

互联互通背景下巨灾对经济影响的 全球性和复杂性的进展与展望

孔 锋^{1,2,3,4*}, 王一飞², 吕丽莉², 孟永昌^{3,4}, 史培军^{3,4}

(1. 清华大学公共管理学院, 北京 100084; 2. 中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081;

3. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;

4. 应急管理部-教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

摘 要: 互联互通背景下, 国际贸易作为连接各个国家和地区经济系统的纽带和桥梁, 是巨灾经济影响跨区域传播的通道。该文通过对国内外相关研究的梳理, 阐述了巨灾产生全球性经济影响的过程和机理。首先, 从自然灾害等级的界定和巨灾的定义与划分着手, 分析了近年来巨灾经济损失的发展趋势。其次, 从间接经济损失的内涵与外延、灾害强度与经济影响的关联性、巨灾对性经济影响的区域差异性和全球化进程对巨灾间接经济损失的放大作用 4 个方面, 分析了巨灾经济影响的多因素研究进展。再次, 从巨灾经济影响的微观机制、巨灾的全球性经济影响机制、巨灾对宏观经济的影响机制、巨灾对全球经济生产的影响和巨灾对国际贸易的影响 5 个方面, 分析了巨灾的全球性经济影响机制和过程研究进展。最后, 从 6 个方面提出未来亟需加强的研究, 以期对巨灾经济影响全球性和复杂性有进一步的科学认识。

关键词: 巨灾; 间接经济损失; 灾害链; 经济全球化; 生产链和供应链; 巨灾经济影响机制; 巨灾涟漪效应

中图分类号: X4

文献标识码: A

经济全球化和贸易自由化正改变着我们的世界, 当今人们处于一个世界性的人口、商品、财富、信息和思想的不断交换之中, 这种行为已然构成了复杂的全球性网络^[1-3]。随着全球化进程的不断加快, 世界各个国家和地区间的贸易活动更加频繁, 区域经济系统间的相互依赖程度也不断加大^[4]。

在过去的三十年里, 世界商品出口总额的年平均增长率非常快, 尤其是进入 21 世纪以来, 大大超过了世界 GDP 的平均增长率^[2,5]。1990 年世界商品贸易出口总额为 3.49 万亿美元^[6], 而到了 2015 年世界商品贸易出口总额高达 16.48 万亿美元, 增加了 4 倍有余^[1]。经济全球化和贸易自由化在给人们带来方便和利益的同时, 也为不利事件的快速传播提供了通道^[1-2]。随着经济全球化的不断发展, 世界各个国家和地区的联系越来越紧密, 相互依赖性也越来越高^[6-8]。一方面, 通过增加中间消费的可替代性能提高区域经济系统对自然灾害的恢复性^[8];

另一方面, 由于相互依赖性的增加会导致自然灾害的空间级联效应变大, 尤其是消极方面的^[9]。2011 年 3 月 11 日, 日本东北部西太平洋海域发生了里氏 9.0 级特大地震, 震中位置为 38.32°N、142.37°E, 震源深度 24 km, 震中位置距离日本东部海岸线仅有 77 km, 距离仙台 177 km, 东京 373 km。此次地震是继 1960 年智利 9.5 级大地震与 1964 年阿拉斯加 9.2 级大地震之后的世界第三大地震^[2,10-11]。此次地震引发了巨大的海啸, 几乎波及了太平洋沿岸的所有国家和地区, 如日本、俄罗斯、美国、澳大利亚、智利、墨西哥等^[12]。日本无疑是受海啸影响最严重的国家, 其东部的本州岛地区浪高达 30 m, 海水入侵的最大距离为 10 km, 是日本海有记录以来影响范围最广的海啸事件^[13]。由于海啸的影响, 致使福岛核电站发生核泄漏事故, 进一步加剧了灾害的影响^[14]。日本内阁办公室公布的灾害影响数据显示, 因灾害导致的死亡人口高达

收稿日期: 2017-12-15.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71790611, 71642005, 41801046); 中国气象局气候变化专项项目(CCSF201843, CCSF201844); 中亚大气科学研究基金项目(CAAS201804)。

* 通讯联系人, E-mail: kongfeng0824@foxmail.com.

15 894人,失踪人口达 2 561 人,倒塌房屋 76 000 间,部分损害房屋超过 244 000 间. 基础设施也受到了严重破坏,桥梁倒塌 71 座,高速公路 26 条受损^[1-2]. 像东日本大地震这样的巨灾,其他国家和地区的间接经济损失要大于日本国内的间接经济损失,说明我们需要从全球的角度、多区域的角度出发来进行巨灾风险的分析与管理,尤其是在高速全球化的背景下.

综上所述,本文通过梳理巨灾经济影响的全球性和复杂性特征,以期对巨灾的全球性经济影响问题有全面的认识. 一方面在全球尺度上检验巨灾是否对国际经济系统产生了显著影响;另一方面分析巨灾产生全球性经济影响的过程和机理,从而为世界各个国家共同应对巨灾风险提供理论基础和科学依据.

1 巨灾内涵与外延及其发展趋势

1.1 自然灾害等级界定的重要性

自然灾害等级的划分是科学开展灾害风险管理与灾害应急救援研究的基础^[15-19]. 灾害的大小一方面是指灾害致灾因子的强度的大小^[20-21],另一方面也是指灾害造成的人员伤亡、财产损失与资源生态环境破坏的大小^[5,22-23]. 灾害等级多指的是后者,即灾情的大小^[24]. 马宗晋等提出了灾度的概念来表达灾情的大小,引申自地震的烈度概念,并进一步将自然灾害根据损失的大小分为巨灾、大灾、中灾、小灾和微灾五个等级^[15,25]. 冯志泽等根据地震的人员伤亡和经济损失构造了灾害指数,将地震灾害分成了 12 级^[26-27]. 汤爱平等根据自然灾害的相对财产损失和相对重伤和死亡率,分别在国家级、省市级和市县级三个尺度上将自然灾害分为巨灾、重灾、中灾和轻灾,强调灾害分级工作要采用相对指标并在不同尺度上开展^[28-29]. 冯利华等综述了灾害等级研究的国内外进展,指出灾害的分级不宜过多,也不宜过少,将灾害分为特大灾、大灾、中灾、小灾四个级别,既有利于国家按照行政区划来分级管理,又保证了灾害管理的职责明确,同时可操作性强^[30]. 对于单灾种的灾害等级划分,如地震、地质、海洋、洪水等灾害都有一些比较成熟的研究^[31-33].

1.2 重特大灾害的定义与划分

张卫星等重点综述了巨灾的定义与划分标准,详细整理了 1989 年~2011 年全球巨灾案例,并指出灾害形成过程包括由突发性致灾因子引发的灾害动力学过程以及由渐发性致灾因子累积形成的

灾害生态学过程,两种类型巨灾所用指标与相应标准也存在差异^[34]. 其中,突发性巨灾的划分标准可采用致灾强度、死亡人口、直接经济损失和成灾面积等四项指标^[35-36],具体为:致灾强度达到或超过百年一遇(地震震级按照里氏震级标准划分,达到 7.0 级以上即认为达到百年一遇);死亡人口(包括因灾死亡人口和失踪 1 个月以上的人口)超过 1 万人;直接经济损失(因灾造成的当年财产实际损毁的价值)超过 1 000 亿元;成灾面积(因灾造成的有人员伤亡或财产损失,或生态系统受损的灾区面积)超过 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$;且同时满足以上 4 个指标中的任意 2 项^[37-38](表 1).

表 1 自然灾害等级的划分标准

Tab. 1 Classification of natural disasters

类型	灾情指标			
	强度(年遇水平)	死亡人口 /人	直接经济 损失/亿元	成灾面积 /km ²
巨灾	7.0(地震) 或超过 100 a 一遇	10 000	1 000	100 000
	6.5~7.0(地震)	1 000	100	10 000
大灾	或 50 a 一遇 ~100 a 一遇	~9 999	~999	~99 999
	6.0~6.5(地震)			1 000
中灾	或 10 a 一遇 ~50 a 一遇	100~999	10~99	~9 999
小灾	小于 6.0(地震) 或低于 10a 一遇	99	9	999

1.3 巨灾经济损失发展趋势

近年来,全球范围内的各类巨灾频繁发生^[39-47]. 如 2003 年席卷欧洲的热浪^[48]、2004 年的印度洋海啸^[49]、2005 年美国的卡特里娜飓风^[36-50]、2008 年中国的南方雨雪冰冻灾害及汶川大地震^[36]、2010 年的冰岛火山喷发事件^[51]以及 2011 年日本的东日本大地震及引发的海啸和核泄漏^[1-2]等. 根据联合国国际减灾战略(UNISDR)2010 年发布的全球自然灾害统计报告,进入 21 世纪的第一个十年(2000 年~2009 年)共发生 3 852 起国家范围内的自然灾害事件,造成超过 78 万人丧生,经济损失高达 9 600 亿美元^[52]. 比利时鲁汶大学的全球灾害数据库(EM-DAT)^[53-54],以及来自瑞士再保险公司的历史灾害数据均表明,自然灾害的发生频次以及造成的直接经济损失呈上升趋势^[1-2]. 1960 年~2014 年全球不同灾种所造成的经济损失中,地震、洪水、风暴和干旱等自然灾害是造成损失最大的灾种,且都呈现增加的趋势^[55-56]. 其中总损失比较大的年份均有巨灾发生(如阪神地

震、印度洋海啸、卡特里娜飓风、汶川地震、东日本大地震), 2011 年因灾总损失 3 800 亿美元, 仅东日本大地震就造成日本 2 100 亿美元的损失, 可见巨灾风险的严峻性。综上可以看出, 巨灾事件的经济影响也不再局限于传统意义上的“灾区”, 而是具有涟漪效应, 可以通过区域间的贸易将影响传递到其他区域从而产生全球性的经济影响。

2 巨灾经济影响的多因素研究进展

2.1 间接经济损失的内涵与外延

灾害对经济系统造成的损失可以分为直接经济损失和间接经济损失^[37]。已有研究基于经济学中“存量”和“流量”的概念对灾害的经济影响做了清晰界定: 灾害的直接经济损失对应的是对“存量”的破坏, 即家庭住房、机械设备、交通网络、通信设施等^[56]; 灾害的间接经济影响对应的是对“流量”的影响, “流量”是指在一定的时间内经济系统所累积变动的量^[1-2]。有学者认为灾害的间接经济损失是由于在直接经济损失的基础上, 经济系统出现了供给瓶颈与需求减少, 进而引起了整个系统的级联效应^[57]。赵阿兴等认为灾害的直接经济损失包括原生灾害和紧密伴随的次生灾害所造成的经济损失总和, 如一次大地震中造成的房屋和工程建筑的倒塌以及道路、农田的损毁; 而间接经济损失则包括灾害事件所造成的工矿企业的停产、商业金融往来的中断、社会服务和管理方面的失调和停顿所造成的经济损失^[15]。黄渝祥等认为灾害的间接经济损失由间接停产损失、中间投入积压增加和投资溢价损失^[58]。Brookshire 等指出所有的经济活动都要依赖于消费者对其产品的购买 (forward linked, 前向关联), 也要依靠其他生产者的产品投入 (backward linked, 后向关联), 灾害一旦造成中间某个环节的中断, 则整个经济链条上的所有生产者和消费者都要受到影响^[59]。徐嵩龄则认为灾害的间接经济损失应包括社会经济关联型损失、灾害关联型损失和资源关联型损失^[60]。典型的例子是 2008 年中国的南方雨雪冰冻灾害, 由于此次极端天气事件范围广、强度大、持续时间长, 造成大面积的电网和交通线瘫痪, 进而影响了人们的生产和生活^[36]。此次灾害的直接经济损失主要有变电站、高压线的物理破坏, 间接经济影响则包括因电力中断、交通阻塞而造成生产活动的中断, 进一步通过产业关联带来的经济系统各产业部门的产量下降。随着经济的不断发展, 社会分工的不断细化, 经济系统呈现出了高度复杂化和网络化, 各产业部门间

的相互依赖程度不断加大, 灾害所造成的直接经济损失已不足以刻画灾害造成的经济影响, 人们愈来愈发现间接经济损失的重要性。

2.2 灾害强度与经济影响的关联性

不同类型灾害直接经济损失大小对灾害造成的间接经济损失和灾后恢复重建过程及区域间贸易情况等的影响十分复杂, 但关系密切, 大都通过生产链和供应链, 波及灾区以外区域^[1-2]。研究结果表明, 在全球和区域尺度上, 巨灾所造成的直接经济损失和间接经济损失间存在非线性关系, 即直接经济损失越大, 对应的间接经济损失与直接经济损失的比值也越大^[61]; 巨灾的经济影响已不再局限于灾害发生的国家和地区, 而是可以通过区域间贸易波及到其他国家和地区, 且造成的间接经济损失往往要大于灾害发生地范围内的间接经济损失^[62]; 从灾后恢复重建的角度来看, 灾害的直接经济损失越大所需要的恢复时间就越长, 且两者呈高度的线性相关关系^[63]; 从国际贸易的角度来看, 由于相同部门产品的可替代性, 巨灾对中间产品国际贸易的影响是双向的, 既可以使一些国家的贸易量下降, 也可以使一些国家的贸易量增加^[1, 64]; 同时由于经济系统自身的恢复性在灾害发生之后起到了很大的作用, 大大降低了灾害在短时期内所带来的最大经济影响, 有效保障了经济系统自身应对外界干扰与打击的能力。

2.3 巨灾对性经济影响的区域差异性

已有研究表明通过改变灾害发生的区域, 构建不同的模拟试验组, 来分析不同国家和地区制造业受到同样程度的破坏下, 给全球其他国家和地区带来间接经济损失的不同^[1]。不同的国家与地区在全球生产链、供应链中的地位 and 作用不同, 在受到相同强度的自然灾害打击时产生的全球性经济影响也不同。通过构建不同的模拟试验组, 发现不同区域的制造业即使受到相同程度的直接经济损失, 其所造成的全球性经济影响的产业构成情况存在差异。由于不同国家和地区对区域内部产业的依赖性不同, 在遭受灾害打击后产生的跨区域影响也不同, 对区域内部产业依赖性小的国家和地区遭受灾害打击往往使其他区域的部门生产受到的影响更大^[2]。

2.4 全球化进程对巨灾间接经济损失的放大作用

经济全球化作为全球变化的重要组成部分, 在 WTO、APEC、OECD 等经济和贸易组织的推动下, 其发展速度以及空间规模都达到了前所未有的水平^[1, 66]。随着经济全球化的不断深化, 国际贸易

作为连接世界各国经济社会发展的纽带,其核心作用也愈发显著^[1].这种快速的全球化发展不仅给人们创造了很多新的机遇和利益,但同时也为不利事件在全球范围内的快速传播提供了通道^[7].在此背景下,一个区域性的灾害事件带来的影响可能会超越地理上的界线,而造成全球性的影响.巨灾的风险不仅仅是其所造成的人员伤亡、生态资源破坏以及直接经济损失,还有因生产链中断、贸易阻塞等造成的间接经济损失^[9].

已有研究表明世界上一些国家和地区成为自然灾害风险分析的热点地区,不仅与本地区灾害频发有关,也与该地区高度的国际化水平有关^[1-2,9].世界银行的研究报告中指出因全球金融、贸易等的高速发展,使得自然灾害影响的空间波及效应明显增强^[34,38].史培军等同样强调在全球化的背景下,互联网、无线通信等高新信息技术的发展,为巨灾风险的时空转移提供了基础^[7].

不同经济全球化水平下,相同灾害直接经济损失对全球经济系统的不同影响^[2].在经济全球化过程对巨灾产生全球性经济影响的作用研究中,发现随着经济全球化水平的升高,相同强度的巨灾所造成的全球性间接经济损失在不断增大,也就是说经济全球化过程放大了灾害的经济影响^[1];但是,经济全球化水平的提高对灾后恢复重建的时间并没有显著影响.全球经济系统的进一步网络化和复杂化,放大了巨灾的风险^[63,66].

3 巨灾的全球性经济影响机制和过程研究进展

3.1 巨灾经济影响的微观机制

从灾害经济影响的角度来看,各种灾害一旦发生,直接损害的对象都是具有独立经济利益的社会细胞——企业、家庭和各種社会公共组织等构成的社会微观单位^[67].图1所示为巨灾经济影响的微观过程,包括自然灾害造成的直接经济损失和间接经济损失^[37].其中,受灾害直接影响的社会细胞便是区域灾害系统理论中的承灾体,承灾体是区域经济系统正常运行的基础,包括生产所需的劳动力、自然资源、固定资产和流动资产等,致灾因子通过对承灾体造成破坏,包括人员伤亡、物质财富损失和自然资源破坏,它们的重置成本对应着灾害的直接经济损失^[36].这些受灾害直接破坏的承灾体同时又是企业生产所必需的劳动力和资本投入,进而会导致企业的生产活动受到影响,无法完成预定的生产计划^[1].企业作为生产链或供应链中的重要组

成部分,必然会将这种影响通过需求端和供给端波及到其他经济个体^[2].从需求端来看,企业生产能力的下降就意味着生产投入的下降,进而会导致其对上游企业的需求减少,上游企业出现供大于求的现象之后同样会选择降低产量,从而会导致对更上游企业的需求减少,以此类推,产生了从需求端的“多米诺骨牌”效应^[64].从供给端来看,企业生产能力的下降就意味着对下游企业或家庭(消费者)的供给减少,出现供小于求的现象,进而会导致下游企业和家庭的生产生活受到影响,产生了从供给端的瓶颈效应.如果受影响的企业和家庭足够多,则会影响整个区域市场的供需平衡关系,进而造成不同产品价格的波动.

3.2 巨灾的全球性经济影响机制

受经济全球化的影响,人们的生产和生活方式发生了巨大转变^[1-2].同时,全球贸易的不断发展,世界各个国家和地区间的相互联系、相互依赖程度也随之不断增长,为巨灾产生全球性的经济影响提供了物质基础^[7].巨灾由于其致灾因子强度大,一旦发生就会造成大面积的人口伤亡、财产损失和基础设施的破坏,受影响的企业、家庭不计其数^[5,34,36].图1从微观的层面解析了灾害的经济影响过程,那么众多企业、家庭受灾害影响的聚合就是灾害对区域总体的经济影响.如图2所示,全球经济系统是由多个国家和地区的经济系统组合而成的,每个区域又是由众多的企业、家庭和一个政府组成,这就构成了一个多要素的复杂系统.在这样的多要素的复杂系统中,不同的企业又隶属于不同的生产部门,且不同区域间的企业、家庭以及政府存在着密切的联系,也就意味着这个系统同时又是一个多过程的系统.首先是区域内部企业与企业、企业与家庭之间的经济生产过程,然后是区域间的企业与企业、企业与家庭的贸易活动过程.巨灾对全球多区域经济系统的影响过程的实质仍然是对生产链与供应链的影响,不同之处在于国际生产链与供应链是通过国际贸易的形式构成的,其作用的机制更加复杂也更具有不确定性^[66].当某区域遭受巨灾的打击时,该区域内的企业、家庭和政府都会受到直接的破坏,导致区域经济生产活动中断,进而通过区域内部及区域间的经济、贸易活动将影响传播到其他区域的企业、家庭和政府,最终导致多区域经济系统间的级联效应.随着经济全球化进程的不断深化,巨灾的这种多区域经济影响、全球性经济影响的现象愈发凸显^[68-70].综上所述,巨灾的全球性经济影响是一个多尺度、多要素及多

过程的复杂科学问题,而这“三多”问题的集成研究 发展的基础途径.
正是揭示区域人地相互作用机制、需求全球可持续

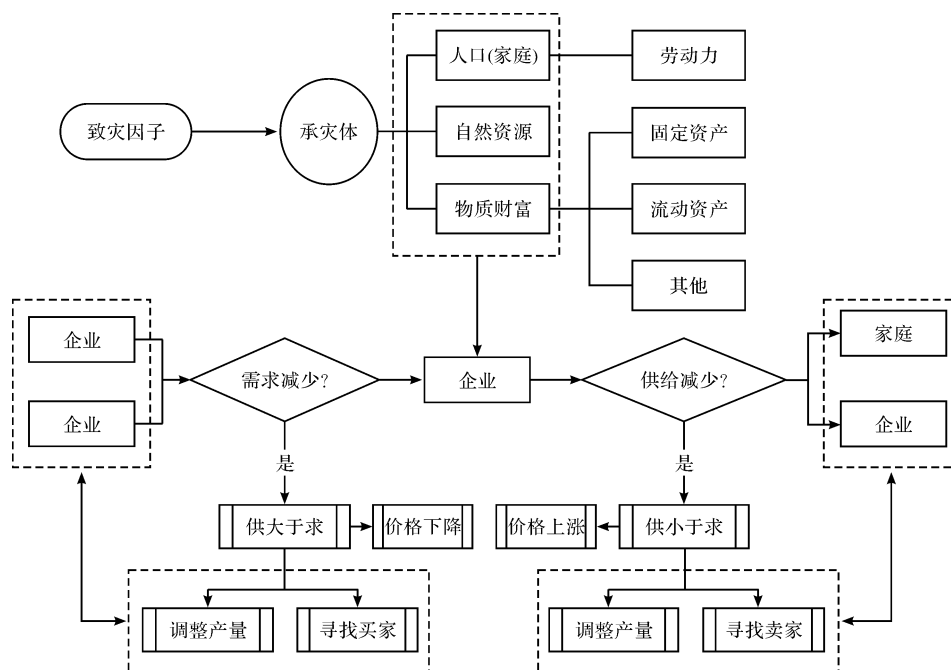


图 1 巨灾经济影响的微观过程

Fig. 1 The microscopic process of the economic impact of catastrophe

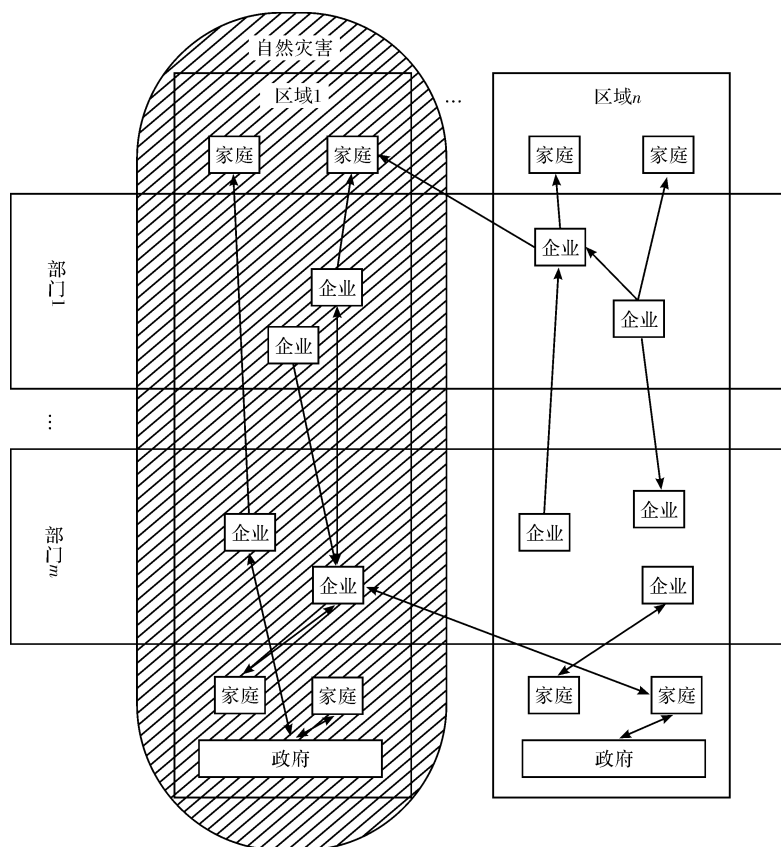


图 2 巨灾的全球性经济影响过程

Fig. 2 The global economic impact process of catastrophe

3.3 巨灾对宏观经济的影响机制

灾害对宏观经济的影响是一个非常复杂的过程,其核心问题是研究灾害对区域经济发展的影响有多大,这种影响是正面的还是负面的,目前尚没有达到一致性的结论.关于这方面的研究大体可以分为两类:第一类是研究灾害对经济的短期影响,即研究灾后 1~5 a 内灾害对经济发展的影响^[57,59];第二类是研究灾害对经济的长期影响,即灾害发生 5 a 以后对经济发展的影响^[37,71].GDP 是衡量区域经济发展的核心指标,因此,相关的研究中多以 GDP 或 GDP 增长率作为灾害影响的因变量来进行分析.

由于灾害会导致固定资产的破坏以及经济活动的中断,自然灾害常常引起 GDP 短期下降的负面影响.Benson 等通过一系列的案例研究表明灾害的短期(灾害发生后一年)经济影响是显著负面的,而且可以加剧区域贫困问题的凸显^[72].Charvériat 则通过对拉丁美洲以及加勒比海地区的灾害案例研究,发现受灾地区的 GDP 增长率在灾害发生的年份显著下降,但是由于对固定资产的重置需求,在随后的两年里受灾地区的 GDP 增长率会恢复至灾前水平^[73].Raddatz 研究了不同的外部冲击对低收入的发展中国家的经济影响,而自然灾害作为外部打击的一种,对区域经济的短期影响是显著负面的^[74].Noy 则通过面板数据分析的方法,以 1970 年~2003 年全球 109 个国家和地区的历史统计数据为基础,研究了自然灾害对 GDP 增长率的短期影响,结果表明这种影响是负的,且受到了区域经济发展水平、经济体量、收入水平、贸易开放程度等其他因素的影响^[75].Felbermayr 等以自然灾害的物理强度为指标,分析了自然灾害对人均 GDP 增长率的影响,发现自然灾害在短期内会降低人均 GDP 的增长率^[76].但是也有的研究指出,灾害对区域经济的短期影响是正的,Albala 等通过搜集 1960 年~1979 年 26 个国家和地区的灾害数据,分析了灾害发生前后受影响国家和地区各项经济指标的变化,发现自然灾害的发生可能会促进 GDP 的增长^[77].Lal 指出灾害导致 GDP 的增加可以理解为灾害虽然破坏了固定资产,但是 GDP 是从流量的角度衡量新的产出的,由于灾后恢复重建需求的增加,从而导致了 GDP 的增加,也就是说自然灾害可能会导致熊彼特“创造性破坏”效应的产生.

自然灾害对区域经济发展的长期影响也没有达成一致的结论,不同的学者持不同的观

点^[62,70,78].自然灾害对 GDP 的长期发展可能是负的、正的或者是无影响.吴吉东等也将自然灾害对区域经济发展的影响归纳为了 3 种典型的情景,即“因灾得利”型、“因灾失利”型和无影响.除此之外,自然灾害对区域经济发展的影响大小不仅取决于灾害自身的强度,还与区域经济的发展水平、土地面积、识字率、制度水平、人均收入、贸易开放程度等因素密切相关.在研究自然灾害的宏观经济影响时,区分不同的灾种(如地震地质类灾害、气象类灾害、生物灾害),以及不同的产业部门(如工业、农业、服务业),能使得研究结果更具有针对性和实际意义.

3.4 巨灾对全球经济生产的影响

灾害对全球经济生产的影响研究还处于起步阶段,Mackenzie 等基于 OECD 提供的全球 18 个国家和地区的投入产出表以及进出口贸易数据,构建了全球多区域投入产出模型,评估了 2011 年东日本大地震产生的全球性经济影响,发现其他国家和地区受到的经济影响有正的也有负的,其中以中国、德国、美国、韩国等与日本贸易关系比较密切的国家受到的影响最大^[79].Arto 等则以欧盟投入产出数据库提供的世界投入产出表为基础,采用混合多区域投入产出模型,评估了因东日本大地震造成日本汽车制造业生产中断而带来的全球性经济影响,结果表明全球的间接经济损失高达 1 390 亿美元,其中日本占 39%、美国 25%、中国 8%、欧盟 7%^[80].

3.5 巨灾对国际贸易的影响

灾害的经济影响研究已经受到很多学者的关注^[1,7,37,62],有从灾害的直接经济损失角度开展的研究,也有从灾害的间接经济损失角度开展的研究,还有从灾害的宏观经济影响角度开展的研究^[37].但是,灾害对国际贸易的影响研究尚没有受到足够的重视^[1].随着经济全球化程度的不断加深,各个国家和地区间的贸易关系更加错综复杂,灾害作为对经济贸易系统的外部冲击,研究其对国际贸易的影响具有重要的实践意义^[2].世界贸易组织发布的 2012 年世界贸易报告中指出,2011 年的东日本大地震、泰国洪水等巨灾是导致全球贸易增长速度下降的主要原因之一^[2].Gassebner 等首次在全球尺度上采用贸易引力模型,评估了灾害(自然灾害与技术灾害)对国际贸易的影响,发现灾害对不同国家的进口与出口的作用都是负面的,且受到了国家民主程度以及国土面积的影响^[81].Chang 等同样构建了全球尺度的贸易引力模型,分析了气

候类灾害与政治风险对国际贸易的影响,发现气候类灾害的增加会导致进出口国家双边贸易的减少,并指出在全球气候变化的背景下国际贸易受气候类灾害的影响会继续加大^[82]. Silva 等研究了自然灾害对发展中国家国际贸易的影响,结果表明自然灾害对面积较小的发展中国家产生了显著的负面影响^[83]. Ando 等分析了日本的出口受东日本大地震和世界金融危机的影响,以及由此对国际生产链产生的冲击^[84]. Li 等采用时间序列分析的方法,对比研究了 2011 年东日本大地震与 2009 年世界金融危机对中日贸易的影响,指出东日本大地震对中日贸易的负面影响非常显著,且其影响的持续时间长达两年之久^[85].

4 小结和展望

灾害的经济影响研究是灾害经济学中的重要内容,灾害间接经济损失评估的重要性已经得到国际社会的广泛认同,但是对于巨灾所带来的全球性经济影响问题的研究相对不足^[1-2,7,67]. 尤其是在全球气候变暖背景下,极端天气气候事件频发,导致国内外多地灾害频发^[86],灾情加重. 尤其是在我国应急管理部成立背景下,巨灾的风险治理的体制、机制和法制将迎来新的机遇. 同时随着“一带一路”建设的不断深入推进,巨灾经济影响也将不断深化. 尤其是“一带一路”沿线地区防灾减灾能力相对薄弱,一旦发生巨灾,势必将会造成严峻的经济损失和人员伤亡^[87]. 基于本文对目前国内外相关研究工作的梳理,巨灾的全球性经济影响研究仍需在以下六个方面进一步加强.

其一,从实证的角度回答,巨灾对全球经济是否产生了显著影响? 影响有多大? 目前关于这方面的实证研究十分不足,且现有的研究中关注的均是所有等级自然灾害的综合影响,忽略了巨灾的特殊性. 因巨灾强度大,造成的人员伤亡和财产损失多,灾害的影响范围广,且受灾地区的应对方式也会有所差别,所以其对经济系统的影响必然与普通自然灾害有所不同.

其二,面向巨灾的全球性经济影响的评估模型仍然较少. 一方面,在灾害的间接经济损失评估中,大多数模型的评估对象皆是单个区域的经济系统,忽略了经济全球化背景下巨灾经济影响的空间波及效应;另一方面,现有的评估自然灾害多区域经济影响的模型中,以多区域投入产出模型和可计算一般均衡模型为主,它们有各自的局限性,如何权衡和利用两种模型的优缺点需要深入研究.

其三,经济全球化对巨灾风险的时空转移问题已经引起了国际社会的广泛关注,但是仍缺乏相关的定量评估研究. 相同强度的自然灾害发生在不同的国家和不同的时间,其所处的经济发展水平和全球化水平就会不同,进而造成的经济影响的空间波及效应就会不同. 灾害发生地的国际化水平越高,或灾害发生地在国际生产链中的作用越重要,其所造成其他国家和地区的间接经济损失就有可能越大.

其四,从全球系统科学的角度,再认识巨灾全球性经济影响的复杂性. Helbing 指出当今的全球性网络社会已经构成了高度相互依赖的复杂系统,以至于我们无法完全理解其内在的机理,更无法很好的控制系统的运行^[66]. 欧盟的 FutureICT 计划(Future Information Communication Technology)正在致力于建设全球系统科学,旨在利用复杂系统理论帮助人们解决全球性的社会问题. 全球系统科学强调我们要综合运用自然科学、工程学以及社会科学等方面的知识和工具,以跨学科的思维来认识现实中的复杂问题并提出针对性的解决方案. 巨灾的全球性经济影响问题无疑是摆在社会各界面前的重大挑战,从全球系统科学的角度再认识该问题的复杂性,将有利于我们更好的应对和管理巨灾风险.

其五,选择典型巨灾事件,丰富巨灾全球性经济影响的案例研究. 由于日本制造业在全球生产链和供应链中的重要地位,东日本大地震造成的全球性经济影响已经受到很多学者的关注,也有了比较丰富的研究成果. 为了更深入的理解巨灾的全球性经济影响,需要更丰富的案例研究来从实践中进一步凝练和提升理论. 如 2008 年的汶川特大地震,造成中国直接经济损失八千多亿元,其中四川省东方汽轮机有限公司的绵竹汉旺基地被全部摧毁,该企业作为国际汽轮机市场的主要供应商之一,因产能不足使得整个国家相关的生产链受影响. 如 2010 年冰岛的火山喷发事件,造成全球各个国家和地区近 10 万次航班被迫取消,由此造成的航空物流延误、商业活动中断等不可估量.

其六,全球气候变暖背景下,极端天气和气候事件在频率、强度、时空范围上发生了变化,不断变化的气候有可能会产生前所未有的极端天气和气候事件^[40-41]. 也就是说,未来我们可能会面临着更多的巨灾. 与此同时,世界经济不断发展,不同国家和地区间产业结构相互渗透,国际贸易关系趋于复杂化和多元化. 未来致灾因子强度和频次的增加以

及承灾体暴露和关联性的增加,都使得我们将要面临一个更高风险的未来。IPCC 为了更好的反映社会经济发展与气候变化情景的关联,发布了新的共享社会经济路径(Shared Socio-economic Pathways, SSPs)情景。在进一步的研究中,可以基于不同的 SSPs 情景,评估未来不同情景下巨灾的间接经济损失风险。

参考文献:

- [1] 孟永昌, 杨赛霓, 史培军, 等. 巨灾对全球贸易的影响评估[J]. 灾害学, 2016, 31(4):49-53.
MENG Y C, YANG S N, SHI P J, et al. Impact of catastrophe on global trade[J]. Journal of Catastrophe, 2016, 31(4):49-53. (Ch).
- [2] 孟永昌, 王 铸, 吴吉东, 等. 巨灾影响的全球性:以东日本大地震的经济影响为例[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(6):1-8.
MENG Y C, WANG Z, WU J D, et al. Global impact of catastrophe: taking the economic impact of the East Japan earthquake as an example[J]. Journal of Natural Disasters, 2015, 24(6):1-8. (Ch).
- [3] 曹继平. 全球巨灾趋势及其对世界保险业的影响[D]. 成都: 西南民族大学, 2014.
CAO J P. Trend of Global Catastrophe and Its Impact on the World's Insurance Industry[D]. Chengdu: Southwest University for Nationalities, 2014. (Ch).
- [4] 李 文. 巨灾损失地域相关性分析-Copula 理论的应用[D]. 成都: 西南财经大学, 2012.
LI W. Regional Correlation Analysis of Catastrophe Loss: Application of Copula Theory[D]. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics, 2012. (Ch).
- [5] 孔 锋, 吕丽莉, 方 建. 农业巨灾风险评估理论和方法研究综述和展望[J]. 保险研究, 2016(9):103-116.
KONG F, LV L L, FANG J. Review and prospect of theories and methods of agricultural catastrophe risk assessment[J]. Insurance Research, 2016(9):103-116. (Ch).
- [6] 邓国取. 中国农业巨灾保险制度研究[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2006.
DENG G Q. Research on Agricultural Catastrophe Insurance System in China[D]. Xian: Northwest Agriculture and Forestry University, 2006. (Ch).
- [7] 史培军, 孔 锋, 叶 谦, 等. 灾害风险科学与科技减灾[J]. 地球科学进展, 2014, 29(11):1205-1211.
SHI P J, KONG F, YE Q, et al. Scientific development of disaster risk and scientific and technological disaster reduction[J]. Advances in Geoscience, 2014, 29(11):1205-1211. (Ch).
- [8] 翟国方, 崔功豪, 谢映霞, 等. 风险社会与弹性城市[J]. 城市规划, 2015, 39(12):107-112.
ZHAI G F, CUI G H, XIE Y X, et al. Risk society and resilient city[J]. Urban Planning, 2015, 39(12):107-112. (Ch).
- [9] 李卫江, 蒋 湧, 温家洪, 等. 地震灾害情景下产业空间网络风险评估——以日本丰田汽车为例[J]. 地理学报, 2016, 71(8):1384-1399.
LI W J, JIANG Y, WEN J H, et al. Risk assessment of industrial space network under earthquake disaster scenarios: taking TOYOTA motor as an example[J]. Journal of Geography, 2016, 71(8):1384-1399. (Ch).
- [10] 张 俊, 尹光辉, 张玮晶, 等. 大震巨灾信息公开报道的中日对比研究——以汶川特大地震与东日本大地震为例[J]. 中国应急管理, 2015(3):52-56.
ZHANG J, YIN G H, ZHANG W J, et al. Comparative Study on the public announcement of catastrophic information on major earthquakes between China and Japan: taking the Wenchuan earthquake and the East Japan earthquake as an example[J]. Emergency Management in China, 2015(3):52-56. (Ch).
- [11] 祝 伟, 陈秉正. 我国居民巨灾保险需求影响因素分析——以地震风险为例[J]. 保险研究, 2015(2):14-23.
ZHU W, CHEN B Z. Analysis of factors affecting the demand for catastrophe insurance in China: taking earthquake risk as an example[J]. Insurance Research, 2015(2):14-23. (Ch).
- [12] 孙 玉. 由“东日本大地震”引发的对中国地震保险的思考[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2016.
SUN Y. Reflections on China's Earthquake Insurance Triggered by the East Japan Earthquake[D]. Shenyang: Liaoning University, 2016. (Ch).
- [13] 任智源, 刘 桦. 日本东部地震海啸对我国沿海地区影响的数值分析[C]//全国水动力学研讨会并周培源诞辰 110 周年纪念大会, 2012.
REN Z Y, LIU H. Numerical analysis of the impact of earthquake and tsunami in eastern Japan on China's coastal areas[C]//National Hydrodynamics Symposium and Zhou Peiyuan's 110th Anniversary Birthday Commemoration Conference, 2012. (Ch).
- [14] 容逸能, 徐 瑞, 梁湘三, 等. 福岛核泄漏事件对中国海污染的研究[J]. 环境科学学报, 2016, 36(9):3146-3159.
RONG Y N, XU R, LIANG X S, et al. Fukushima nuclear leakage study on pollution in China seas[J]. Journal of Environmental Science, 2016, 36(9):3146-3159. (Ch).
- [15] 赵阿兴, 马宗晋. 自然灾害损失评估指标体系的研究[J]. 自然灾害学报, 1993, 8(3):1-7.
ZHAO A X, MA Z J. Study on evaluation index system of natural disaster loss[J]. Journal of Natural Disasters, 1993, 8(3):1-7. (Ch).
- [16] 冯利华, 赵浩兴, 瞿有甜. 灾害等级的综合评价[J]. 灾害学, 2002, 17(4):16-20.
FENG L H, ZHAO H X, QU Y T. Comprehensive evaluation of disaster grade[J]. Journal of Catastrophe, 2002, 17(4):16-20. (Ch).
- [17] 魏庆朝, 张庆珩. 灾害损失及灾害等级的确定[J]. 灾害学, 1996, 11(1):1-5.

- WEI Q C, ZHANG Q H. Determination of disaster loss and disaster grade[J]. Journal of Catastrophe, 1996, **11**(1):1-5. (Ch).
- [18] 冯利华. 灾害等级的灰色聚类分析[J]. 自然灾害学报, 1997, **12**(1):14-18.
- FENG L H. Grey cluster analysis of disaster grade[J]. Journal of Natural Disasters, 1997, **12**(1):14-18. (Ch).
- [19] 徐海量, 陈亚宁. 洪水灾害等级划分的模糊聚类分析[J]. 干旱区地理, 2000, **23**(4):350-352.
- XU H L, CHEN Y N. Fuzzy cluster analysis of grade division of flood disaster[J]. Arid Land Geography, 2000, **23**(4):350-352. (Ch).
- [20] 高庆华. 自然灾害系统论概说[J]. 科技导报, 1991, **9**(2):51-54.
- GAO Q H. Introduction to natural disaster system theory [J]. Science and Technology Bulletin, 1991, **9**(2):51-54. (Ch).
- [21] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, **11**(4):6-17.
- SHI P J. Second discuss the theory and practice of disaster research[J]. Journal of Natural Disasters, 1996, **11**(4):6-17. (Ch).
- [22] 孔 锋, 李梦婕, 吕丽莉, 等. 土地利用变化对农业旱灾影响研究进展与展望[J]. 干旱区研究, 2017(5):986-996.
- KONG F, LI M J, LV L L, et al. Research progress and prospect of land use change on agricultural drought[J]. Arid Land Research, 2017(5):986-996. (Ch).
- [23] 史培军, 袁 艺. 重特大自然灾害综合评估[J]. 地理科学进展, 2014, **33**(9):1145-1151.
- SHI P J, YUAN Y. Comprehensive assessment of large scale nature disasters[J]. Progress in Geoscience, 2014, **33**(9):1145-1151. (Ch).
- [24] 杨仕升. 自然灾害等级划分及灾情比较模型探讨[J]. 自然灾害学报, 1997, **12**(1):8-13.
- YANG S S. Classification of natural disasters and comparative models of natural disasters[J]. Journal of Natural Disasters, 1997, **12**(1):8-13. (Ch).
- [25] 马宗晋, 高庆华. 中国自然灾害综合研究 60 年的进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, **20**(5):1-5.
- [26] MA Z J, GAO Q H. Progress of the comprehensive study of natural disasters in China for the past 60 years[J]. Population, Resources and Environment in China, 2010, **20**(5):1-5.
- [27] 冯志泽, 胡 政. 地震灾害损失评估及灾害等级划分[J]. 灾害学, 1994, **9**(1):13-16.
- FENG Z Z, HU Z. Assessment of earthquake disaster loss and classification of disaster grade[J]. Journal of Catastrophe, 1994, **9**(1):13-16. (Ch).
- [28] 冯志泽, 王宝银, 于善清. 地震灾害间接经济损失估计[J]. 灾害学, 1998, **13**(4):23-27.
- FENG Z Z, WANG B Y, YU S Q. Estimation of indirect economic loss of earthquake disaster[J]. Journal of Catastrophe, 1998, **13**(4):23-27. (Ch).
- [29] 汤爱平, 谢礼立, 陶夏新, 等. 自然灾害的概念、等级[J]. 自然灾害学报, 1999, **14**(3):61-65.
- TANG A P, XIE L L, TAN X X, et al. Concept and grade of natural disasters[J]. Journal of Natural Disasters, 1999, **14**(3):61-65. (Ch).
- [30] 汤爱平, 文爱花. 论城市灾害管理模型[J]. 自然灾害学报, 1999, **14**(1):92-97.
- TANG A P, WEN A H. Discussion on urban disaster management model[J]. Journal of Natural Disasters, 1999, **14**(1):92-97. (Ch).
- [31] 冯利华. 灾害损失的定量计算[J]. 灾害学, 1993, **8**(2):17-19.
- FENG L H. Quantitative calculation of disaster loss[J]. Journal of Catastrophe, 1993, **8**(2):17-19. (Ch).
- [32] 冯利华. 灾害等级研究进展[J]. 灾害学, 2000, **15**(3):72-76.
- FENG L H. Research progress on disaster grade[J]. Journal of Catastrophe, 2000, **15**(3):72-76. (Ch).
- [33] 石先武, 刘钦政, 王宇星. 风暴潮灾害等级划分标准及适用性分析[J]. 自然灾害学报, 2015, **24**(3):161-168.
- SHI X W, LIU Q Z, WANG Y X. Classification standard and applicability analysis of storm surge disaster classification[J]. Journal of Natural Disasters, 2015, **24**(3):161-168. (Ch).
- [34] 杨思全, 陈亚宁. 基于模糊模式识别理论的灾害损失等级划分[J]. 自然灾害学报, 1999, **8**(2):56-60.
- YANG S Q, CHEN Y N. Classification of disaster losses based on fuzzy pattern recognition theory[J]. Journal of Natural Disasters, 1999, **8**(2):56-60. (Ch).
- [35] 张卫星, 史培军, 周洪建. 巨灾定义与划分标准研究——基于近年来全球典型灾害案例的分析[J]. 灾害学, 2013, **28**(1):15-22.
- ZHANG W X, SHI P J, ZHOU H J. Research on definition and standard of catastrophe: based on the analysis of typical disaster cases in recent years[J]. Journal of Catastrophe, 2013, **28**(1):15-22. (Ch).
- [36] 史培军. 四论灾害系统研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2005, **14**(6):1-9.
- SHI P J. Fourth discussion on theory and practice on the research of disaster system[J]. Journal of Natural Disasters, 2005, **14**(6):1-9. (Ch).
- [37] 吕丽莉, 史培军. 中美应对巨灾功能体系比较——以 2008 年南方雨雪冰冻灾害与 2005 年卡特里娜飓风应对为例[J]. 灾害学, 2014, **29**(3):206-213.
- LV L L, SHI P J. Comparison of China and the United States in coping with catastrophe function system: a case study of Southern China 2008 snowstorm and freezing disaster and 2005 hurricane USA Katrina response[J]. Journal of Catastrophe, 2014, **29**(3):206-213. (Ch).
- [38] 吴吉东, 李 宁, 温玉婷, 等. 自然灾害的影响及间接经济损失评估方法[J]. 地理科学进展, 2009, **28**(6):877-885.
- WU J D, LI N, WEN Y T, et al. Impact of natural disasters and indirect economic loss assessment methods[J].

- Progress in Geoscience, 2009, **28**(6):877-885. (Ch).
- [39] 吴吉东, 傅宇, 张洁, 等. 1949-2013 年中国气象灾害灾情变化趋势分析[J]. 自然资源学报, 2014(9): 1520-1530.
- WU J D, FU Y, ZHANG J, et al. Analysis of the trend of meteorological disasters in China in the past 1949-2013 years[J]. Journal of Natural Resources, 2014(9): 1520-1530. (Ch).
- [40] ALEXANDER L V, ZHANG X, PETERSON T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2006, **111**(D5):1042-1063.
- [41] IPCC SREX. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation[R]. London: Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2013.
- [42] IPCC AR5. Intergovernmental panel on climate change climate change fifth assessment report (AR5)[R]. London: Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2013.
- [43] 孔锋, 史培军, 方建, 等. 全球变化背景下极端降水时空格局变化及其影响因素研究进展和展望[J]. 灾害学, 2017, **32**(2):165-174.
- KONG F, SHI P J, FANG J, et al. Research progress and Prospect of extreme precipitation temporal spatial pattern and its influencing factors under the background of global change[J]. Journal of Catastrophe, 2017, **32**(2):165-174. (Ch).
- [44] 史培军, 孔锋, 方佳毅. 中国年代际暴雨时空变化格局[J]. 地理科学, 2014, **34**(11):1281-1290.
- SHI P J, KONG F, FANG J Y. Temporal and spatial pattern of Interdecadal rainstorm in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, **34**(11):1281-1290. (Ch).
- [45] 史培军, 孔锋. 1951-2010 年中国年代际累积暴雨时空格局变化的相关因素研究[J]. 地理科学, 2016, **36**(10): 1457-1465.
- SHI P J, KONG F. Study on the correlation factors of the spatial temporal pattern of the decadal accumulative rainstorm in China in the past 1951-2010 years[J]. Scientia Geographica Sinica, 2016, **36**(10):1457-1465. (Ch).
- [46] 孔锋, 吕丽莉, 方建. 1991~2010 年中国小时暴雨时空变化格局及其与城镇化因子的空间相关分析[J]. 气候与环境研究, 2017, **22**(3):355-364.
- KONG F, LV L L, FANG J. Spatial and temporal pattern of hourly rainstorm and its spatial correlation with urbanization factors in China in the past 1991-2010 years[J]. Research on Climate and Environment, 2017, **22**(3):355-364. (Ch).
- [47] 孔锋, 刘凡, 吕丽莉, 等. 1961~2010 年中国大尺度区域暴雨时空分布特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, **26**(4):631-640.
- KONG F, LIU F, LV L L, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of large scale regional rainstorms in China in the past 1961-2010 years[J]. Resources and Environment of the Yangtze River Basin, 2017, **26**(4):631-640. (Ch).
- [48] 孔锋, 方建, 吕丽莉, 等. 中国长短历时暴雨时空变化格局及其对总暴雨贡献的研究(1951-2010)[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, **26**(s2):316-320.
- KONG F, FANG J, LV L L, et al. Temporal and spatial pattern of long and short duration heavy rainfall in China and its contribution to total rainstorm from 1951 to 2010 [J]. Population, Resources and Environment in China, 2016, **26**(s2):316-320. (Ch).
- [49] ROPER R E. Book review of "Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago"[J]. Journal of Homeland Security & Emergency Management, 2003, **1**(1):666-667.
- [50] HENDERSON J C. Corporate social responsibility and tourism: Hotel companies in Phuket, Thailand, after the Indian Ocean tsunami[J]. International Journal of Hospitality Management, 2007, **26**(1):228-239.
- [51] GALEA S, BREWIN C R, GRUBER M, et al. Exposure to hurricane-related stressors and mental illness after Hurricane Katrina. [J]. Archives of General Psychiatry, 2007, **64**(12):1427-1435.
- [52] SULPIZIO R, ZANCHETTA G, CARON B, et al. Volcanic ash hazard in the Central Mediterranean assessed from geological data[J]. Bulletin of Volcanology, 2014, **76**(10): 866-878.
- [53] UNITED NATIONS. United Nations International Strategy for Disaster Reduction(UNISDR) [R]. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2010.
- [54] ROGERS D P. Global assessment report on disaster risk reduction[J]. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2011.
- [55] 张霞, 薛耀文. 全球重大突发事件规律研究[J]. 灾害学, 2015, **30**(3):229-234.
- ZHANG X, XUE Y W. Research on the law of major global emergencies[J]. Journal of Catastrophe, 2015, **30**(3): 229-234. (Ch).
- [56] 梁琳. 全球气候变化将带来毁灭性灾难[J]. 生态经济, 2016, **32**(1):2-5.
- LIANG L. Global climate change will bring devastating disaster[J]. Ecological Economy, 2016, **32**(1):2-5. (Ch).
- [57] 周蕾, 吴先华, 吉中会. 考虑恢复力的洪涝灾害损失评估研究进展[J]. 自然灾害学报, 2017, **26**(2):11-21.
- ZHOU L, WU X H, JI Z H. Research progress of flood damage assessment considering restoring force[J]. Journal of Natural Disasters, 2017, **26**(2):11-21. (Ch).
- [58] WANG G, LI X, WU X, et al. The rainstorm comprehensive economic loss assessment based on CGE model: using a July heavy rainstorm in Beijing as an example[J]. Natural Hazards, 2015, **76**(2):839-854.
- [59] 黄渝祥, 杨宗跃, 邵颖红. 灾害间接经济损失的计量[J]. 灾害学, 1994, **9**(3):7-11.
- HUANG Y X, YANG Z Y, SHAO Y H. Measurement of indirect economic loss in disaster[J]. Journal of Catastrophe, 1994, **9**(3):7-11. (Ch).

- [60] BROOKSHIRE D S, CHANG S E, COCHRANE H, et al. Direct and indirect economic losses from earthquake damage[J]. *Earthquake Spectra*, 2012, **13**(4):683-701.
- [61] 徐高岭. 灾害经济损失概念及产业关联型间接经济损失计量[J]. *自然灾害学报*, 1998, **7**(4):7-15.
XU S L. Concept of disaster economic loss and the measurement of indirect industrial economic loss[J]. *Journal of Natural Disasters*, 1998, **7**(4):7-15. (Ch).
- [62] FUJIMI T, TATANO H. Estimation of indirect economic loss caused by house destruction in a natural disaster[J]. *Natural Hazards*, 2012, **61**(3):1367-1388.
- [63] XIE W, LI N, WU J D, et al. Evaluation of indirect loss from hypothetical catastrophes in two regions with different economic development levels in China[J]. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 2012, **12**(11):3325-3335.
- [64] WU J, LI N. Elementary discussion about importance of indirect economic loss estimation of disasters[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2012, **21**(3):15-21.
- [65] 曹 玮, 肖 皓. 基于 CGE 模型的极端冰雪灾害经济损失评估[J]. *自然灾害学报*, 2012, **21**(5):191-196.
CUI W, XIAO H. Economic loss assessment of extreme ice snow disaster based on CGE model[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2012, **21**(5):191-196. (Ch).
- [66] 史培军, 唐 迪, 方伟华, 等. 从应对 2008 年低温雨雪冰冻巨灾看我国巨灾风险防范对策[J]. *保险研究*, 2008(5):9-12.
SHI P J, TANG D, FANG W H, et al. Countermeasures against catastrophe risk in China from the 2008 disaster of freezing rain and snow[J]. *Insurance Research*, 2008(5):9-12. (Ch).
- [67] HELBING D. Globally networked risks and how to respond. [J]. *Nature*, 2013, **497**(7447):51-59.
- [68] 郑功成. 中国灾害研究丛书: 灾害经济学[M]. 长沙: 湖南出版社, 1998.
ZHENG G C. Disaster Economics in China: Disaster Economics[M]. Changsha: Hunan Press, 1998. (Ch).
- [69] SHI P, LIU L, WANG J, et al. Experience, lessons and recommendation of China's response to the Wenchuan earthquake disaster [M]//Integrated Risk Governance. Springer Berlin Heidelberg, 2013:71-88.
- [70] LU Y, XU J. The progress of emergency response and rescue in China: a comparative analysis of Wenchuan and Lushan earthquakes [J]. *Natural Hazards*, 2014, **74**(2):421-444.
- [71] ZHANG Q, ZHANG J, YAN D, et al. Dynamic risk prediction based on discriminant analysis for maize drought disaster[J]. *Natural Hazards*, 2013, **65**(3):1275-1284.
- [72] HOCHRAINER S. Assessing the macroeconomic impacts of natural disasters: Are there any? [J]. *Policy Research Working Paper*, 2010, **24**(2):280-302.
- [73] BENSON C, CLAY E. The impact of drought on sub-Saharan African economies[J]. *Ids Bulletin*, 2010, **25**(4):24-32.
- [74] CHARVÉRIAT C. Desastres naturales en América Latina y el Caribe: panorámica general del riesgo[J]. *Research Department Publications*, 2000, **35**(4):34-47.
- [75] RADDATZ C. Are external shocks responsible for the instability of output in low-income countries? [J]. *Journal of Development Economics*, 2007, **84**(1):155-187.
- [76] NOY I. The macroeconomic consequences of disasters[J]. *Journal of Development Economics*, 2009, **88**(2):221-231.
- [77] FELBERMAYR G, GRÖSCHL J. Naturally negative: The growth effects of natural disasters[J]. *Journal of Development Economics*, 2014, **111**(3):92-106.
- [78] LOZOYA J P, SARDÁ R, Jiménez J A. A methodological framework for multi-hazard risk assessment in beaches[J]. *Environmental Science & Policy*, 2011, **14**(6):685-696.
- [79] LAL P N. Vulnerability to natural disasters: An economic analysis of the impact of the 2009 floods on the Fijian sugar belt[J]. *Pacific Economic Bulletin*, 2010, **25**(2):62-77.
- [80] MACKENZIE C A, SANTOS J R, BARKER K. Measuring changes in international production from a disruption: Case study of the Japanese earthquake and tsunami[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, **138**(2):293-302.
- [81] ARTO I, ANDREONI V, CANTUCHE J M, et al. Global impacts of the automotive supply chain disruption following the Japanese earthquake of 2011[J]. *Economic Systems Research*, 2015, **27**(3):306-323.
- [82] GASSEBNER M, KECK A, TEH R. The impact of disasters on international trade[J]. *Ssrn Electronic Journal*, 2006, **53**(3):195-206.
- [83] CHANG H O, REUVENY R. Climatic natural disasters, political risk, and international trade[J]. *Global Environmental Change*, 2010, **20**(2):243-254.
- [84] SILVA J A D, CERNAT L. Coping with loss: the impact of natural disasters on developing countries' trade flows [C]//United States Taxation and Developing Countries. Columbia: Columbia University Press, 2012:175-180.
- [85] ANDO M, KIMURA F. How did the Japanese exports respond to two crises in the international production networks? The global financial crisis and the great east Japan earthquake[J]. *Asian Economic Journal*, 2012, **26**(3):261-287.
- [86] LI M, YE T, SHI P, et al. Impacts of the global economic crisis and Tohoku earthquake on Sino-Japan trade: a comparative perspective[J]. *Natural Hazards*, 2015, **75**(1):541-556.
- [87] 孔 锋, 吕丽莉, 王一飞. 透视中国综合防灾减灾的主要进展及其挑战和战略对策[J]. *水利水电技术*, 2018, **49**(1):42-51.
KONG F, LV L L, WANG Y F. Progress, challenges and strategic countermeasures of comprehensive disaster prevention and reduction in China[J]. *Water Conservancy and Hydropower Technology*, 2018, **49**(1):42-51. (Ch).
- [88] 孔 锋, 申丹娜, 吕丽莉, 等. “一带一路”沿线综合气象灾害

防范国际合作[J]. 阅江学刊, 2017, 9(6):69-75,142.
KONG F, SHEN D N, LV L L, et al. International coop-
eration of comprehensive meteorological disaster prevention

along the Belt and Road[J]. Yuejiang Academic Journal,
2017, 9(6):69-75,142. (Ch).

Progress and prospect of global and complex economic impacts of catastrophe under the background of interoperability

KONG Feng^{1,2,3,4}, WANG Yifei², LYU Lili², MENG Yongchang^{3,4}, SHI Peijun^{3,4}

(1. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. China Meteorological Administration Training Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China;

3. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University,
Beijing 100875, China; 4. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management,

Emergency Management & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

Abstract: International trade, as a link and bridge between countries and regional economic systems, is a channel for catastrophic economic impacts across regional under the background of interconnection. By combing the relevant research, this research expounds the process and mechanism of the catastrophe impact of the global economy. Firstly, from the definition of natural disaster grade and the definition and division of catastrophe, the tendency of catastrophic economic loss in recent years is analyzed. Secondly, the research progress on multi factor analysis of economic impact by catastrophe are investigated from four aspects, including the connotation and extension of indirect economic loss, relationship between disaster intensity and economic impact, regional differences of the impact of catastrophe on economy and amplification of indirect economic losses caused by catastrophe in the process of globalization. Thirdly, the research progress on mechanism and process of impact on global economy by catastrophe are analyzed from five aspects, including microeconomic mechanism of catastrophic economic impacts, global economic impact mechanism of catastrophe, impact mechanism of catastrophe on macroeconomy, impact of catastrophe on global economy, and impact of catastrophe on international trade. Thus, we put forward six aspects of research which are urgent to be strengthened in order to have a further scientific understanding of the global and complexity of catastrophic economic phenomena.

Key words: catastrophe; indirect economic loss; disaster chain; economic globalization; production chain and supply chain; economic impact mechanism of catastrophe; ripple effect of catastrophe