

刘建芬 张行南 唐增文◎著

# 中国洪水灾害风险 时空分析与保险研究

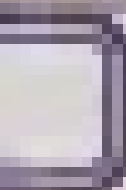
 河海大学出版社  
HOHAI UNIVERSITY PRESS



中国气象局 中国水利学会 中国气象学会

# 中国洪水灾害风险 时空分析与保险研究

中国气象局 中国水利学会 中国气象学会



本书得到国家自然科学基金重点项目  
“分布式新安江模型研究”(41030636)资助

刘建芬 张行南 唐增文◎著

# 中国洪水灾害风险 时空分析与保险研究

 河海大学出版社  
HOHAI UNIVERSITY PRESS



## 图书在版编目(CIP)数据

中国洪水灾害风险时空分析与保险研究 / 刘建芬, 张行南, 唐增文著. —南京: 河海大学出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-5630-3453-6

I. ①中… II. ①刘… ②张… ③唐… III. ①洪水—水灾—时空分布—研究—中国 ②洪水—灾害保险—研究—中国 IV. ①P426.616 ②F842.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 186361 号

书 名 / 中国洪水灾害风险时空分析与保险研究

书 号 / ISBN 978-7-5630-3453-6/P · 25

责任编辑 / 周 勤

装帧设计 / 杭永鸿

出版发行 / 河海大学出版社

地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编: 210098)

网 址 / <http://www.hhup.com>

电 话 / (025)83737852(综合部) (025)83722833(营销部)

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 / 江苏农垦机关印刷厂有限公司

开 本 / 890 毫米×1240 毫米 1/32

印 张 / 4.5

字 数 / 89 千字

版 次 / 2013 年 8 月第 1 版

印 次 / 2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 20.00 元

# 前言

洪水灾害是自然灾害中对人类影响最大的灾害之一，洪水灾害损失在世界各国的国民经济中所占比例也越来越大。单纯依靠加快堤防建设，提高堤防的防洪标准的防洪工程措施已不能满足当前防洪的要求。另外，防洪标准也并不是定得越高越好，太高的防洪标准往往和更大的潜在风险相关联，高防洪标准的堤防一旦发生溃坝，后果将不堪设想。通过非工程措施来降低风险，减少损失是防洪的另一条有效途径。通过加强防洪工程的管理、加强洪水灾害发生规律的研究、加强洪水灾害风险图的绘制、实施洪水保险，可以更好地防御洪水、减少洪水灾害造成的人员伤亡和经济损失，更快地恢复生产。

防洪实践证明，任何防洪设施要获得防洪效益，同时也就存在了一定的失事风险，效益与风险并存。为取得最好的防洪减灾效益，就要进行洪水风险分析。我国 20 世纪 80 年代中期以来开展洪水风险研究，从蓄滞洪区着手，陆续扩展到城镇与流域。根据洪水演进到达时间、最大水深分布、最大流速分布、淹没持续时间等多项指标，将研究区域划分为安全区、轻灾区、重灾区和危险区等，为蓄滞洪区分洪指挥、安全建设、避难系统的规划等提供科学依据。

防洪保险作为非工程防洪措施之一，引起了许多国家的高度重视，在美国、英国、日本等发达国家得到推广，一些发展中国家（匈牙利、印度、菲律宾等）也在陆续进行研究和实施，并取得了一定的成绩。我国的洪水保险在 20 世纪 80 年代初恢复保险业务时就有了，但 20 多年来仍是走走停停、

名不符实,至今仍没有单独设置洪水保险条款。现行的洪水保险是作为各种自然灾害保险中的一项,保险条款是适用于各种自然灾害和意外事故的综合性条款,并未按洪灾本身特点同其他自然灾害区别对待。

近几十年间,虽然洪水风险和洪水保险的研究都得到了长足的发展,可是在研究的过程中却暴露出很多问题。第一,洪水风险研究与洪水保险研究大多是分开来进行的。洪水风险研究的成果多用在防洪上,用在洪水保险中的很少。第二,洪水保险的研究多采用计算历史洪灾损失的办法确定保费。最普遍存在的一个问题是洪水保险的研究只在非常小的区域上针对很短的洪水灾害损失记录进行研究,这显然违背了保险的分摊原则。

因此,本专著针对以上存在的问题进行了研究。对洪水灾害风险既进行了全国范围内的区域风险分析,又进行了时间上的分析研究,分析研究了洪水灾害的区域和时间上的规律后,提出了建立在洪水灾害风险之上的洪水保险实施措施。其主要创新点如下。

(1) 提出了基于 DEM 的河网缓冲区生成方法,计算了基于 GIS 的中国河网密度,将河网密度这一因子考虑进中国洪水灾害风险分析及区划。

(2) 建立了洪水灾害风险模糊聚类数学模型,同时采用自组织神经网络进行了风险聚类分析,对两种聚类结果进行了比较,指出两种方法的优缺点,并提出了改正方法。

(3) 采用小波理论进行了洪水灾害多周期分析及洪水灾害损失多周期分析,发现洪水灾害的发生具有明显的多周期性,中国七大流域普遍存在的多周期是 10~12 年,20~22 年,58~60 年。

---

(4) 在洪水灾害时空分析的基础上,提出了洪水保险保费分级的方法,并提出了在中国实施洪水保险的具体措施。提出在中国实行洪水保险时必须时间足够长、区域足够大的观点,只有这样才能发挥洪水保险的作用。

关键词:洪水灾害,风险,洪水保险,GIS,自组织神经网络,小波,多周期

# 摘要

近几十年间,虽然洪水风险和洪水保险的研究都得到了长足的发展,可是在研究的过程中却暴露出一些问题。第一,洪水风险研究与洪水保险研究大多是分开来进行的。洪水风险研究的成果多用在防洪上,用在洪水保险中的很少。第二,洪水保险的研究多采用计算历史洪灾损失的办法确定保费。普遍存在的一个问题是洪水保险的研究只在非常小的区域上针对很短的洪水灾害损失记录进行研究,这显然违背了保险的分摊原则。

因此,本专著针对以上存在的问题进行了研究。对洪水灾害风险既进行了全国范围内的区域风险分析,又进行了时间上的分析研究,在分析研究了洪水灾害的区域和时间上的规律的基础上,提出了建立在洪水灾害风险研究之上的洪水保险实施措施。主要成果如下:

(1) 提出了基于 DEM 的河网缓冲区生成方法,计算了基于 GIS 的中国河网密度,将河网密度这一因子考虑进中国洪水灾害风险分析及区划。

(2) 建立了洪水灾害风险模糊聚类数学模型,同时采用自组织神经网络进行了风险聚类分析,对两种聚类结果进行了比较,指出两种方法的优缺点,并提出了改正方法。

(3) 采用小波理论进行了洪水灾害多周期分析及洪水灾害损失多周期分析。发现洪水灾害的发生具有明显的多周期,中国七大流域普遍存在的多周期是 10~12 年,20~22 年,58~60 年。

(4) 在洪水灾害时空分析的基础上,提出了洪水保险保

---

费分级方法,并提出了在中国实施洪水保险的具体措施。提出在中国实行洪水保险时必须时间足够长、区域足够大的观点,只有这样才能发挥保险的作用。

**关键词:**洪水灾害,风险,洪水保险,GIS,自组织神经网络,小波,多周期

# ABSTRACT

Although quite great development of research on China's flood risk and China's flood insurance has been achieved, some problems have occurred meanwhile during the process of research. Firstly, flood risk research and flood insurance research are developed separately, most of the research results of flood risk have been used in flood prevention, only a few of such results was used in flood assurance. Secondly, premium of flood insurance was mostly determined through calculating flood loss in the past fewer years distributed in some small regions. Such calculating method violated the principle of insurance apportion in a large region during a long period.

Therefore, some researches on the problems hereinbefore have been developed in this paper. Regional analysis of flood risk throughout China firstly has been carried out, and then flood occurring rule research, finally, based on the research results above, some measures to implement flood insurance in China were put forward.

The main research results are as follows:

(1) A generating method of rivers network buffer based on DEM was put forward. China's rivers network densities based on GIS were calculated and added into risk analysis and zoning of China's flood as an influence factor considered.

---

(2) Two methods including a given mathematical model and self-organizing neural network method have been adopted for flood risk clustering, two clustering results corresponding to the two methods have been achieved, their advantages and disadvantages were pointed out through comparing their results and then improved recommends were put forward.

(3) Multiple periodic analysis on flood disaster and its loss by wavelet theory had been carried out, and the results indicated that occurrence of flood disaster has distinct multiple periods in China, which of the seven major drainage basins include 10 to 12 years, 20 to 22 years and 58 to 60 years. Such results are suitable to the short period results obtained by the researchers on drought and flood disasters occurrence during the last 500 years.

(4) Based on time and space analysis of flood disaster above, regional and annual classification method for flood insurance premium determination was put forward, and then implementing measures for China flood insurance were provided. The opinion on China flood insurance implementation that the implementing periods must be adequate long, and the implementing regions also enough large so that flood insurance can play its role was offered.

**Key words:** Flood Disaster Risk, Flood Insurance, GIS, Self-Organizing Neural Network, Wavelet, Multiple Periods

# 目录

前言

摘要

ABSTRACT

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....                 | 001 |
| 1.1 研究背景和意义 .....            | 001 |
| 1.1.1 中国洪水灾害 .....           | 001 |
| 1.1.2 研究目标和意义 .....          | 002 |
| 1.2 洪水灾害风险研究进展 .....         | 002 |
| 1.2.1 洪水灾害风险的定义 .....        | 003 |
| 1.2.2 洪水灾害风险分析的内容及作用 .....   | 003 |
| 1.2.3 洪水灾害风险图的定义 .....       | 004 |
| 1.2.4 洪水灾害风险图的分类 .....       | 005 |
| 1.2.5 洪水灾害风险图的制作方法 .....     | 007 |
| 1.2.6 洪水灾害风险图的国内外进展情况 .....  | 008 |
| 1.2.7 洪水灾害风险研究存在的不足 .....    | 010 |
| 1.3 洪水保险研究进展 .....           | 010 |
| 1.3.1 国外洪水保险的研究进展 .....      | 010 |
| 1.3.2 中国洪水保险研究现状及存在的问题 ..... | 013 |
| 1.4 本课题的总体思路、技术路线及内容安排 ..... | 014 |
| 第二章 中国洪水灾害风险空间分析指标的确定 ...    | 018 |
| 2.1 空间分析指标的确定 .....          | 018 |

---

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 2.1.1 | 指标因子分析 .....             | 019 |
| 2.1.2 | 数据源 .....                | 021 |
| 2.1.3 | 中国洪水灾害风险区划的空间分析 .....    | 022 |
| 2.2   | 气象因子的空间分析 .....          | 023 |
| 2.3   | 径流因子的空间分析 .....          | 027 |
| 2.4   | 综合地理因子的空间分析 .....        | 030 |
| 2.4.1 | 全国地形起伏度图 .....           | 030 |
| 2.4.2 | 全国河网密度图的生成 .....         | 031 |
| 2.4.3 | 洪水地区类型的划分 .....          | 038 |
| 2.4.4 | 河网缓冲区图的生成 .....          | 038 |
| 2.4.5 | 综合地理因子隶属度图 .....         | 043 |
| 2.5   | 社会经济因子的空间分析 .....        | 047 |
| 2.6   | 本章小结 .....               | 053 |
| 第三章   | 中国洪水灾害风险区划及结果分析 .....    | 054 |
| 3.1   | 叠置分析和洪水灾害风险区划 .....      | 054 |
| 3.1.1 | 影响因子图层的叠置合成 .....        | 054 |
| 3.1.2 | 影响因子相关关系分析 .....         | 055 |
| 3.2   | 基于模糊数学模型的洪水灾害风险聚类 .....  | 056 |
| 3.2.1 | 洪水灾害风险模糊数学模型的确定 .....    | 057 |
| 3.2.2 | 基于模糊数学模型的风险区划结果 .....    | 061 |
| 3.3   | 基于自组织神经网络的洪水灾害风险聚类 ..... | 061 |
| 3.3.1 | 自组织特征映射分类法原理 .....       | 061 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 3.3.2 基于自组织神经网络的风险区划结果 .....       | 064 |
| 3.4 洪水灾害风险区划结果分析 .....             | 065 |
| 3.4.1 洪水灾害风险区划结果对比 .....           | 065 |
| 3.4.2 按流域进行的风险区空间分布统计 .....        | 068 |
| 3.5 本章小结 .....                     | 069 |
| 第四章 基于小波函数的中国洪水灾害多周期分析 .....       | 071 |
| 4.1 洪水灾害发生的周期分析 .....              | 071 |
| 4.2 基于小波变换的洪水灾害多周期分析 .....         | 073 |
| 4.2.1 小波变换理论 .....                 | 073 |
| 4.2.2 小波变换理论用于洪水灾害多周期分析 .....      | 075 |
| 4.2.3 洪水灾害多周期分析的数据源 .....          | 075 |
| 4.2.4 基于发生序列的洪水灾害多周期分析 .....       | 075 |
| 4.2.5 基于受灾县数与受灾面积的洪水灾害多周期分析 .....  | 081 |
| 4.2.6 降雨和径流周期分析结果与洪水灾害周期结果对比 ..... | 084 |
| 4.3 本章小结 .....                     | 084 |
| 第五章 基于风险分析的中国洪水保险研究 .....          | 086 |
| 5.1 中国实行洪水保险的必要性 .....             | 087 |
| 5.1.1 中国水灾次数回顾 .....               | 087 |
| 5.1.2 中国水灾损失回顾 .....               | 087 |
| 5.1.3 中国实行洪水保险的必要性 .....           | 088 |
| 5.2 中国实行洪水保险的可行途径 .....            | 089 |
| 5.2.1 洪水保险实施的前提 .....              | 089 |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 5.2.2 | 洪水保险机构的设立 .....          | 090 |
| 5.2.3 | 洪水保险的实施年限及洪水保险的保的物 ..... | 090 |
| 5.2.4 | 洪水保险的技术支撑 .....          | 091 |
| 5.2.5 | 洪水保险实施的保障 .....          | 092 |
| 5.3   | 洪水保险的作用 .....            | 093 |
| 5.3.1 | 生活和生产的恢复 .....           | 093 |
| 5.3.2 | 生产结构的调整 .....            | 093 |
| 5.3.3 | 土地不合理开发的防治 .....         | 094 |
| 5.4   | 洪水保险的保费问题 .....          | 094 |
| 5.4.1 | 洪水灾害损失分析 .....           | 094 |
| 5.4.2 | 洪水保险的入保范围与保险运行费用来源 ..... | 095 |
| 5.4.3 | 洪水保险的保费分级 .....          | 097 |
| 5.5   | 本章小结 .....               | 103 |
| 第六章   | 总结与展望 .....              | 105 |
| 6.1   | 主要研究成果 .....             | 105 |
| 6.2   | 主要创新成果 .....             | 106 |
| 6.3   | 研究不足及展望 .....            | 108 |
| 附表    | .....                    | 109 |
| 参考文献  | .....                    | 116 |

# 第一章 绪 论

## 1.1 研究背景和意义



### 1.1.1 中国洪水灾害

洪水灾害是造成经济损失的最主要的自然灾害<sup>[1]</sup>。从 11 世纪到 20 世纪,全球共记录到特大型的洪水事件 5 次,死亡人数为 118.3 万人,经济损失超过 3 000 亿美元。而这 5 次特大型洪水事件都发生在中国,它们主要有<sup>[2, 3]</sup>:

1852 年中国中部河南省发生大洪水,造成 10 万人死亡;

1887 年中国中部河南、陕西等省发生大洪水,造成 90 万人死亡;

1931 年中国长江发生大洪水,造成 14 万人死亡;

1954 年 8 月,中国长江流域发生全流域性特大洪水,造成 4 万人死亡;

1998 年 6—9 月中国长江流域和松花江流域发生特大洪水,造成

3 650 人死亡,经济损失和保险损失分别为 300 亿美元和 10 亿美元。

从上面的数字可以看出,在中国,洪水灾害发生频繁,人员伤亡和经济损失严重,而 1998 年发生的特大洪水,保险损失仅占经济损失总额的 3.3%。洪水保险在我国实行的范围很小,当洪水灾害发生时,保险的减灾作用很小。

单纯依靠加快堤防建设,提高堤防的防洪标准的防洪工程措施已不能满足当前防洪的要求。通过非工程措施来降低风险,减少损失是防洪的另一有效途径。如通过加强防洪工程的管理、加强洪水灾害发生规律的研究、加强洪水灾害风险图的绘制、实施洪水保险,可以更好地防御洪水、减少洪水灾害造成的人员伤亡和经济损失。

### 1.1.2 研究目标和意义

加强洪水灾害风险图的绘制、尽快实施洪水保险,是防御洪水、减少洪水灾害造成的人员伤亡、经济损失、灾后尽快恢复生产的有利非工程措施,因此,非常有必要进行洪水灾害风险和保险的研究。

本专著从大尺度的角度对中国洪水灾害进行研究,包括风险分析研究和多周期研究,研究的目的是从大尺度角度研究中国洪水灾害发生的规律及洪水灾害的风险分析,以利于更好地规避风险,并在此研究的基础上,探求在中国实施洪水保险的措施及洪水保险的保费分级问题。

## 1.2 洪水灾害风险研究进展

以下从洪水灾害风险的定义,洪水灾害风险分析的内容及作