

基于 CGE 模型的环境灾害经济影响评估

——以湖南雪灾为例

解 伟^{1,2} 李 宁¹ 胡爱军³ 高 颖⁴ 吉中会²

(1. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室/环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875;

2. 民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875; 3. 湖南省气象局, 湖南 长沙 410007;

4. 北京师范大学社会发展与公共政策学院, 北京 100875)

摘要 环境灾害(比如, 气象灾害、荒漠化等)不仅仅造成直接损失(比如, 厂房、设备破坏和粮食欠收等), 而且会导致经济系统产业链中断, 进而影响到区域经济的正常运行。本文以 2008 年南方雨雪冰冻灾害为例, 基于 CGE 模型, 评估交通中断对湖南省的间接经济影响。为刻画灾害冲击, CGE 模型的改进包括: 为反映灾害的区域性, 将全国 CGE 模型降尺度为区域模型; 为反映灾后应急情景, 选择资本市场宏观闭合规则为资本在部门之间不流动; 为反映货物周转量变化, 在生产模块增加效率参数; 为反映旅客周转量变化, 选择劳动力宏观闭合规则为新古典闭合。研究表明: ①对于重大环境灾害, 间接经济损失甚至比直接损失大; ②2008 年雪灾引起的湖南省交通瘫痪, 造成的间接经济损失为 50.4 亿元(以增加值表示), 约占湖南省前两个月 GDP 的 3%; ③值得注意, 由于产业之间相互关联, 简单叠加各产业单独破坏造成的经济损失, 往往夸大整个行业同时破坏造成的经济损失。

关键词 间接经济损失; 风险管理; CGE

中图分类号 P954; F062.2 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2012)11-0026-06 doi: 10.3969/j.issn.1002-2104.2012.11.005

随着全球环境问题日益严重, 环境灾害事件呈现频率增多、强度增大、损失加重的趋势^[1]。近年来, 发生在我国的南方雨雪冰冻灾害、汶川地震、舟曲滑坡泥石流以及西南干旱等环境灾害事件, 造成了巨大的人员伤亡和财产损失。为提高灾害风险管理水平, 加快灾后恢复重建, 自然灾害损失评估逐渐成为可持续发展学科中的热点问题^[2]。自然灾害造成的损失, 通常分为三个层次: 直接经济损失, 指受损居民住宅、基础设施和厂房设备等的恢复重置成本; 间接经济损失, 主要指因产业链中断造成的可市场化评估的损失; 宏观经济损失, 指灾害对受灾省份、全国、甚至全球宏观经济指标(GDP、物价、税收和就业等)造成的影响^[3-4]。

在我国, 自然灾害直接损失评估相对成熟, 政府部门的统计、新闻媒体的报道, 也大都只涉及直接经济损失。

然而, 仅透过直接损失无法全面衡量一场灾难的影响程度。现代经济社会高度发展, 产业部门之间关联程度越来越高。环境灾害对电力、交通等关键产业部门造成破坏时, 将通过产业关联影响到经济系统其他产业, 甚至影响到整个经济系统的稳定运行, 呈波及放大效应。2008 年南方雨雪冰冻灾害通过灾害链以及产业链对灾害损失的放大远远超出了人们的预期, 恰逢春运, 停水断电, 交通瘫痪, 都深层次的扩大了灾害影响的程度和范围^[5]。因此, 在应急管理和灾后恢复重建阶段, 间接经济损失和宏观经济影响的量化评估, 有助于政府部门准确了解灾难的放大程度。再者, 自然灾害的间接经济损失评估、宏观经济影响评估与防灾减灾规划以及中长期社会经济发展规划紧密相关。从可持续发展角度看, 有必要定量化分析灾害事件的深层次经济影响。

收稿日期: 2012-06-26

作者简介: 解伟, 博士生, 主要研究方向为气候变化经济学。

通讯作者: 李宁, 博士, 教授, 博导, 主要研究方向为环境灾害风险管理。

基金项目: 国家重大科学研究计划项目“全球变化与环境风险演变过程与综合评估模型”(编号: 2012CB955402); 国家自然科学基金面上项目“基于 I-O 理论的自然灾害间接经济损失评估模型”(编号: 41171401); 地表过程与资源生态国家重点实验室室内项目“自然灾害导致基础设施破坏的经济影响评估模型”(编号: 2012-TDZY-022)。

国内外采用的环境灾害经济影响量化评估方法包括: 比例系数法、计量经济学方法、投入产出分析方法(IO) 和可计算一般均衡模型(CGE)^[6]。这四种方法, 比例系数法最简单最容易掌握, CGE 模型最复杂, 维护成本最高。然而, CGE 模型是以经济学中的一般均衡理论为基础, 用一组数学方程的形式反映整个社会的经济活动, 可以说是经济社会的一个缩影^[7-8]。CGE 模型的非线性特征可以刻画灾后不同恢复策略情景下不同行为的相互替代性, CGE 模型的灵活性可以使建模者根据具体的灾害问题, 将灾害冲击灵活方便的与模型链接起来, 并且 CGE 模型还可以避免灾害损失评估中的重复计算等问题。国外已有学者注意到 CGE 模型评估灾害损失的这些优点, 将其逐渐应用到灾害损失评估中^[9]。国内有一些学者用 IO 评估自然灾害的经济影响^[10-12], 但是由于 CGE 模型难度大, 国内还没有学者用 CGE 模型评估自然灾害的经济影响, 并进行实证分析。

本文以国际粮农组织标准 CGE 模型为原型, 参考国务院发展研究中心开发和维护的可计算一般均衡模型(DRCCGE, Dynamic Recursive Chinese CGE), 根据自然灾害发生在一个或几个省的特点, 将全国模型降尺度为省级模型。另外, 根据我国民政系统和统计局系统对自然灾害直接损失的评估特点, 重新设置能够反映灾害紧急情景下的宏观闭合, 并且添加参数、变量以与直接损失链接。最后, 以 2008 年南方雨雪冰冻灾害为例, 对比直接损失与间接损失的关系, 分析交通(铁路、公路、民航) 瘫痪对湖南省的经济影响, 并指出间接损失评估时各类损失不具累加性等一些值得注意的问题。

1 评估灾害冲击的 CGE 模型构建

1.1 基准 CGE 模型的结构

本文的基础模型以国际粮农组织标准 CGE 模型^[13]为原型, 在反映中国经济特点以及构建多区域模型方面, 以 DRC - CGE^[8]为原型。对于生产部门, 环境灾害直接损失数据往往不能细分到投入产出表中的 42 个部门, 因此简化的模型合并为 24 部门(1 个农业部门, 11 个工业部门, 1 个建筑业部门和 12 个服务业部门)。模型包括资本和劳动力两大类生产要素, 收入分配的主体包括居民、企业和政府, 分配结余进入储蓄账户。居民的收入来自劳动力禀赋以及企业、政府的转移支付。企业收入来自资本收入。政府的收入主要来自各类税收, 具体包括增值税、营业税、关税、进口增值税、企业直接税、居民个人所得税, 此外还包括一些转移收入。模型包含贸易活动。

模型中的生产活动采用两层嵌套的函数来刻画, 第一层: 中间投入的合成采用列昂惕夫生产函数, 资本和劳动

的合成采用科布 - 道格拉斯生产函数, 第二层: 总产出由合成的中间投入与合成的资本 - 劳动束通过列昂惕夫生产函数决定。出口的供给采用不变转换弹性函数(CET 函数) 刻画。模型对于进口采用“小国假设”, 对于进口品和国产品, 模型遵循 Armington 假设。居民在满足其预算约束的条件下, 通过科布 - 道格拉斯效用函数形式使效用最大化。消费受收入的约束, 居民的效用函数采用科布 - 道格拉斯消费函数。政府消费和投资需求按照固定支出份额的函数刻画。

市场均衡与宏观闭合。模型中所有商品市场通过价格出清。各种投资支出的总和等于各种储蓄的总和。模型采用新古典闭合原则, 即总投资是由各储蓄的和内生决定。汇率为模型的价格因子。国外账户通过实际汇率的变动来实现均衡。劳动力总供给外生, 劳动力在各部门之间可以流动。资本的宏观闭合以刻画环境灾害冲击, 在后面部分具体设定。

1.2 环境灾害冲击经济系统的刻画

刻画一: 将全国 CGE 模型降尺度为省级 CGE 模型。自然灾害通常发生在一个省或者一个区域, 全国性的自然灾害几乎没有, 因此在构建评估灾害经济冲击的 CGE 模型时候, 需要将全国 CGE 模型降尺度为省级 CGE 模型。此时, 需要做两方面的改进: 区分中央政府和省级政府。中央政府收入包括关税、直接税和间接税。省级政府收入包括直接税和间接税。在支出方面, 中央政府和省级政府之间存在着转移支付。地方政府还存在对居民的转移支付; 区分国际贸易和省际贸易。以全国分为湖南省和全国其他地区(ROC) 为例, 两区域 CGE 模型贸易结构见图 1。

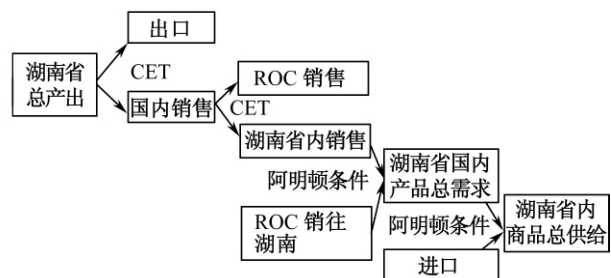


图 1 两区域 CGE 模型贸易结构图
Fig. 1 Trade structure of two regional CGE model

刻画二: 针对民政、保险部门评估的灾害直接损失数据, 刻画环境灾害冲击经济系统的机制。用 CGE 模型评估环境灾害的经济影响, 需要刻画环境灾害对经济系统的触发与冲击机制。不同的机构, 对环境灾害直接损失的定义、指标、评估方法有所差别, 并且 CGE 模型是专门的宏观经济模型, 不一定包含与环境灾害直接损失一一对应的参数或者变量, 因此需要发展 CGE 模型, 在自然灾害的直

接经济损失与模型的参数和变量之间构建一个桥梁,使得 CGE 模型能够评估环境灾害冲击经济系统后造成的产业关联损失,以及 GDP、就业、税收、CPI 等宏观经济指标如何变化。2008 年南方雨雪冰冻灾害导致交通中断,通过产业关联造成经济影响,以此为例,具体阐述如何引入灾害冲击。当时雪灾之后,民政部门、保险公司评估的交通业的直接损失指道路、桥梁等破坏之后的重置成本。针对这类情况,在模型中的宏观闭合模块,灾前情景设定每个产业部门的资本存量固定不变,灾后情景设定道路、桥梁等的重置成本通过交通行业资本存量发生变化刻画。具体设置为,将交通业灾前的资本存量 $QFCAP^0$ (“交通”) 替换为交通业灾后的资本存量 $QFCAP^1$ (“交通”)。模型在灾害发生的短期内,这种设定认为是可行的。

刻画三: 针对统计部门调查的货物周转量变化,刻画环境灾害冲击经济系统的机制。统计部门统计的交通业的直接损失指货物或者旅客周转量的损失。针对货物周转量变化,基于 Chakkaphan Tirasirichai^[14] 等人的研究成果,模型改造基准 CGE 模型中交通行业的生产方程以反映灾害冲击:

$$QX_C = a_{tran} \sum_A QA_A \theta_{A,C} \quad \text{第一层} \quad (1)$$

$$QINTA_{C,A} = a_{C,A} QA_A \quad \text{第二层} \quad (2)$$

$$QVA_A = iwa_A QA_A \quad \text{第二层}$$

$$QVA_A = a_A (L_A^D)^{\alpha_A^L} (K_A^D)^{\alpha_A^K} \quad \text{第三层} \quad (3)$$

其中,下标 C, A 分别为商品、活动。 QX_C 为商品 C 的总产出, QA_A 为活动 A 的总产出, $QINTA_{C,A}$ 为 C 对 A 的中间投入, QVA_A 为增加值, L_A^D, K_A^D 分别为交通行业对劳动力和资本的需求。 $a_{C,A}, iwa_A$ 分别为中间投入和增加值投入的份额参数。 a_A 为与技术有关的参数, $\theta_{A,C}$ 为活动账户与商品账户的换算参数, μ_{tran} 为与灾害冲击有关的参数。雪灾之后,道路结冰,货物运输时间延长,因此统计局的货物周转

量减少可以转换为 CGE 模型中货物运输部门生产效率降低,表现为 a_{tran} 从灾前的 1 变化灾后介于 0 与 1 之间的值。

刻画四: 针对统计部门调查的旅客周转量变化,刻画环境灾害冲击经济系统的机制。雪灾之后,因为道路结冰,旅客旅行时间延长或者取消行程,行人进入市场以供给劳动禀赋获得收入,因此统计局统计的旅客周转量减少可以转换为 CGE 模型中劳动力的总供给减少。

$$QFSLAB^1 = L \times QFSLAB^0 \quad (4)$$

其中 $QFSLAB^1$ 为灾后的劳动力供给量, $QFSLAB^0$ 为灾前的劳动力供给量, L 为旅客周转量损失率。

为避免重复计算,以增加值 QVA_A 的变化表示环境灾害导致基础设施破坏的经济影响 (Disaster Economic Impact, DEI)。

$$DEI_A = QVA_A^1 - QVA_A^0 \quad (5)$$

其中 1 表示灾后, 0 表示灾前。

1.3 基准年的选择

南方雨雪冰冻灾害发生在 2008 年初,本文 CGE 模型的基年为 2007 年,数据主要来源于作者编制的湖南省 2007 年社会核算矩阵 (Social Accounting Matrix, SAM)^[8],用于标定模型中的参数 (见表 1)。模型的求解使用运筹优化软件 GAMS。

2 南方雨雪冰冻灾害中交通瘫痪对湖南省的经济影响

2.1 数据来源

南方雨雪冰冻灾害导致交通瘫痪,灾情数据来源于湖南省统计局公布的全省交通企业主要经济指标 (见表 2),选用货物周转量和旅客周转量作为交通行业的经济损失指标。这次灾害发生在 2008 年 1、2 月份,且从这两个月湖南省交通企业主要经济指标看,货物周转量和旅客周转

表 1 湖南省 2007 年社会核算矩阵 (万元)
Tab. 1 2007 Social accounting matrix of Hunan province (10 thousand CNY)

收入 Income	支 出 Expenditure									
	商品 Goods	劳动 Labor	资本 Capital	居民 Residents	企业 Enterprise	地方政府 Local government	中央政府 The central government	国外 Foreign	国内其他地区 Other domestic areas	固定资本形成 Fixed capital formation
商品	117 635 200			39 616 100		8 542 116	5 181 584	5 007 337	44 099 147	40 347 500
劳动	41 122 140									
资本	38 853 082									
居民		41 122 140	3 963 493		24 836 829	1 473 225				
企业			35 076 827							
地方政府	3 423 437			250 045	1 334 886		8 513 474			
中央政府	8 887 853			375 067	665 200	172 782				
国外	2 747 430									
国内其他地区	47 759 842									
固定资本形成				31 154 475	8 239 912	3 333 719	-3 594 156	-2 447 144	3 660 695	893 000

量较 2007 年同期都显著下降,可以认为主要是雪灾造成的影响。从时间尺度看,本文评估的经济影响为 2008 年 1、2 月份共两个月。另外需要说明的,我国经济处于持续增长的阶段,从近年交通企业主要经济指标看,每周

转量都有一定的增长,表 2 统计的货物、旅客周转量下降百分比是与去年同期相比,假如与 2008 年末受雪灾影响相比,下降比例可能更大,因此,本文的评估结果相对保守。

表 2 湖南省交通企业主要经济指标
Tab. 2 Main economic indicator of transport agency in Hunan province

指标名称 Indicator name	货物周转量 Freight traffic volume	铁路 Railway	公路 Road	民航 Airline	指标名称 Indicator name	旅客周转量 Passenger traffic volume	铁路 Railway	公路 Road	民航 Airline
本月止累计(万吨公里)	255.23	130.19	89.53	0.05	本月止累计(万人公里)	220.75	135.49	79.09	5.96
累计增长(%)	-5.5	-7.2	-10.1	-3.2	累计增长(%)	-4.6	3.1	-16	6.3

注:2008 年 2 月的统计数据。

交通行业资本存量数据,用湖南省 2007 年投入产出表中的固定资本折旧和营业盈余与资产折旧率和资产回报率^[15]换算,估算结果为 762 亿元。模型中的进出口弹性参数值和省际贸易弹性参数值参考 DRC - CGE 模型中的相应参数值,进口弹性为 0.2,调入弹性为 0.1,出口弹性为 1.4,调出弹性为 1.5。

2.2 评估结果

环境灾害导致房屋倒塌、基础设施破坏、人员伤亡,从而造成直接经济损失。环境灾害触发经济系统,通过产业关联导致企业生产能力下降或者出现生产瓶颈,从而造成企业总产出下降;通过居民收入降低导致购买力下降,从而造成居民需求降低,最终影响区域经济。产业中断造成的间接损失到底值不值得关注,学术界一直以来因为不能确定其大小,因此常常避而不谈。此处设置交通行业固定资产存量损失分别为 10%、20%、……、70% 共七种情景,即灾害直接损失(厂房、设备的重置成本)数据源为民政系统,采用建模方法中的第一类引入渠道,构建可以刻画灾害冲击的 CGE 模型,评估间接损失,并对比直接损失与间接损失的大小。评估结果显示(见图 2),当直接损失小于 480 亿元左右时,直接损失大于间接损失;当直接损失大于 480 亿元左右时,间接损失超过直接损失,可见,直接损失与间接损失不是线性关系。因此,对于重特大环境灾害,不仅要评估直接损失,也要关注间接损失,并且要特别重视防范间接影响(例如,扰乱生活秩序、中断生产活动以及影响区域经济)。

2008 年南方雨雪冰冻灾害导致南方多省省际交通、城市交通瘫痪,但是交通受损对区域经济究竟造成多大的影响,我们却不知道。此处以上述数据为基础,采用建模方法中的第二类引入渠道,构建可以刻画灾害冲击的 CGE 模型,评估 2008 年前两个月,铁路、公路和民航运输中断对湖南省的经济影响。评估结果(见图 3)显示,铁路和民航都有所盈余,公路行业对湖南省的经济影响非常大,以

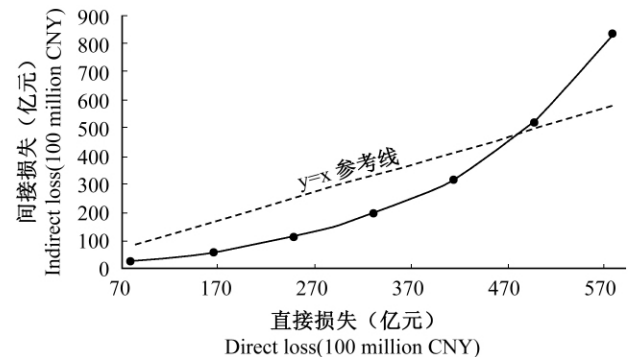


图 2 环境灾害直接损失与间接损失关系图
Fig. 2 The relationship between direct loss and indirect loss induced by catastrophe

增加值表示的经济损失达到 166 亿元人民币,大约占这两个月湖南省区域 GDP 的 11%。雪灾期间,铁路、民航也受到影响,但只是间断性的,从两个月整体情况看,有些盈余是正常的。另外我国经济持续增长,交通行业需求逐年增加,原始周转量数据与 2008 年不发生雪灾相比的话,铁路、民航行业的收益可能至多与 2007 年持平,不会有所盈余。图 4 显示只有货物中断、只有旅客运输中断、两种都中断或者两种都通畅情景下,湖南省受到的经济影响。可见,这场雪灾导致交通瘫痪,三种交通方式、两种运输类型总共给湖南省造成 50.4 亿元的经济损失,约占这两个月湖南省区域 GDP 的 3%。图 4 还得到额外的信息,货物运输中断造成的经济损失 7.9 亿元与旅客运输中断造成的经济损失 42.8 亿元相加并不等于交通业中断总成的总损失 50.4 亿元($7.9 + 42.8 \neq 50.4$),相差 3 000 万元。这是由于货物、旅客运输中断,同时冲击经济系统时候,二者之间会发生相互作用,比如,受影响的旅客正好是到货物运输企业上班的员工,或者货物行业这几个月不景气,货物运输行业的员工取消春节期间的旅行计划等等。因此,在进行环境灾害经济损失评估时候,需要将各种冲击以及各种影响渠道综合考虑,全面评估,这也指出了一些用比例

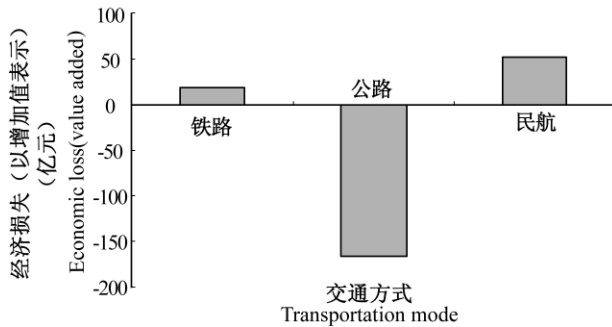


图 3 南方雨雪冰冻灾害中
交通瘫痪对湖南省造成的经济损失

Fig. 3 Economic loss in Hunan Province caused
by destroyed transportation

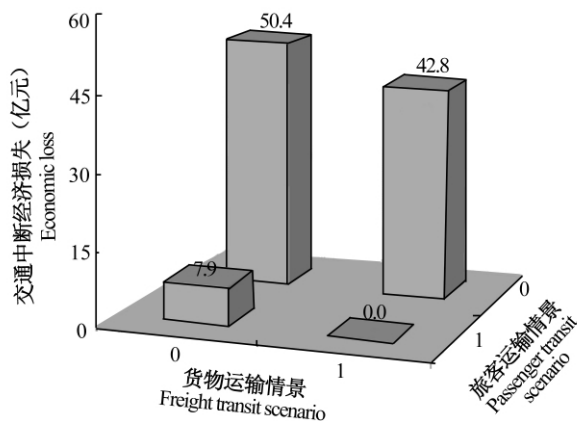


图 4 环境灾害经济损失不具累加性

Fig. 4 The failure to simply add economic loss
caused by different disaster shock

注: 0 代表中断, 1 代表通畅。

系数法评估自然灾害经济影响的不足。

3 结论与讨论

在我国, 自然灾害直接损失大小通常由民政系统和统计局系统公布, 这两个系统对直接损失的定义、评估方法以及关注焦点各不相同。本文在通用 CGE 模型的基础上, 重新设置宏观闭合以评估民政系统的评估结果对经济系统造成的影响; 在交通部门生产函数中加入生产能力参数, 以评估统计局系统公布的货物周转量损失对经济系统造成的影响, 调整劳动力总供给量以评估旅客周转量下降对经济系统造成的影响。可以说, 在直接损失数据和 CGE 模型的参数或者变量之间构建了桥梁, 将两者联系起来, 使得我们能够评估环境灾害的经济影响, 也扩展了 CGE 模型的应用领域。

本文用能够刻画环境灾害冲击的 CGE 模型, 评估了 2008 年南方雨雪冰冻灾害导致交通设施瘫痪对湖南省的

经济影响。结果显示, 直接损失与间接损失不是呈线性关系变化, 待直接损失增长到一定程度, 间接损失可能大大超过直接损失, 因此, 灾害管理部门要特别重视防范重特大自然灾害造成的间接损失和经济影响。2008 年南方雨雪冰冻灾害, 交通系统中断, 在当年前两个月, 给湖南省造成的总的经济影响大约占当地 GDP 的 3% 左右。由于不同渠道的外生冲击, 在经济系统中会发生相互作用, 因此, 环境灾害经济影响评估要通盘考虑, 把各个方面的外生冲击同时引入模型模拟。不同渠道的环境灾害冲击在经济影响评估时不具累加性, 以避免重复计算。

由于数据获取等方面的难度, 本文尚需要在以下方面继续深入研究。将投入产出表中的交通行业细分为铁路行业、公路行业和航空行业, 或者细分为货运行业、旅客运输行业, 可以更有针对性的评估交通行业受损造成的区域经济影响。另外, 交通行业受损, 可能导致旅客改乘其它交通工具, 旅行费用增加; 也可能是蔬菜运输中断, 目的地蔬菜价格上涨等等。总之, 环境灾害导致交通瘫痪, 影响非常复杂, 本文的处理方法有待扩展, 以模拟更多灾害冲击途径的影响。本文也没有区分省际间交通中断与省内交通中断的差异, 在后续的研究中将尝试采用空间 CGE 模型进行评估。最后需要说明, 本文是在不考虑恢复重建下, 从雪灾发生到两个月后雪灾停止的比较静态分析, 可以理解为灾害经济损失的一个最大值, 后续研究尚需要开发动态 CGE 模型, 考虑恢复重建, 深入量化直接损失与经济损失之间的相关性。

(编辑: 田 红)

参考文献 (References)

- [1] Scheuren Jean-Michel, Olivier le Polain, Regina Below, et al. Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2007 [M]. Belgium: Merlin, 2008: 1-27.
- [2] 史培军, 李宁, 叶谦. 全球环境变化与综合灾害风险防范研究 [J]. 地球科学进展, 2009, 24(4): 428-435. [Shi Peijun, Li Ning, Ye Qian. Research on Global Environmental Change and Integrated Disaster Risk Governance [J]. Advances in Earth Science, 2009, 24(4): 428-453.]
- [3] ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean). Handbook for Estimating the Socio-economic and Environmental Effects of Disaster [M]. Mexico City: ECLAC, 2003.
- [4] FEMA (Federal Emergency Management Agency). HAZUS 99 Estimated Annualized Losses for the United States [M]. Washington, D. C: Publication No. 366, Federal Emergency Management Agency, 2001.
- [5] Zhou Benzhi, Gu Lianhong, Ding Yihui. The Great 2008 Chinese Ice Storm: Its Socioeconomic-Ecological Impact and Sustainability Lessons Learned [J]. Bulletin of the American Meteorological

- Society, 2011, 92(1): 47–60.
- [6] 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 Jidong, Li Ning, Wen Yuting, et al. Economic Impact of Natural Disaster and Indirect Economic Loss Estimation Methods [J]. Progress in Geography, 2009, 28(6): 877–885.]
- [7] 高颖, 李善同. 征收能源消费税对社会经济与能源环境的影响分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(2): 30–35. [Gao Ying, Li Shantong. Analysis on the Influence of Energy Tax on Society, Economy, Energy and Environment [J]. China Population, Resources and Environment, 2009, 19(2): 30–35.]
- [8] 李善同, 何建武. 中国可计算一般均衡模型及其应用[M]. 北京: 经济科学出版社, 2010. [Li Shantong, He Jianwu. Chinese Computable General Equilibrium and its Application [M]. Beijing: Economic Science Press, 2010.]
- [9] Rose A, Liao S Y. Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions [J]. Journal of Regional Science, 2005: 45(1): 75–112.
- [10] 胡爱军, 李宁, 史培军 等. 极端天气事件导致基础设施破坏间接经济损失评估[J]. 经济地理, 2009, 29(4): 529–535. [Hu Aijun, Li Ning, Shi Peijun, et al. Indirect Effects of Infrastructure Disruptions Caused by Extreme Weather Events with Application of the Inoperability Input-Output Model [J]. Economic Geography, 2009, 29(4): 529–535.]
- [11] 路琮, 魏一鸣, 范英 等. 灾害对国民经济影响的定量分析模型及其应用[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 15–20. [Lu Cong, Wei Yiming, Fan Ying, et al. Quantitatively Analytic Model for the Impact of Natural Disaster on National Economy [J]. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(3): 15–20.]
- [12] Wu Jidong, Li Ning, Hallegatte Stephane, et al. Regional Indirect Economic Impact Evaluation of the 2008 Wenchuan Earthquake [J]. Environ Earth Sci., 2012, 65(1): 161–172.
- [13] Hans Lofgren, Harris Rebecca Lee, Sherman Robinson. A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS [M]. International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2002.
- [14] Tirasirichai Chakkaphan. Case Study: Applying A Regional CGE Model for Estimation of Indirect Economic Losses Due to Damaged Highway Bridges [J]. The Engineering Economist, 2007, 52(4): 367–401.
- [15] 张军, 章元. 对中国资本存量 K 的再估计[J]. 经济研究, 2003, (1): 35–43. [Zhang Jun, Zhang Yuan. Recalculating the Capital of China and a Review of Li and Tang's Article [J]. Economic Research Journal, 2003, (1): 35–43.]

Assessing the Economic Impact of Environmental Disaster: A Computable General Equilibrium Analysis

XIE Wei^{1 2} LI Ning¹ HU Ai-jun³ GAO Ying⁴ JI Zhong-hui²

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Hunan Meteorological Bureau, Changsha Hunan 410007, China;

4. School of Social Development and Public Policy, Beijing 100875, China)

Abstract Environmental disaster not only results in direct loss, but also interrupts industrial chain and has a significant impact on regional economy. Taking the 2008 Chinese Ice Storm as an example, this paper assesses the influence of traffic disruption on economic system of Hunan Province. To reflect disaster's shock, the CGE model is refined in the following way: national model is downscaled into regional model according to regional attribute of disaster. And special macro closure on capital market is set in emergency period of disaster which is not same as usual situation. New variables or parameters are also added to build a bridge between model and reduced traffic flow data. Neoclassic macro closure is set on labor market. The conclusions are: (1) for catastrophe, business interruption loss is often larger than direct loss. (2) Economic loss Hunan Province caused by destroyed traffic amounted to RMB 5.04 billion, accounting for 3% of regional GDP in previous two months. (3) It is noteworthy that the loss under the simultaneous disruption scenario of all sectors is not exactly equal to the sum of the losses when each sector is separately disrupted because of the interactive effect among sectors.

Key words indirect economic loss; risk management; CGE