

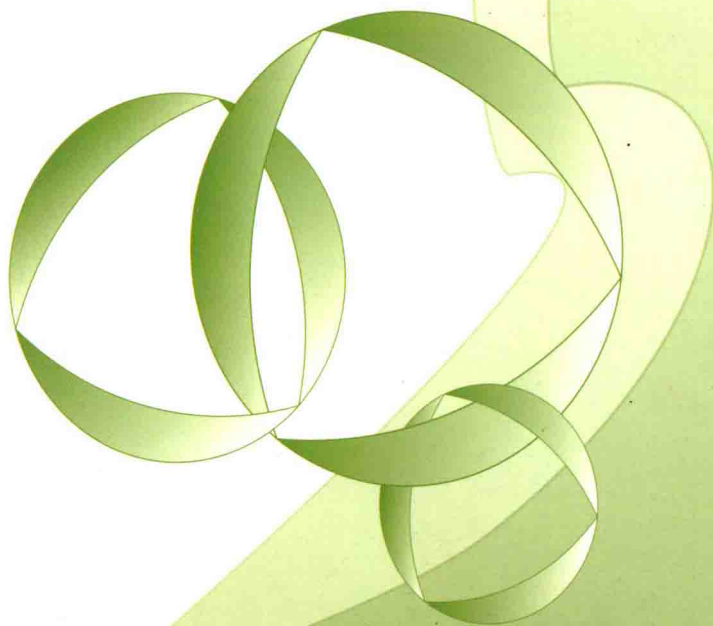
环境与资源博士文库〔第2辑〕



洪涝灾害应急响应决策 支持业务系统关键技术 与应用实例

胡卓玮 著

FLOOD DISASTER EMERGENCY RESPONSE
DECISION-MAKING SUPPORT OPERATIONAL SYSTEM:
KEY TECHNOLOGIES AND APPLICATION



中国环境科学出版社

环境与资源博士文库（第2辑）

洪涝灾害应急响应决策支持业务 系统关键技术与应用实例

胡卓玮 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

洪涝灾害应急响应决策支持业务系统关键技术与应用
实例/胡卓玮著. —北京: 中国环境科学出版社, 2009
(环境与资源博士文库. 第2辑)
ISBN 978-7-80209-941-8

I. 洪… II. 胡… III. 决策支持系统—应用—水
灾—灾害防治—研究 IV. P426.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 055724 号

责任编辑 肖 伊
责任校对 尹 芳
封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2010 年 1 月第 1 版
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷
开 本 880×1230 1/32
印 张 9.75
字 数 205 千字
定 价 80.00 元 (全套 4 册)

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

内容摘要

在国防科技工业民用专项科研技术研究项目“HJ-1 小卫星星座在减灾领域应用关键技术研究”——洪涝灾害救助示范应用课题工作基础上，以民政减灾救灾行业需求和 HJ-1 新型卫星遥感数据源保障为背景，提出并解决洪涝灾害应急响应决策支持业务运行系统建设中涉及的三大关键技术问题。

根据民政部国家减灾中心卫星遥感部洪涝灾害应急响应业务工作需要，提出面向专题的多时态异构空间数据管理与服务技术、基于承灾体的灾害风险分析与损失评估技术、洪涝灾害应急响应决策支持一体化模型库与业务库技术，三项洪涝灾害应急响应决策支持业务运行系统关键技术；基于面向对象、软件工程、重用理论等思想，应用空间数据库、Composite 设计模式、组件对象模型、遥感与地理信息系统软件等技术，对三大关键技术进行了深入研究为实现；在洞庭湖地区开展了关键技术的示范集成应用研究，基于关键技术研究成果设计开发了洪涝灾害应急响应决策支持业务运行示范系统软件。

面向专题的多时态异构空间数据管理与服务关键技术解决了混合异构多时相空间/非空间数据的一体化存储基本问题，通过提供面向对象、可直接使用的数据（或信息）实体，使业务人员只需关注日常工作业务逻辑；集成实现了异构数据业务处理与信息转化功能，解决了遥感数据快速处理、洪水淹没

范围快速提取两大业务功能问题，对非空间专题数据的空间化提出了一体化解决方案；建立了标准统一的网格数据框架，使得后续风险分析、灾情评估、辅助决策拥有健壮的数据源支持，建模过程只需要关注于如何高效实现具体功能。

基于承灾体的灾害风险分析与损失评估关键技术将承灾体视为致灾因子、孕灾环境等自然灾害要素，以及危险性分析、易损性评价、风险分析、损失评估等业务工作内容的统一体。本书研究建立了技术实现的逻辑模型和信息模型，并按照业务系统实现要求设计了可用于编程和集成的对象模型，具有集成、综合、实用和业务化特点，可以达到任意尺度、混合数据类型的分析评估目的，并在数据层次上为一体化虚拟洪灾环境的建立奠定了基础。

洪灾应急响应决策支持一体化模型库与业务库关键技术设计实现了一套标准化、灵活度高、可无限扩展的一体化模型库。通过模型的一致性使得模型和模型之间可以相互利用，系统只需要考虑最简单的抽象即可实现功能集成，从而将系统的单一进步转化为更广阔的模型库网络结构进步，达到有效利用资源、提高业务系统开发和运行效率的目的。基于模型库设计实现了洪涝灾害应急响应业务库环境，通过业务对象及业务库有效实现了数据、算法、模型以及结果的统一，从离散到集合，实现了业务运行系统的一体化和真正的系统级重用。

通过在业务部门的实践应用，证明关键技术示范集成系统可用于对洪涝灾害应急响应业务流程进行计算机辅助实现，同时能够在运行过程中通过连续的方法模型研究和成果数据积累不断实现系统扩展和完善。通过关键技术的集成，业务运行示范系统在数据管理、模型管理、业务管理以及用户界面方面表

现出高度的灵活性、高效性和易用性。三大关键技术及洪涝灾害应急响应决策支持业务运行示范系统整体应用效果良好，被证明具有较高的应用和推广价值。

本书得到以下项目资助：

1. 国防科技工业民用专项科研技术研究项目：HJ-1 小卫星星座在减灾领域应用关键技术研究，专题合同编号：JZ2005001-02

2. 国家自然科学基金项目：数学形态学在地下水渗流场中的应用研究，项目批准号：40571125

关键词：洪涝灾害，应急响应，决策支持，业务系统，关键技术，遥感，地理信息系统

ABSTRACT

Based on the research on the application of HJ-1 small satellite constellation in the field of disaster mitigation, a project of Civil Special Research Program of National Defense Science Technology and Industry, key technology problem in the construction of flood disaster emergency response decision-making support operational system were questioned and solved.

By analyzing the core requirements to the decision-making support system of flood disaster emergency response operational working regulations, three key technologies were brought forward. On the basis of advanced software design ideas and developing technologies such as OO, software engineering, reuse, geodatabase, composite design template, COM and GIS, RS software technologies, the research on these three key technologies was deep carried out.

The Theme-oriented Management and Service Technology for Multi-temporal, Differ-structural Spatial Data solved the basic problem of mixture spatial/non-spatial data storage. By providing object-oriented and direct-accessible data entities, operation workers were permitted to pay only attention to the operational logic in daily work. The operational processing of differ-structural data and information transformation functions were integrated. The solution

for the spatialization of non-spatial thematic data was put forward and the standard grid data framework was built. As a result, the follow-up tasks have got robust data-source support. They all only need to pay attention to the efficient realization of specific functions.

The Disaster Risk Analysis and Damage Evaluation Technology Based on Hazard Effect Objects looks the hazard effect object as the unification of natural disaster elements and operational working contents. The logistic model and information model for key technology development were built. According to the requirement of operational system development, the programming object model was designed. It has characteristics like integration, practicality and operationalization. The analysis based on any-scale and mixed data-source is able to be accessed. Moreover, it laid the foundation for the virtual flooding environment at the data aspect.

The Integrated Model Library and Operation Library for the Flood Disaster Emergency Response Decision-making Support designed and developed a suit of integrated model library with characteristics of standard, flexibility and unlimited extensibility. The consistency of models made them can be utilized by each other. The simplest abstraction is the only thing need to be considered in the process of operational system development. As a result, the evolvement of operational system was transferred to the evolvement of network structure of model library. The objectives of effective resources utilization and improving development efficiency were attained. The operation library environment for flood disaster emergency response was designed based on the model library. By the

application of operation objects and operation library, data, algorithms, models and result were united. The integration of operational system and true system-level reuse were implemented.

Finally, the demonstrative integration application research of key technologies was launched in the Dongting Lake area. A demonstrative operational system for flood disaster emergency response decision-making support was developed. With the practical use in the operational department, it was proved that this example system can be used to construct the operational working flow of flood disaster emergency response in the form of computer aid. Meanwhile, this example system can be extended and perfected via continual model research and result data accumulation. By integrating the key technologies, operational system represents some good features such as flexibility, high-efficiency and ease of manipulation in the aspects of data management, model management and operation management. The three key technologies and the prototype operational system for flood disaster emergency response decision-making support have good application effect totally. They were proved to have good values of application and popularization.

KEY WORDS: flood disaster, emergency response, decision-making support, operational system, key technology, remote sensing, geographic information system

前 言

中国是一个自然灾害频繁的国家，每年受灾人口高达 2 亿人，因灾造成的直接经济损失逐年增加，占国民生产总值的 4%~6%。

洪涝灾害通常指洪灾和涝灾的总称。在我国，洪涝灾害发生相当频繁，基本上每年都会发生，防洪、抢险、救灾几乎成了每年的必修课。洪涝灾害的发生有自然的、社会的等多方面的原因。例如，我国人口众多、适合人类居住的土地少，所以大部分都是临水而居，防洪工程不是很高，一旦发生超标准洪水造成的损失往往非常巨大；人与水争地的矛盾也非常突出。国家每年都要拿出不少的资金用于洪涝灾害的抢险、救灾和补偿等。

随着科学技术的发展，防洪减灾的手段得到了提高，但由于经济也在快速发展，洪涝灾害造成的经济损失也越来越大。如我国 1991 年因洪涝灾害造成的直接经济损失为 779.4 亿元，1994 年为 1 796.5 亿元，1995 年为 1 653.3 亿元，1996 年为 2 208.4 亿元，1998 年达到了 2 550.9 亿元。洪涝灾害已经成为我国社会经济可持续发展中重要的制约因素之一。

面对日益严重的洪涝等自然灾害问题，我国政府对灾害管理和减灾工作给予了高度重视，将防灾减灾作为保障国民经济和社会可持续发展的重要举措，将科技进步作为推动减灾工作的强大动力。在我国的灾害管理工作中，相关部门已经开始充分研究利用遥感等空间技术对自然灾害进行监测、预警及灾情评估，并将研究成果业务化，使之满足对灾害的应急响应，这对于提高我国减灾、抗灾以及救灾水平有重要意义。

国家减灾委、环境保护部与国家航天科技集团共同提出“环境与灾害监测预报小卫星星座系统”方案并获得国务院批准立项。该系统由 4 颗光学卫星和 4 颗合成孔径雷达卫星组成，具有大范围、全天候、全天时、动态的灾害监测能力。2008 年 9 月 6 日，我国在太原卫星发射中心将“环境与灾害监测预报小卫星星座” A、B 星送入太空，标志环境与灾害监测预报小卫星星座系统建设顺利启动。

国家减灾委员会、民政部将充分利用“环境与灾害监测预报小卫星星座”遥感数据，针对多种自然灾害开展灾前风险评估、临灾预报预警、灾时应急决策支持、灾后损失和恢复重建评估，建立稳定高效的灾害遥感业务运行地面应用系统。为配合这一地面应用系统的成功建设，2005 年启动并实施了国防科技工业民用专项科研技术研究项目：HJ-1 小卫星星座在减灾领域应用关键技术研究。通过项目实施以及洞庭湖区域的示范应用，考虑我国灾害发生不同阶段救助的实际需要，以多源遥感数据、基础地理数据、资源环境数据、民政部灾情统计数据、备灾数据及其他历史数据为主要信息源，对涉及洪涝遥感数据的应用处理、合成孔径雷达数据与其他多源遥感数据、非遥感数据的融合与复合、洪涝灾害信息提取、损失评估模型、灾害

应急响应、恢复重建等关键技术进行了研究，建立了我国洪涝灾害救助决策支持业务化运行系统基础框架，对尽快发挥小卫星星座的效益，促进我国空间技术从研究应用型向业务服务型转变具有重大意义。

本书以 HJ-1 小卫星星座在减灾领域应用关键技术研究——洪涝灾害救助业务运行示范系统课题研究成果为基础，第一部分（二至五章）分析并讨论了系统建设涉及的关键技术，第二部分（六至九章）对业务示范运行系统的建设思路、实现技术、运行效果等进行了介绍。

胡卓玮

2009年5月

目 录

第一章 绪 论.....	1
第一节 洪灾应急响应决策支持业务系统关键技术 研究背景	2
第二节 基于空间信息技术的灾害应急响应决策支持 技术研究进展	6
第三节 本书涉及研究内容及思路.....	23
第二章 洪灾应急响应决策支持业务运行系统关键技术设计	27
第一节 洪灾应急响应决策支持业务运行系统的总体 设计思路	27
第二节 基于洪灾应急响应业务工作规程的需求分析.....	29
第三节 系统关键技术设计.....	35
第四节 洪灾应急响应决策支持业务系统关键技术 示范集成设计	39
第三章 面向专题的多时态异构空间数据管理与服务技术.....	51
第一节 多时态异构空间数据的存储与管理.....	51

第二节	异构数据业务处理与转化.....	60
第三节	基于格网的洪灾应急响应业务工作数据框架.....	73
第四章	基于承灾体的灾害风险分析与损失评估技术.....	84
第一节	承灾体及其在灾情分析评估中的应用基础.....	84
第二节	面向对象的承灾体灾情分析评估编程模型.....	95
第三节	承灾体灾情分析评估应用实例.....	102
第四节	承灾体灾情分析评估与洪灾虚拟现实.....	112
第五章	洪灾应急响应决策支持一体化模型库 与业务库技术.....	118
第一节	应急响应业务系统模型库的需求和理论基础....	118
第二节	模型与模型库的设计实现.....	124
第三节	模型库支持下的洪灾应急响应业务库.....	135
第六章	关键技术业务运行系统中的示范集成应用.....	141
第一节	关键技术的集成设计与示范区选择.....	141
第二节	洞庭湖区示范业务系统运行效果.....	148
第七章	洪涝灾害应急响应决策支持示范运行系统概况.....	162
第一节	系统设计开发总体目标.....	162
第二节	系统建设的意义.....	163
第三节	系统建设内容.....	168
第八章	系统建设技术路线和方法.....	171
第一节	总体技术路线.....	171

第二节	数据处理与融合技术路线.....	175
第三节	遥感影像洪涝灾害信息快速提取技术路线.....	181
第四节	空间数据库建设技术路线.....	186
第五节	模型库与洪涝灾害损失评估模型开发 技术路线	198
第六节	业务示范运行系统开发技术路线.....	212
第九章	结论与展望.....	273
第一节	本书有关工作和主要结论.....	273
第二节	本书创新点	278
第三节	存在问题与未来工作展望.....	278
参考文献	281

第一章 绪 论

洪涝灾害是我国主要的自然灾害种类，面对当前严峻的灾害形势，我国政府十分重视减灾救灾工作。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》明确地“对科技提出重大战略需求”^[1, 2]，民政部门正积极开展空间信息技术在洪涝灾害应急响应方面的推广应用，努力提高洪涝灾害管理工作水平。在业务单位，基于遥感技术的洪涝灾害应急响应业务规程正在逐步建立和完善，与此同时，应用先进空间信息技术构建的洪灾监测与应急响应业务运行系统将成为今后业务工作的重要辅助手段。

从2000年开始，我国“环境与灾害监测预报小卫星星座（HJ-1）”建设项目从规划、论证到立项，历时7年，于2007年开始进入实施阶段。同时，与小卫星星座配套的集监测、分析、评估、预警、救助等功能于一体的重大自然灾害应急响应决策支持综合性地面应用系统的建设工作正在启动，相关的一批关键技术问题亟待解决。

另外，我国已于2005年基本建成国家自然灾害应急预案体系，在此基础上，以民政部国家减灾中心卫星遥感部为代表的业

务部门积极开展了空间信息技术在综合减灾业务工作中的应用。通过工作经验的积累，业务部门对空间信息技术应用以及业务运行系统建设提出了实际而又重要的关键技术问题与行业需求。

针对当前我国在重大行业需求和新型遥感数据源方面的现状，本书选择基于空间信息技术的洪涝灾害应急响应决策支持业务系统关键技术作为研究内容。以同业务部门的深入合作经验以及对我国洪灾管理现状的深入分析为基础，从业务应用需求出发，对洪涝灾害应急响应决策支持业务系统建设涉及的关键技术进行讨论、设计与实现，紧密结合行业应用特点，选择典型地区开展关键技术集成示范研究，为关键技术重大自然灾害应急响应决策支持综合性地面应用系统中的推广应用奠定基础。

第一节 洪灾应急响应决策支持业务系统关键技术研究背景

洪涝灾害在所有自然灾害中给人类带来了最为深重的灾难（表 1-1、图 1-1）。面对严峻的灾害形势，我国政府十分重视减灾救灾工作，在“以人为本，和谐发展”重要思想的指导下，应用空间信息技术有效应对突发性重大自然灾害，提高灾害监测、预警和应急响应决策支持能力，成为新时期我国灾害管理工作的重要任务和突出需求。

我国于 2005 年基本建成国家自然灾害应急预案体系，还先后成立了水利、气象、地质、海洋、地震、农业、林业等分类的减灾管理部门，建立了各自的自然灾害监测预报系统，已经为国民经济和人民生产生活提供了可靠保障。但是，应该认识到我国应用空间信息技术开展灾害管理工作的总体水平还不