界上受旱灾影响的人口最多；80 年代后期至 90 年代初期，受旱灾人口明显下降，受水灾人口急速上升；90 年代后期至 2002 年，不仅受水灾人口居高不下，而且受旱灾人口再攀新高（见图 1-1）。

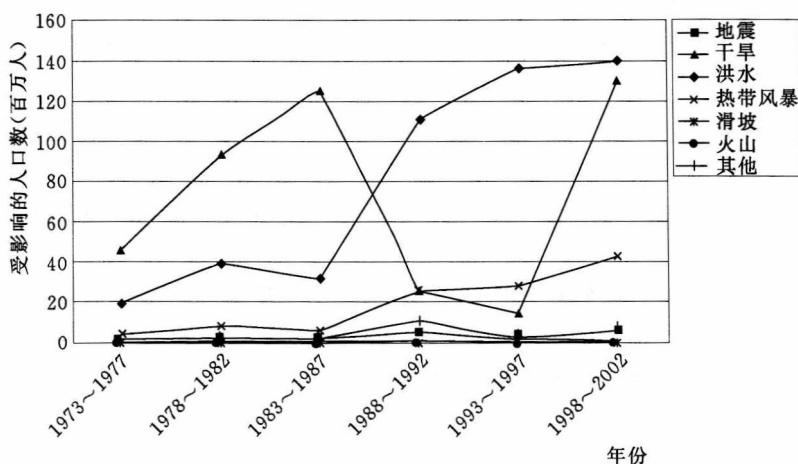


图 1-1 自然灾害影响的人口变化情况

1.1.2 我国的洪涝灾害状况

我国地处东亚大陆，地形地势情况复杂，气候的地区性差异很大，东部受季风气候和热带气旋影响，暴雨洪水灾害非常突出。我国是世界上洪涝灾害发生最频繁的国家之一，有 10% 国土面积、5 亿人口、5 亿亩耕地、100 多座大中城市、全国 70% 的工农业总产值受到洪涝灾害的威胁。频繁的洪水灾害每年都给经济社会和人民的生命财产造成巨大损失。据统计，自公元前 206~1840 年的 2046 年中，我国发生较大洪涝灾害共计 984 次，平均两年左右就发生 1 次。1870 年，长江上游大巴山及其附近

地区，嘉陵江中下游、渠江及三峡地区，汉江流域，洞庭湖和鄱阳湖区连降暴雨，酿成长江暴雨洪灾。据考证，这次洪水是长江淦宜段 800 年来最大的一次洪水。1931~1949 年 19 年间长江泛滥成灾就达 11 次，其中 1931 年、1937 年两次水灾，死亡都超过 14 万人。1931 年水灾殃及长江中下游的湖南、湖北、河南、江西、安徽、江苏、浙江 7 省的 205 个县，受灾人口 2800 万，淹没农田 5000 多万亩，直接死于水灾人数为 14.5 万余人，因饥饿、瘟疫致死的则难以胜计。水灾淹没损失以银元计为 13.8 亿元。湖北省、湖南省灾情严重。湖北省 70 个县有 50 个县受灾，许多县几乎全部被淹。武汉市三镇 7 月相继被淹没，市区大部分水深数尺至丈余，被水浸泡达 4 个月之久，受灾人口 78 万。据当时湖北省水灾急赈委员会公布的数字，武汉死于洪水、饥饿、瘟疫的灾民有 32.6 万人。湖南省有 61 个县受灾，仅洞庭湖周围受灾人口就达 96 万。

新中国成立后，虽然在全国范围内大力整治江河，兴建了许多水利工程，抗洪能力有了一定的提高，但由于我国江河多、水情各异，洪涝灾害仍很频繁。据统计，1950~2010 年全国洪涝受灾面积超过 1 亿亩的年份有 42 年，特别是 1979 年以来每年的洪涝受灾面积均超过 1 亿亩。1954 年长江发生 100 年一遇大洪水，防洪中启用了刚建成的荆江分洪区，保住了武汉，但直接经济损失达 100 亿元以上（当年货币价值，下同），死亡近 5000 人，影响京广线铁路通车 100 天。1981 年长江上游大水，119 个县（市）受灾，成昆、宝成铁路均被中断，直接经济损失达 25 亿元。进入 20 世纪 90 年代后，全国每年洪水受灾面积均达数亿亩，因洪水灾害造成的死亡人口均达数千人（图 1-2），而洪灾经济损失更呈上升趋势（图 1-3）：1991 年洪涝灾害直接经济损失为 779.08 亿元，1993 年为 641.71 亿元，1994 年为 1796.6 亿元，1996 年则达到 2208.36 亿元，而 1998 年则更是达到创纪录的 2550.9 亿元，1998 年洪水造成大庆油田受淹（图 1-4）、九江长江溃堤九江市区进

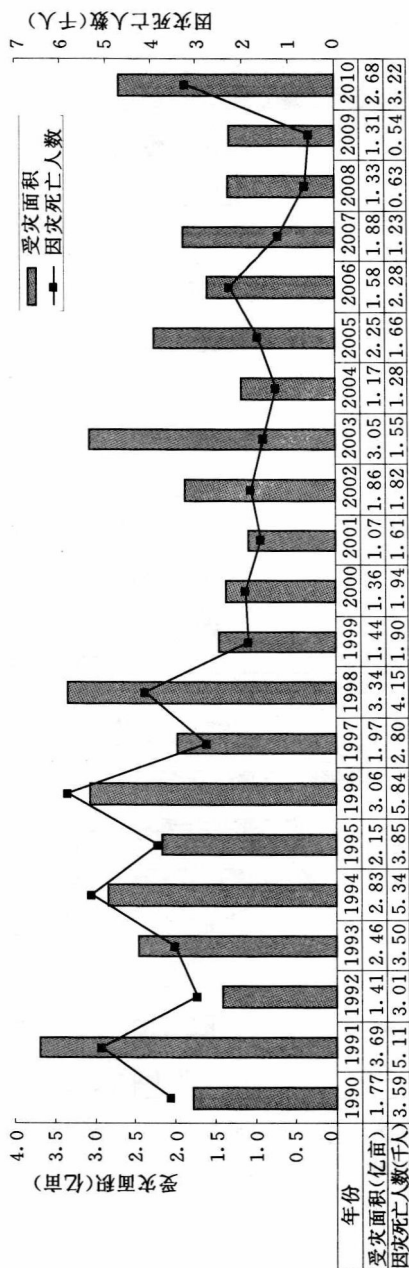


图 1-2 1990~2010 年我国洪涝灾害受灾面积及因灾死亡人数变化情况图

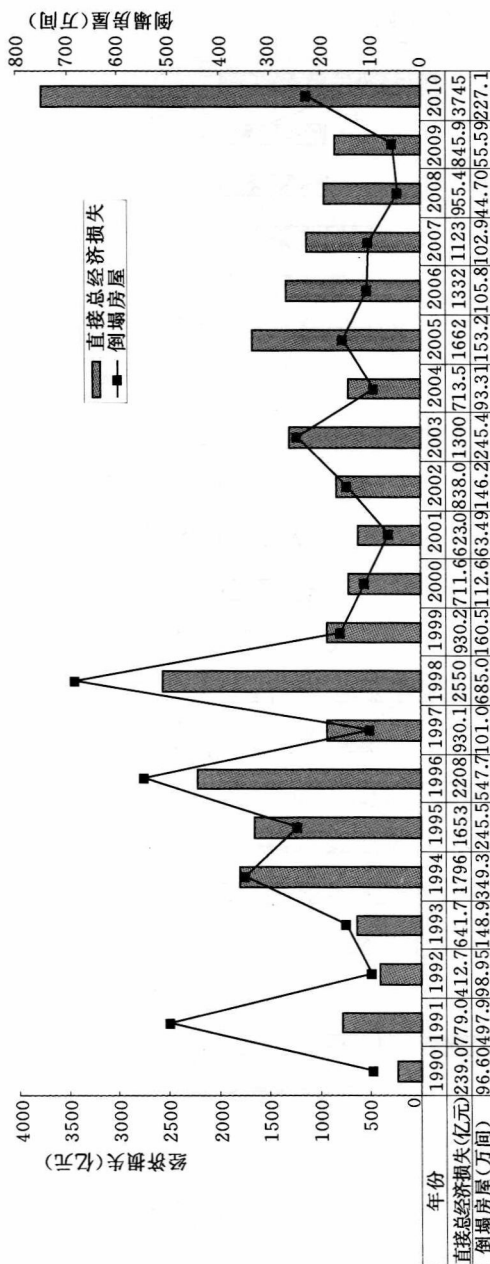


图 1-3 1990~2010 年我国洪涝灾害直接经济损失及倒塌房屋数变化情况图

水（图 1-5）等重要工矿、城市的受灾，洪涝灾害已成为我国实现可持续发展的严重障碍。

1990 年以来全国年均洪涝灾害损失在 1200 亿元左右，约占同期全国 GDP 的 2%。遇到发生流域性大洪水的年份，如 1991 年、1994 年、1996 年和 1998 年，该比例可达到 3%~4%。1990 年以来，我国年均洪涝灾害损失约占同期全国 GDP 的 2%（图 1-6），而美国和日本分别为 0.03% 和 0.22%。

我国洪涝灾害损失占国家 GDP 的比例是美国的 60 多倍，是日本的 8~9 倍。根据分析，在发生同等量级洪水的情况下，我国 20 世纪 50 年代每平方公里的淹没损失为 21.9 万元，到 2010 年上升到 209.6 万元，增加了近 10 倍。

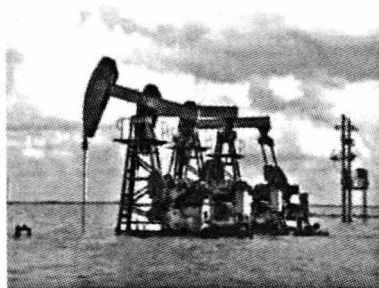


图 1-4 1998 年大洪水中被淹的-
大庆油田图



图 1-5 1998 年 7 月 11 日 11 时江西九江决口受淹状况图

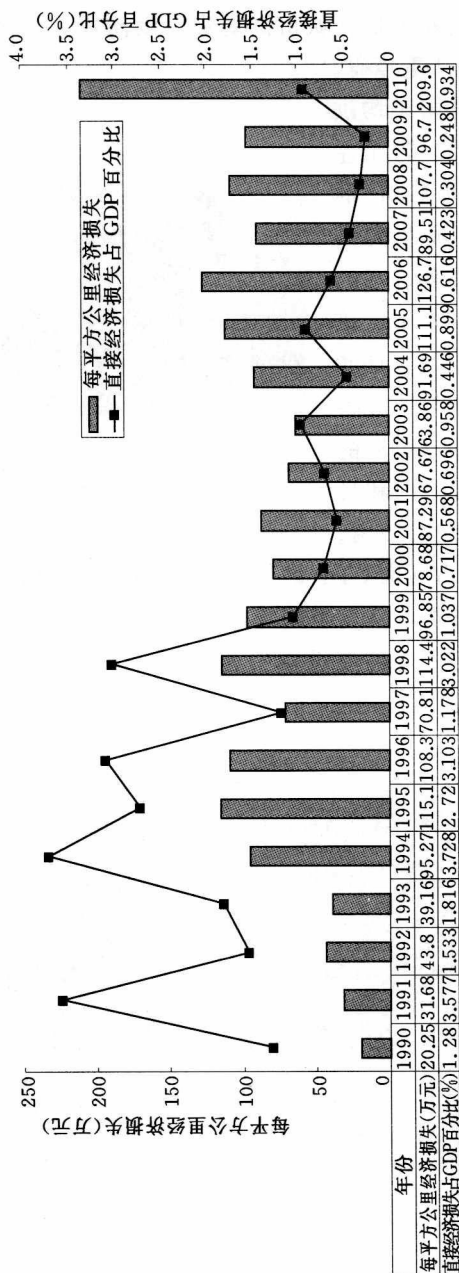


图 1-6 1990~2010 年我国洪涝灾害每平方公里经济损失及直接经济损失占 GDP 百分比变化情况图

1.2 洪涝灾害系统及其成因分析

洪水是一种自然现象，有洪水并不一定就有洪灾（周魁一，1994；王劲峰、汤奇成等，1993，1995），发生在杳无人烟的戈壁上的洪水并不会带来任何灾害。所谓洪灾是指洪水给人类正常生活、生产活动带来的损失与祸患。从灾害学角度来说，洪灾是致灾因子——洪水，在一定的孕灾环境下，作用于承灾体所形成的灾情。洪涝灾害的产生取决于以下几种因素，即孕灾环境、致灾因子和承灾体，三种因素综合作用而形成灾情。洪涝灾害是自然界的洪水作用于人类社会的产物，是人与自然关系的一种表现。一般而言，形成洪涝灾害必须有两方面的条件：①存在诱发灾害的因素（致灾因素）及其形成灾害的环境（孕灾环境）；②洪水影响区有人类居住或分布有社会财产（承灾体）。洪水灾情的形成是由于致灾因子在一定的孕灾环境下作用于承灾体后而形成的。

1.2.1 洪涝灾害系统

从系统论的观点来看，孕灾环境、致灾因子、承灾体、灾情之间相互作用、相互影响、相互联系，构成洪涝灾害系统（魏一鸣等，1997）。洪涝灾害系统因子繁多，关系复杂。它主要由孕灾环境子系统、致灾因子子系统、承灾体子系统和灾情子系统四部分组成，每一子系统又由多个要素组成，如孕灾环境又包括大气环境、水文气象环境、下垫面环境；致灾因子包括暴雨洪水、冰凌洪水、融雪洪水等，承灾体子系统又包括人、工业、农业、森林、牧业、渔业等；灾情子系统包括人员伤亡、财产损失、环境破坏等。各子系统或要素间相互作用、相互影响、关联极其复杂。图 1-7 描述了洪涝灾害系统内各子系统之间的复杂关联关系。在洪涝灾害复杂大系统中，洪水致灾因子和洪水孕灾环境是输入，洪涝灾情是输出，它们之间的因果关系，可用图 1-8 所示的逻辑结构来描述。