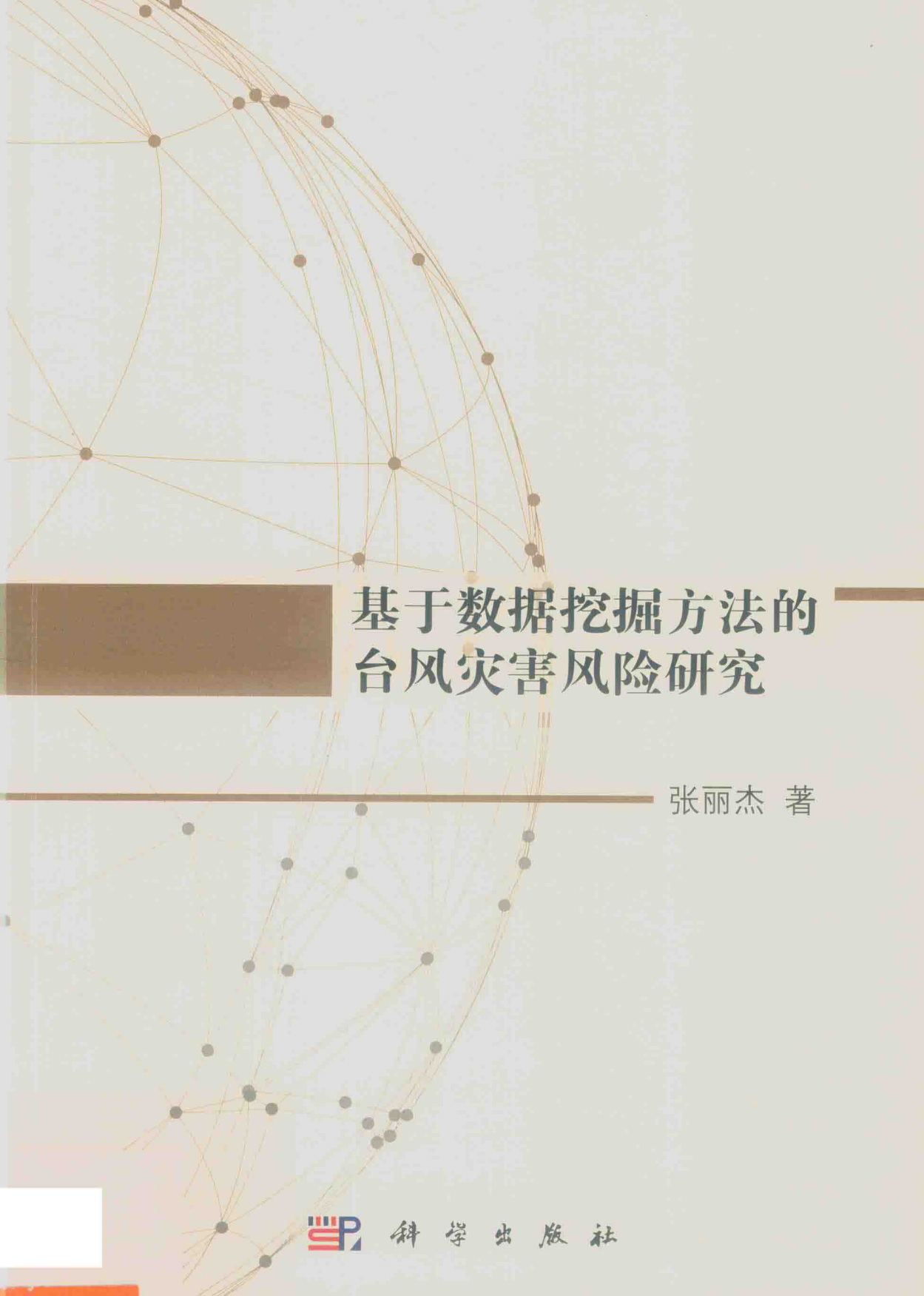




基于数据挖掘方法的 台风灾害风险研究

张丽杰 著



科学出版社

基于数据挖掘方法的 台风灾害风险研究

张丽杰 著

本书得到江苏高校品牌专业建设工程资助项目、国家公益性行业（气象）科研专项“台风/暴雨灾害损失及服务效益评估关键技术与系统研发”（项目编号 GYHY201506051）、国家自然科学基金重大项目“基于大数据融合的气象灾害应急管理研究”（项目编号 16ZDA047）资助。



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要研究数据挖掘方法在台风灾害风险评估中的应用。台风是中国的主要气象灾害之一,科学评估台风灾害风险不仅可以满足人们的安全需求,还可以为台风机理研究人员提供研究参考。本书使用密度聚类方法、动态时间规整方法对台风灾害风险进行分析,旨在抛砖引玉,使更多的研究者关注该领域,从而引入更多、更好的数据挖掘方法,使台风灾害风险评估更加准确。

本书适合从事防灾、减灾的人员和研究台风灾害的人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

基于数据挖掘方法的台风灾害风险研究 / 张丽杰著. — 北京: 科学出版社, 2018.4

ISBN 978-7-03-056014-8

I. ①基… II. ①张… III. ①数据采集-应用-台风灾害-灾害防治-研究-中国 IV. ①P425.6-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 313100 号

责任编辑: 魏如萍 / 责任校对: 贾娜娜

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 无极书装

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 4 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2018 年 4 月第一次印刷 印张: 8

字数: 161 000

定价: 56.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

台风〔灾害中的专有名词，在大气科学领域，为热带气旋（tropical cyclone，TC）的某一等级。这里指由热带气旋引发的灾害〕是我国主要气象灾害之一，每年都会带来几百亿元的直接经济损失，造成大量人员伤亡，破坏基础设施等。政务公开使政府救灾行为更加透明，也使政府更愿意采取转移安置等应急措施来减轻灾害。但我国相关的救灾资金却远远不足，主要原因是对台风灾害风险的研究不充分，导致相关资金的预算和使用存在很大的不确定性。

本书鉴于台风灾害风险研究理论基础的不足，分析完善台风灾害系统、灾害过程、灾害链等主要理论，提出台风灾害风险评估研究的主要问题，即台风分类问题和台风风险区划问题。当前台风灾害风险相关信息与历史信息的主要区别是大数据和贫信息的区别。本书在完善台风风险评估理论的基础上，研究适合台风分类和风险区划的方法；并使用 1949~2008 年的台风路径数据和台风灾害数据，运用改进的密度聚类算法，以及基于地理信息系统和动态时间规整的台风分类方法、统计分析方法，分析 1949~2008 年台风灾害特征、台风发展过程中强度变化对灾情的影响，以及气候变化下台风灾害的可能变化。

1949~2008 年，西北太平洋上生成的台风有减少的趋势。台风的一些统计特征，如持续时间、强度、不同月份生成的台风数量、平均最大风速等并没有明显的变化。我国台风的灾情趋势比较复杂。总体来讲，死亡人数前期在减少，1989~2008 年有所回升；农作物受灾面积变化趋势不明显；工商业损失增加；灾害造成的直接经济损失增加。年度台风灾害的大部分损失是由少数台风造成的，但是单独研究某一台风会存在无统计意义的问题。本书提出使用动态时间规整和地理信息系统相结合的方法，对台风分类进行研究。造成巨灾、普通灾害和非致灾的台风的强度变化不同，且这种不同体现在台风的生命周期中。突然增强台风（突然增强台风是指该台风在发展过程中曾出现突然增强时期）的致灾可能性更大，巨灾台风缓慢增强（缓慢增强是指该台风在发展过程中，没有出现突然增强时期，但出现了缓慢增强时期）的时期更早。

目前，根据气候模式无法进行相对准确的长时间预测。本书改进密度聚类算法，将西北太平洋划分为不同海域，这些海域生成的台风登陆的可能性存在明显

差异。一些海域生成的台风登陆可能性高，但强度较低；一些海域生成的台风登陆可能性大，且强度较大；也有一些海域生成的台风登陆可能性较低。如果针对不同海域，细化气候预测模式，将提高台风长期预测的准确性，这有利于区域防灾减灾建设。

目前灾害风险区划大多依赖行政区域划分。台风影响我国东南沿海一带，不同行政区域的致灾因子强度有类似的特征。本书使用具有稳定饱和度的密度聚类算法，对台风影响区域进行划分，并对影响异常区进行研究。广东省沿海区域和海南省观测到的台风强度类似，同时，福建省、浙江省和江苏省南部观测到的台风也具有相似特征，且有明显的增强趋势，这为区域联防奠定了基础。

目 录

第一章 台风灾害风险评估理论	1
一、台风灾害相关概念与影响	1
二、台风灾害系统	3
三、自然灾害风险评估模式和方法	6
四、台风灾害风险评估的应用与研究	10
第二章 台风灾害特征与风险评估特点	18
一、台风灾害影响特征	18
二、台风灾害的年际分布特征	32
三、台风灾害风险研究现状和方法选择	38
第三章 基于 DST-DBSCAN 算法的台风灾害风险源划分	44
一、台风长期变化特征分析及研究方法选择	44
二、改进的密度聚类方法	50
三、实例分析	55
第四章 基于动态时间规整算法的台风路径强度变化分析	62
一、致灾与非致灾台风特性分析	62
二、基于动态时间规整的数据挖掘方法	69
三、实例分析	71
第五章 基于 SS-DBSCAN 算法的台风灾害风险区划	80
一、台风的时空特征分析与启示	80
二、SS-DBSCAN 算法	86
三、实例分析	89
第六章 基于密度聚类算法的台风灾害影响异常区分分析	97
一、基于 TCPI 的灾害区域年代际变化分析	98
二、台风影响异常区分分析	101
三、政策建议	104

第七章 结论与展望	106
一、气候变化对台风的影响研究	106
二、台风灾害风险研究的主要结论	108
三、研究展望	109
参考文献	110

第一章 台风灾害风险评估理论

现在的预报预警技术与规范措施无法规避台风带来的巨大损失。2010 年 9 月,被预报为“强热带风暴或台风”的“凡亚比”在福建、广东造成 100 人死亡,41 人失踪,200 余万人受灾,造成直接经济损失达几十亿元。台风给其他国家也造成了巨大损失,如 2005 年 8 月,台风“卡特里娜”在科技和管理相对发达的美国造成至少 1 836 人死亡,直接经济损失约 2 000 亿美元;2008 年 5 月,台风“纳尔吉斯”在具有丰富防台经验的热带国家缅甸造成 138 366 人死亡或失踪,直接经济损失约 40 亿美元(部分灾害信息均来自世界卫生组织与灾后流行病学研究中心的 EM-DAT^①数据库)。1970~2007 年,全世界保险损失最惨重的十大事故保险损失中,有 8 次是台风(热带气旋)造成的。由于台风灾害评估问题很难解决,应该鼓励更多的学者使用更多的方法,加大力度,对台风灾害风险问题展开研究,以减少台风灾害带来的损失。

一、台风灾害相关概念与影响

我国的台风灾害是由热带气旋引发的。在一些统计资料中直接使用热带气旋灾害的概念,但在《中华人民共和国气象法》中并没有热带气旋灾害这一概念。这是因为热带气旋是气象学中的概念,其可能成灾也可能不会成灾,而台风是一种灾害,下面将详细介绍相关概念。

(一) 灾害与台风灾害

范宝俊主编的《人类灾难纪典》一书,对灾害的含义做了详细的解释,他对灾害的定义是:给人类生命、财产造成危害和损失的现象和过程。灾害包括

^① EM-DAT: emergency event database, 即紧急灾难数据库。

两方面的要素：一是灾害本身的特征，如地震的里氏级数、烈度，造成洪灾的降雨量、洪水流量、流速等；二是灾害造成的人类生命和财产损失情况，即灾情，没有造成灾情的不能称为灾害。在《中国气象灾害大典》中，既记录了台风带来的降水和风速，也记录了灾害损失情况，即灾情。这一方面说明人类对灾害的界定是比较统一的，另一方面也说明人们希望通过记录灾害本身的特征及灾情信息，给后人留下足够的参考资料。灾害的定义还有很多，如联合国统计署曾推荐使用灾害定义为：自然灾害是自然致灾因子影响的后果。这个定义更加简明，但应用的人并不多。台风灾害是指由热带气旋引发的自然灾害。我国的台风灾害预警标准非常强调风力，并根据风力差异确定出蓝色、黄色、橙色和红色预警等级。

(二) 热带气旋相关等级

热带气旋是发生在热带、亚热带地区海面上的气旋性环流，是由水蒸气冷却凝结时放出潜热发展而成的暖心结构。热带气旋分为六个等级，见表 1-1，其划分依据主要为底层中心附近最大平均风速。

表 1-1 热带气旋等级的划分及其底层中心附近最大平均风速与风力

热带气旋等级	底层中心附近最大平均风速/(米/秒)	底层中心附近最大风力/级
热带低压 (TD)	10.8~17.1	6~7
热带风暴 (TS)	17.2~24.4	8~9
强热带风暴 (STS)	24.5~32.6	10~11
台风 (TY)	32.7~41.4	12~13
强台风 (STY)	41.5~50.9	14~15
超强台风 (SuperTY)	≥51.0	16 以上

资料来源：《热带气旋等级》国家标准 (GB/T 19201—2006)

(三) 台风灾害对中国的影响

我国很早之前就开始关注台风灾害的影响，并比较详细地介绍了台风灾害的发生、发展过程。我国台风灾情记录经历了从简单到复杂的过程，这与人口的增长和分布有直接关系。明清之后，台风灾害记载愈加详细，除了记录风灾和风暴潮灾害等灾害本身的特征外，多数条目记载了灾情信息。例如，明朝永乐七年 (1409 年) 雷州府、遂溪有“飓风大作，潮坏海堤，泛滥至城，死伤殆众”的记载；明朝永乐十八年 (1420 年) 海康、遂溪有“今夏，飓风暴雨，海水涨溢，伤民禾稼。田租无征者千六百余石”。这些信息说明，由于人口的增长，受台风灾害影响的人数越来越多。同时，台风带来的泥石流灾害也开始被关注。例如，明

朝嘉靖六年（1527 年）阳春有以下记载：“六月初六，飓风大作，毁瑶居，瑶民多溺死者。时白昼晦暝，山谷震响，凡瑶穴铜窝、铁峒、蒙村、合水、夹头、中寮、吊涧等村，百山一时崩摧，瑶居三十余处，尽遭淹没，溺死瑶民三百余人，瑶首黎广雄幸免。沙石堆积，民田为淤。寻丈大木漂浮于江，逾年不绝。广州府：秋八月，广州飓风大雨水，清远、增城、龙门、东莞为甚，水高七八尺，害稼及坏民居。”

20 世纪以后的台风灾情记载得更加详细，如清光绪三十二年（1906 年），向光风力超过十二级，沉大船七十六艘，蓬船五十四艘，小汽轮沉毁七十余艘，损失达七千万元。中华人民共和国成立之后，台风灾情信息记载趋于规范，风灾、风暴潮和暴雨造成的灾情均有记录。但不同省份关注的重点存在差异，如广东省主要描述洪涝引发的农业、水利工程等损失；海南省关注大风造成的热带果树折断损失。

从历史灾情记录可知，台风灾害主要伴随大风、暴雨、风暴潮、泥石流等灾害。

二、台风灾害系统

系统工程理论认为，自然或人工系统都是由各种要素组成的，要素之间有充分的联系。而且，一个大系统中有很多子系统，子系统之中还有子系统，系统是分层的，不同层次系统的要素不同。使用系统论研究自然灾害发生、发展、成灾的过程，可以分析灾害要素之间的联系、反馈机制等。不同学者研究的灾害系统的层次不同，选取的要素也会存在差异，看待问题的角度不同，得出的结论不同，但总体目标是一致的，均为防灾、减灾。

（一）灾害系统的构成

史培军（1996）提出的区域灾害系统理论中，灾害系统包括孕灾环境、致灾因子、承灾体三个组成部分。Mileti（1999）提出灾害系统的结构体系，包括孕灾环境和承灾体两个组成部分。这两个理论有相似的地方，不同的是对孕灾环境与致灾因子关系的理解不同。将致灾因子理解为孕灾环境的一部分，也就是说，孕灾环境和致灾因子是不可分的，针对台风灾害给人类造成的风灾和强降水灾害来说，风是空气的流动，降水是液态水分子的聚集和运动，它们是孕灾环境的一部分，与孕灾环境中的物理要素是相同的，这就是孕灾环境、承灾体理论。可以使用各种方法确定台风的边界，当然也可以找到各种理由否定这一方法。但是由

台风强降水引发的泥石流灾害与风灾则与台风完全不同，它的致灾因子是含有大量固体物质的洪流，大气圈构成的孕灾环境并不包括这些物质，所以它的孕灾环境就转变为大气圈和岩石圈。如果将孕灾环境界定为大气圈和岩石圈，那么大部分自然灾害的孕灾环境都是相同的。所以，将致灾因子与孕灾环境分开有利于探索自然灾害成灾机理。下面将分别介绍致灾因子、承灾体和孕灾环境的概念。

致灾因子就是引发灾害的各种因素，包括自然致灾因子、环境致灾因子及人为致灾因子。台风灾害的致灾因子就是台风本身。一些学者认为灾害的形成是致灾因子对承灾体作用的结果，没有致灾因子就没有灾害。例如，台风就属于自然致灾因子，认识台风的分类、台风形成机制和台风风险评价，可以提高台风的预报准确率，并为工程建设提供技术参数。从台风灾害的形成过程来看，台风属于突发性的致灾因子，但在灾情形成中具有累积性效应，即通过灾害链相对放大了某一致灾事件的灾害程度。台风带来的风灾、暴雨灾害或风暴潮灾害，对承灾体来说都有一个致灾的临界值域。因此，在区域灾情形成中，对于任何一种致灾因子，从其影响的承灾体角度考虑，进而进行分类，就可以满足区域灾害系统论所强调的综合分析。

承灾体就是各种致灾因子作用的对象，是人类及其活动所在的社会与各种资源的集合。承灾体包括人类本身及生命线系统、各种建筑物及生产线系统，以及各种自然资源。在承灾体中，除人类本身外，其他部分可划分为不动产与动产两部分。承灾体可以转变为致灾因子，如台风产生的强降水使房屋倒塌，房屋作为承灾体转变为致灾因子，对生命、财产安全造成威胁。

孕灾环境包括孕育产生灾害的自然环境与人文环境。由于不同的致灾因子产生于不同的环境系统，因此，对孕灾环境进行深入分析时，常常从地球系统的不同圈层变化进行分析。孕灾环境研究的主要内容是区域环境演变时空分异规律。台风预测的主要研究内容是大气环境变化对台风的影响。自然环境可划分为大气圈、水圈、岩石圈、生物圈；人为环境可划分为人类圈与技术圈。孕灾环境具有地带性或非地带性、波动性与突变性、渐变性和趋向性等特征。

（二）自然灾害链与综合灾害过程

自然灾害链是指某起自然灾害事件发生之后，又由它诱发并再发生一连串的其他自然灾害事件，前者是后发自然灾害事件的主要诱发因素，后者为前发自然灾害事件的延续（杨达源和闫国年，1993）。在早期的自然灾害学中对自然灾害群发和自然灾害链分别进行讨论。随着认识的深入，史培军（2009）认为灾害群发和灾害链均可用灾害链进行解释，灾害群发即并发性灾害链。马宗晋院士等组成的研究小组曾对灾害链问题给予高度的关注。史培军（2002）参考前人的工

作,并结合 20 世纪 90 年代末和 21 世纪初的研究实践提出台风-暴雨灾害链。对灾害链的认识与人们对致灾因子和承灾体关系的理解密不可分。承灾体包括自然资源、人类生命线系统等,这些承灾体在某种条件下会转变成致灾因子,所以会出现灾害群发的现象。使用灾害链来描述这种情况主要目的在于表述其传递的不可逆性,以及研究其触发条件,这种情况用数据结构中的“图”来描述更加恰当,见图 1-1。图 1-1 中有描述不恰当的地方,如暴雨和大风均是由台风产生的,暴雨本身不会产生大风。但这种处理问题的方法是值得借鉴的,它可以使决策者或制作应急预案的人员清楚地了解工作涉及的主要内容和减少灾害损失的方法。

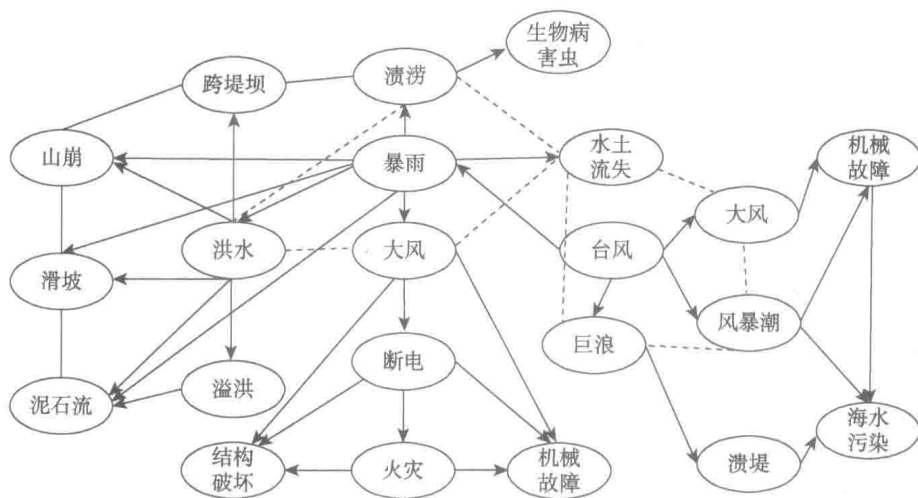


图 1-1 台风-暴雨灾害链

资料来源：史培军（2002）

灾害链既可以用于应急管理，也可以用来构建灾害仿真系统，阻断灾害的传递过程。

(三) 台风灾害过程

综合灾害过程包括：由突发性致灾因子引发的灾害动力学过程，如地震灾害过程；由渐发性致灾因子累积形成的灾害生态学过程，如干旱灾害过程；由人为因素驱动的灾情分散与转移过程（史培军，2005），如台风来临之前组织的抢收过程。

灾害动力学过程主要描述的是灾害发生后造成的结构破坏和生产、生活环境的破坏。灾害生态学过程描述的是由自然灾害造成的结构性破坏,从而引发的特定地区生态环境的变化。灾情分散和转移过程主要描述的是人为因素引发的灾情分散和灾害损失转移的过程,如台风发生后,造成溃堤、洪涝灾害,生产、生活

环境发生变化,同时也引发生态环境的变化。政府采取的转移安置措施可以减少灾情;灾后救助和商业保险赔付将转移灾害损失。

从综合灾害过程的描述,可以看出灾害系统研究的思想。其一,自然灾害的承灾体——人类社会是一个“复杂的社会-生态系统”,它既强调人类社会,也强调生态。当然,在这一系统中,承灾体也可以转化为致灾因子,如台风引发的洪涝灾害摧毁了区域环境,造成了生态系统的变化,有可能会诱发病虫害,触发灾害链的传导机制。其二,人的参与是综合灾害过程的重要部分。在台风灾害过程中,从台风开始形成到结束,人全程跟踪这一过程。并根据台风发生、发展的情况,采取不同的避灾措施,如灾前抢收、转移安置人口、加固堤坝等,灾后紧急恢复生产、排涝、救助等。其三,分析综合灾害过程可以得出未来减灾的研究重点,如在台风灾害中,准确地预测台风的强度及登陆地点,可以相对准确转移人口,减少灾害的损失。台风带来的大部分灾害是由河堤、海堤、护坡等决口造成的,所以加强水利工程建设可以减少损失。

三、自然灾害风险评估模式和方法

进行自然灾害风险分析的主要目的是进行防灾规划建设、开展转移安置、储备救灾资金,从总体上减少灾害损失。下面将从自然灾害风险的定义出发,介绍综合风险评估的一般模式和基本方法。

(一) 自然灾害风险

“风险”同很多其他定义一样,在学术界并没有形成统一的认识。联合国大学(波恩)环境与人类安全研究所推荐了 22 种风险定义,黄崇福等(2010)对其中的 18 种进行了分类讨论,指出其中可能性和概率类定义占 78%、期望损失类定义占 17%、概念化公式类定义占 5%。下面分别举例说明这三类定义。

1. 可能性和概率类定义

风险可以被定义为可能性,或较正式地被定义为概率。这里的概率是指由于一系列因素而产生的特定损失的概率,损失是由于某种危险源的存在而产生的。一个特定地区受灾害威胁的风险因素包括人口、社区、建筑环境、自然环境、经济活动和服务等(Alexander, 2000)。所谓内涵是指事物的本质特征,概率并不能涵盖这一本质特征。使用枚举法来列举风险因素,也无法达到说明其外延的作

用,所以这一定义遭到了其他人的质疑。但是在实际操作过程中,人们却更倾向于使用概率来说明风险的可能性。从风险评估的目的来讲,这一界定更可取,当人们获知某一灾害发生的可能性之后,决策者可以计算出灾害可能带来的损失,也可以计算出采取不同措施达到的减损收益。

2. 期望损失类定义

风险被定义为预期出现的伤亡人数、财产损失和对经济活动的破坏,这种预期归因于特定的自然现象和因此产生的风险要素。具体风险是指对特定自然现象的损失预期度,该预期度是自然危险和脆弱性的函数(Predybaylo et al., 2017)。这种概念主要是针对承灾体而言,没有包括所有的承灾体,希望说明致灾因子和承灾体的关系,但又没有完全说明。这个定义看起来很不成功,但却说明了承灾体的重要性。在灾害统计中,经常统计的是人员伤亡和财产损失信息。使用预期出现的灾害损失情况来度量灾害的风险,可以使人们更直观地了解灾害可能发生的程度,这对防灾、救灾工作是有启发的。

3. 概念化公式类定义

使用下列公式计算灾害风险:

$$\text{disaster risk} = \text{hazard} \times \text{vulnerability} \quad (1-1)$$

式(1-1)中,风险是两个因素“危险性”和“脆弱性”的乘积。显然,只有对自然危险表现脆弱才会有风险(Garatwa and Bollin, 2002)。这个定义描述了致灾因子与承灾体的关系。风险是由致灾因子的危险性和承灾体的脆弱性共同构成的。如果能够降低致灾因子的危险性和承灾体的脆弱性,风险将降低。日本亚洲减灾中心认为灾害风险还应该包含暴露性,如果危险性和脆弱性是固定的,则暴露性越高,其风险有可能越大。当然暴露性也可以作为危险性的一部分。所以,这两个定义并没有本质的区别。

人们根据研究需要,对“风险”进行各种界定,总体来说,他们的观点是比较一致的,认为风险是致灾因子给承灾体带来损害的可能性。黄崇福等(2010)认为将风险定义为“风险是与某种不利事件有关的一种未来情景”更加恰当。这种定义虽然可以涵盖其他定义,但是却会带来另一个问题,即使得人们无法确切地了解风险研究的重点。

(二) 自然灾害风险评估模式

风险评估是指对致灾因子对承灾体造成损失的可能程度的估计。风险评估的主要任务是识别承灾体面临的各种风险,评估风险概率和可能带来的负面影

响,确定承灾体承受风险的能力,确定风险消减和控制的优先等级,以及推荐风险消减对策。

1990 年国家科学技术委员会、国家计划委员会、国家经济贸易委员会批准成立由七个科技减灾部门专家组成的“国家重大自然灾害综合研究组”,初步提出“国家减灾系统工程”的设计。第一,由减灾科技部门承担监测、预报和评估;第二,由工程和社会兼职部门承担防灾、抗灾和救灾;第三,由社会其他部门提供立法与教育、保险、减灾文化建设。同级政府则负责全区减灾规划和指导预案的制定和指挥。这一系统的工程框架是全国推进“综合减灾”的基本要素(马宗晋,2010)。从“国家减灾系统工程”可以看出,灾害风险评估涉及的要素很多,包括对致灾因子、孕灾环境的研究,也包括对承灾体脆弱性的研究。灾害风险评估的模式很多,下面介绍黄崇福(2008)的综合风险评估基本模式。

综合风险评估的基本原理如下:首先,由专家识别系统中的所有风险源,并对在什么地方、以什么方式影响系统,给出相应的可能性数值;其次,由系统分析员根据自然规律和统计经验,构造风险源与不利事件间的关系;最后,在他们工作的基础上,由综合风险分析员推断不利时间发生的可能性数值。为了说明这种模式的适用性,黄崇福(2008)又根据信息的完备程度,将风险分为以下四类:

(1) 伪风险,即可以用系统模型和现有数据精确预测的与特定不利事件有关的未来情景。

(2) 概率风险,即可以用概率模型和大量数据进行统计预测的与特定不利事件有关的未来情景。

(3) 模糊风险,即可以用模糊逻辑和不完备信息近似推断的与特定不利事件有关的未来情景。

(4) 不确定风险,即用现有方法不可能预测和推断的与某中不利事件有关的未来情景。

黄崇福(2008)认为综合风险评估只能应用于概率风险和模糊风险,且给出了综合风险评估的形式化模型为

$$R=HoD \quad (1-2)$$

其中, R 代表风险; H 代表描述风险源的函数族; D 代表描述剂量-反应关系的函数族; o 代表合成规则族。这一模式是对风险评估方法的抽象表示,但针对具体自然灾害风险问题,不同学者提出了不同的方法。

风险分析是指针对某一承灾体,断定在未来某时间点或时间段内,各种程度灾害发生的可能性(黄崇福,2011)。风险分析的基本原理是明确风险内涵和涉及的系统,正视风险源、影响场和作用对象的复杂性和不确定性,从最基本的元素着手分析,对其进行组合,进行不确定性意义下的量化分析(黄崇福,

2011)。这种表述方式与其他灾害管理人员的表述存在差异。史培军(2002)认为灾害风险评估一般可划分为广义与狭义两种。广义的灾害风险评估,是对灾害系统进行风险评估,即在对孕灾环境、致灾因子、承灾体分别进行风险评估的基础上,对灾害系统进行风险评估;狭义的风险评估则主要是针对致灾因子进行风险评估,即从对危险(danger)的识辨,到对危险性(hazard)的认识,进而开展风险(risk)评估,通常是对致灾因子及其可能造成的灾情的超越概率的估算,如式(1-3)所示。

$$\text{risk} = \text{probability} \times \text{consequences} \quad (1-3)$$

(风险) (事件概率) (可能灾情)

大部分自然灾害的孕灾环境是物理系统或生态系统,黄崇福(2011)认为可以引入庞加莱-契达耶夫方程来研究这类系统,但因自然灾害的孕灾环境极其复杂,所以,几乎不可能建立能量方程的相关函数。当前被广泛使用的本质上是经验总结法,并以以下4种形态出现,分别是自然灾害预测、地理信息叠加、专家评估、概率模型(黄崇福,2011)。在综合自然灾害分析方面的研究中,学者们的主要观点很明确。自然灾害风险分析主要涉及两个模式识别,即致灾因子概率分布识别、承灾体系统的输入-输出关系识别。

灾害风险评估理论曾经被广泛应用于地质学领域,这与地质灾害的预测时间过短有密切的关系。由于十几秒的相对准确的预测时间内,是很难采取有效措施预防灾害的,所以,使用风险评估方法,降低区域的成灾风险成了该领域的一个研究重点。台风灾害可以引发风暴潮、泥石流等地质灾害,很多时候,依靠预报和应急管理仍然无法避免这些损失。所以,很多学者开始研究台风灾害的风险评估问题。

(三) 自然灾害风险分析方法

近几十年,风险评估的理念发生了转变,由最开始的孕灾环境、致灾因子、承灾体发展为现在的综合区域灾害系统理论。该理论希望使用计算机模拟社会生态系统在灾害中可能发生的变化,进而研究采取的措施,降低成灾风险。这种理念的转变,引发了一系列研究。例如,张俊香等(2010)应用模糊综合评价方法设计台风风暴潮灾害社会经济系统脆弱性的评估模式,探讨脆弱性的空间分布状况,并将其应用于广东省台风风暴潮灾害的脆弱性评估中。住宅建筑是台风灾害的主要承灾体之一,详细了解住宅建筑的性能,可以改进灾害风险分析效果(Sushil, 2017)。大城市一直是灾害风险评估关注的主要对象,但由于其政治和经济资源相对丰富,可以调集最大的资源来处理危险和灾难,所以研究者正在将目光从大城市转向乡镇(Cross, 2001)。当然,这并不是说大城市不重要,而

是应该选择不同尺度的风险和脆弱性指标进行评价。在确定风险脆弱性指标时, 需要充分考虑其适用性、有效性和政策意义 (Joern, 2007)。另外, 风险评估的信息传递方式也很重要。近年, 为了规避台风带来的灾害, 通常会转移人口, 这需要评估方提供确凿的证据, 说服决策者和居民采取必要的措施, 以规避风险 (Patt and Schröter, 2008)。台风灾害对经济的影响关系到国计民生, 同样是风险分析的内容之一 (Kaiser and Kasprzak, 2008; Mojtahedi et al., 2017)。Hallegatte 和 Ghil (2008) 使用内生经济周期模型研究自然灾害对经济的整体影响, 研究结果显示, 相对于经济衰退期, 经济扩张期对自然灾害的反应更强烈。Hallegatte 和 Dumas (2009) 通过模型计算, 得出自然灾害对经济和技术均无正向影响, 如果自然灾害影响超过重建能力, 将使社会落入贫困的陷阱。

在自然灾害风险分析领域, 使用模糊数学和信息矩阵的方法分析承灾体的脆弱性问题曾经是国内的主流研究方法。历史上的灾害信息相对较少, 如在唐朝, 广州和海南有 3 次台风灾害记录, 宋朝有 15 次台风灾害记录 (黄镇国和张伟强, 2007)。从现代气象资料可以推测, 在唐朝和宋朝登陆的台风一定比灾害记录的多很多, 但是相关的信息很少, 而且间隔时间较长。在这种情况下, 使用模糊数学或信息矩阵的方法, 运用某种规则, 将信息分布在不同的时间和空间中, 能提高灾害风险分析的准确性。现在的信息环境发生了很大变化, 信息的数量急剧增加, 信息更加透明, 人们对防灾、减灾的要求更高, 因此探索更适合的台风灾害风险分析方法成了必然选择。

四、台风灾害风险评估的应用与研究

风险评估可以使决策者从可持续发展的角度, 理解资源开发与灾情形成的关系 (史培军, 1996)。在社会建设过程中, 决策者在了解台风灾害风险的情况下, 可以通过制定政策、规划, 减少长期防灾、减灾成本, 增加社会和经济效益。例如, 将居住地选择在避风的地方; 风力发电设备选择安装在不易受到热带风暴袭击, 又有很多风力资源的区域。

(一) 台风灾害风险评估应用的领域

风险评估可以用于防灾、减灾漏洞检测。Hahn 等 (2009) 构造了生计脆弱性指数 (livelihood vulnerability index, LVI), 通过收集人口、生活、社交网络、保健、食品和水安全等信息, 以及自然灾害和气候变化的数据, 进行数据汇总, 然后使用复合指数比较和鉴别区域防灾漏洞。他们使用这种方法对莫马克和马博