

# 自然灾害冲击、政策不确定性与财政风险

马恩涛 姜超 周欣

(山东财经大学财政税务学院, 山东 济南 250014)

**[摘要]** 通过构建包含政府消费补贴和金融救助的 DSGE 模型,研究了自然灾害冲击如何加剧财政脆弱性并引发财政风险,在此基础上进一步研究了自然灾害冲击下相关政策的不确定性对财政风险的二次影响。基于对脉冲响应图分析发现:自然灾害冲击既会通过税收直接影响到财政风险,也会通过消费补贴和金融救助等政策间接影响财政风险;自然灾害冲击下相关政策的不确定性会导致更高的机会成本,长期内会影响受灾地区的经济恢复和财政可持续性;自然灾害冲击导致的经济不可预测性会在短期内减少产出水平,但对财政的影响较小,而理性预期情况下民众追求利益最大化,反而会使得成本转嫁给了处于被动地位的政府部门。

**[关键词]** 自然灾害;政策不确定性;财政风险;DSGE 模型

**[DOI 编码]** 10.13962/j.cnki.37-1486/f.2024.03.008

**[中图分类号]** F810 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095-3410(2024)03-0094-14

## 一、引言

进入 21 世纪 20 年代,全球范围内的气候变化导致了自然灾害频繁发生,不仅损害了经济社会活动,还对财政造成重大影响甚至导致一国财政出现困难,因此自然灾害冲击如何导致财政风险引起学者们越来越多的关注。根据财政风险矩阵理论,源于自然灾害的政府债务是一种政府或有债务,而这种因政府担保或财政兜底所导致的政府或有债务近年来给经济社会带来巨大冲击。据全球自然灾害评估报告所统计,与过去 30 年(1991-2020 年)均值相比,2021 年全球自然灾害总频次偏多 13%,因潜在或有债务的显性化和直接化,直接经济成本偏多 82%;与近 10 年(2011-2020 年)均值相比,2021 年较大自然灾害频次偏多 14%,直接经济成本偏多 41%。

面对自然灾害冲击,政府需要为维护社会安全和稳定不断投入资源,比如采取灾前预防和灾后救助措施所导致的财力投入。这些或有债务的实现为财政带来巨大的压力,是财政风险上升的重要原因。然而不仅如此,由于自然灾害具有极大的不确定性,与之相应的政府需要根据各种灾害的不同特征、不同结果来安排收支,因而政府财政政策也具有不确定性。大量证据表明,政策不确定性会对经济活动产生实质性伤害,如直接抑制经济活动(Fernández -

**[基金项目]** 国家社会科学基金项目“我国财政风险和金融风险‘反馈循环’及其协同治理研究”(21BJY003)

**[作者简介]** 马恩涛(1976- ),男,山东齐河人,山东财经大学财政税务学院教授、博士生导师。主要研究方向:财税体制、政府债务。

Villaverde 等,2015)<sup>[1]</sup>,削弱政府政策的经济作用(Ricco 等,2016)<sup>[2]</sup>,助推金融市场风险溢价(Pástor 和 Veronesi,2013)<sup>[3]</sup>等。这些受政策不确定性影响的经济行为有可能将自然灾害冲击演化为主权债务风险,所以明确自然灾害冲击下的政策不确定性对经济的影响是决策者优化决策的重要手段。而政策不确定性是一个模糊的概念,因为不同的经济主体可能因信息接受程度和知识水平的不同而对未来的看法差异明显,这为我们讨论政策不确定性的实际效应造成了困难。为了解决这一问题,我们在模型中引入了波动性的财政规则来体现自然灾害冲击下的政策不确定性。

借助于对风险传导途径的构建,我们研究了自然灾害冲击对不同经济部门的影响,尤其是随着气候变化的加剧和自然灾害的频发,自然灾害冲击造成的破坏可能因各部门之间密切联系而引发严重的政府或有负债问题,这值得我们进行进一步的分析。

## 二、文献综述

近几年,面对自然灾害冲击,理论界普遍认识到如何减少其对经济社会造成的经济成本和损失是我们必须面对的根本问题之一。很多文献研究了 20 世纪 70 年代以来自然灾害发生频率和损失程度对经济发展的影响,主要表现为抑制经济增长(Noy,2009<sup>[4]</sup>;Cuaresma,2010<sup>[5]</sup>)。此外,自然灾害冲击也会导致公共支出意外增加和税收收入的减少,使得政府债务的可持续性降低,增加了主权违约的可能性(Melecky 和 Raddatz,2015)<sup>[6]</sup>。Klomp(2015)<sup>[7]</sup>研究了伯利兹 2000 年遭受飓风袭击后财政支出的变化,发现 2000 年飓风导致地方财政支出占 GDP 的比值在三年间平均增加了 5%左右,伯利兹财政状况大幅恶化,政府债务变得越来越不可持续,终应 IMF 的要求进行了债务重组。

目前对政策不确定性的研究主要集中在政策不确定性对经济和金融的影响。Pástor 和 Veronesi(2013)<sup>[3]</sup>较早使用一般均衡模型证明了政策不确定指数大小与产出增长的负向关系。Baker 等(2015)<sup>[8]</sup>则具体研究了政策不确定性对企业的作用,他们使用 VAR 模型发现其构建的经济政策不确定指数对企业的投资和招聘都有负面影响。随后经济政策不确定性对家庭、厂商和金融部门的各种影响也陆续得到证明,如降低家庭支出、提高企业信用风险、降低银行流动性以及减少银行信贷等(Aaberge 等,2017<sup>[9]</sup>;Berger 等,2017<sup>[10]</sup>;朱军、蔡恬恬,2018<sup>[11]</sup>)。总的来说,政策不确定性会使得商品市场和金融市场倾向于变得更不稳定,导致严重的产出波动。

因此,为了明晰自然灾害冲击下政策不确定性如何影响政府的财政状况,我们还需要对自然灾害冲击向公共财政风险的传导途径进行梳理。一般认为自然灾害冲击对财政风险的传导途径有直接和间接之分。直接途径有三个,分别是税收、受灾救助以及灾后恢复(Borensztein 等,2009)<sup>[12]</sup>,即自然灾害冲击会对税收、灾害救助以及灾后重建产生直接的影响。关于自然灾害冲击影响公共财政的间接途径,Felbermayr 和 Groschl(2014)<sup>[13]</sup>在一项跨国研究中发现,自然灾害后人均 GDP 和财政收入出现大幅下降,中低收入国家的下降幅度尤为明显,而金融和贸易开放的制度成熟度,有助于缓解这一冲击,这证明了自然灾害与财政之间的关系还受到金融系统的影响。还有研究认为自然灾害冲击主要通过商品价格下降(Reinhart 等,2016)<sup>[14]</sup>或银行业风险增加(沈丽、米映静,2021)<sup>[15]</sup>的方式使脆弱性政府陷入违约境地。Mallucci(2020)<sup>[16]</sup>也强调了金融市场在风险传导过程中的作用,他利用主权违约的定量模型研究了极

端天气和气候变化对财政与金融市场之间关系的影响,表明金融市场的中介作用。

总结现有研究自然灾害冲击对财政风险影响的文献可以发现两个重要局限性,一方面大多数研究试图用税收收入、政府支出、赤字或债务等数据来解释自然灾害冲击对财政风险的直接影响。然而,自然灾害冲击也可能在事件发生后通过金融系统对财政风险产生间接影响。另一方面,由于自然灾害严重程度、持续时间和地理位置等特性十分复杂,政府的应对措施和政策上往往存在不确定性,这使得灾害发生后各行为主体的反应可能不同,因此如何反映自然灾害冲击下这些政策的不确定性十分重要,而目前的文献还较少考虑到这一点。

### 三、机制分析和理论模型构建

#### (一)机制分析

##### 1.自然灾害冲击向财政风险传导途径

突如其来的自然灾害冲击很可能使脆弱的国家陷入政府债务违约。这不仅是因为自然灾害会对财政风险产生直接冲击,还因为其可能会通过影响生产部门、金融部门而对财政造成间接的损害。据此,我们将自然灾害冲击向财政风险传导途径分为直接途径和间接途径。

##### (1)直接途径

自然灾害冲击向财政风险传导的直接途径主要通过影响财政压力实现的,其中又包含三种方式。首先,自然灾害会导致政府税收减少。这不仅是因为灾害的发生会损害人类健康和生命,导致劳动要素的减少,还会损坏受灾地区的固定资产,加速资本折旧,甚至还可能破坏当地的自然资源,致使当地的经济结构发生永久性变化,而要素禀赋的减少自然也会影响到经济活动,导致产出下降,税基收缩,财政收入减少。其次,自然灾害会直接增加政府的财政成本。稳定经济发展和保护人民生命健康都是政府的重要职责,当灾难发生时,进行灾害救助是政府的唯一选择。由于灾害在短期内会造成严重人道主义危机,政府需要采取紧急措施,如开展救援、临时搬迁人员、提供食物和住所或医疗等,这些措施成本都非常巨大。最后,自然灾害还会直接破坏政府资产。自然灾害可能破坏或摧毁政府有形资产和公共基础设施,政府不但失去了公共项目的收益,还需要在修复或重建被破坏的公共基础设施方面花费大量资金。当然,自然灾害也可能影响国有企业的资产或经营,这也是增加财政压力的因素之一。总的来说,自然灾害冲击主要通过直接导致政府减收增支,扩大财政赤字的方式增加财政风险。

##### (2)间接途径

自然灾害冲击对财政的影响当然不限于直接途径。它也会间接地影响到财政风险,其中最主要的方式是通过金融系统实现。自然灾害对产出的破坏会为金融部门带来实质性和系统性风险。当自然灾害冲击导致生产部门收益减少,甚至破产倒闭时,金融部门作为债权人,其权益会直接受到影响,形成坏账,金融系统的不稳定性大大增加,风险上升。为了防止金融风险蔓延形成危机,政府被迫救助陷入困境的金融部门,自然灾害造成的损失在这一过程中转化为财政成本,自然灾害冲击转化为财政风险。

此外,自然灾害冲击对政府造成的财政成本还会与政府不确定性政策有关,这些政策的不确定性主要是由自然灾害本身的不确定性属性导致的。政策不确定性概念包含的内容非常多,Baker等(2013)<sup>[8]</sup>认为经济政策不确定性主要涉及“谁将做出政策决策,将采取何种政策

行动,何时实施,过去、现在和未来政策对经济的不同影响以及政策不作为引发的不确定性”。在此我们将其概念简化为政府消费补贴和金融救助力度的不确定性带来的“预防性效应”以及政策不匹配带来的社会沉没成本。比如发生灾害的地区接受模糊性数量的补贴会改变公众的消费习惯,令生产要素无法达到最优化配置。因此,政府政策的不确定性也是自然灾害冲击影响财政风险的重要途径。

为了直观反映自然灾害冲击向财政风险转化的途径,我们在模型中将这些传导途径模型化。首先是直接途径,我们将其建模为政府部门对家庭的灾后消费补贴的减免,在模型中,消费补贴和消费税都直接体现在政府预算中,它直接影响到了政府的财政压力,两者具有同等的效力。当消费税 $\tau^c$ 被减免时,政府财政收支缺口扩大,财政风险上升。其次是间接途径,我们将自然灾害冲击通过金融部门影响财政风险这一主要间接途径建模为政府对金融部门的救助。当金融部门发生违约时,政府将对这部分违约全额救助以避免金融系统对整个经济系统的影响。救助的大小不仅取决于金融部门基础的违约概率,还受到产出的影响。当产出受自然灾害冲击的影响下降时,金融部门的违约概率会上升,政府需要救助的资金也随之变大。最后,我们将自然灾害冲击下政策不确定性进行了建模。为了实现对政策不确定性的假设,我们借鉴了 Fernández-Villaverde 等(2015)<sup>[1]</sup>对财政政策冲击的设定,令劳动所得税 $\tau^h$ 、消费税 $\tau^c$ 和政府支出 $G_t$ 随时间变化而存在时变波动性,并将这些意外变化的财政政策的波动性解释为财政政策的不确定性。三种政策工具均遵循:

$$X_t - X = \rho_x (X_{t-1} - X) + \varphi_{X,Y} \ln \left( \frac{Y_{t-1}}{Y^*} \right) + \varphi_{X,B} \left( \frac{B_{t-1}}{Y_{t-1}} - \frac{B^*}{Y^*} \right) + \varepsilon_t^x, \varepsilon_t^x \sim N(0, 1)$$

其中, $B_t$ 表示政府债务水平, $Y_t$ 表示总产出, $\varphi_{X,Y}$ 和 $\varphi_{X,B}$ 分别表示财政不确定性受产出和政府债务率影响的系数。财政政策的波动性由 $\varepsilon_t^x$ 来体现,它决定了财政政策的不确定性。

## 2. 自然灾害冲击

自然灾害事件造成的风险总体上来说是一种短期急性风险,会导致经济产出迅速下滑及财政支出突增等宏观经济情况,前者我们参考 Gourio(2010)<sup>[21]</sup>的研究使用自然灾害概率冲击来模拟自然灾害事件对经济产出的影响,体现了自然灾害事件可能发生的变动,当灾害发生时,受灾地区的总产出和资本存量会有固定比例的损失,每期灾难发生的概率是相互独立的。财政支出增大则通过引入随机的政府支出冲击体现,当灾害发生,政府支出因消费补贴等适应性政策的实施而增加。此外,模型中还存在全要素生产率冲击,反映了经济社会中技术的进步。所有的冲击均服从对数 AR(1)过程, $\varepsilon_t$ 服从均值为零、标准差为 $\sigma$ 的正态分布:

$$\mu_{t+1} = \rho^\mu \mu_t + (1 - \rho^\mu) \mu^* + \varepsilon_{t+1}^\mu, \varepsilon_t^\mu \sim N(0, \sigma_\mu^2)$$

$$A_t = \rho^a A_{t-1} + \varepsilon_t^a, \varepsilon_t^a \sim N(0, \sigma_a^2)$$

$$\ln G_t = \rho^g \ln G_{t-1} + (1 - \rho^g) G^* - \Delta^g \ln \left( \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \right) + \varepsilon_t^g, \varepsilon_t^g \sim N(0, \sigma_g^2)$$

## 3. 异质性预期

由于自然灾害的不可预测性,其发生后往往影响着公众的判断,朱军等(2020)<sup>[18]</sup>也认为疫情使得公众对经济的看法分歧变大,谣言和猜测增多导致理性预期产生偏移。因此我们还



在模型中引入了异质性预期的假设。在传统的经济模型中,行为主体都是理性的,对长期最优方案能够有明确的认知,而在异质性预期的假设下,在长期内只有部分行为主体能够进行合理预期,而剩下的主体只能根据上一期的情况适应性地调整自己的决策。我们在梳理总结已有研究的基础上结合国内实际情况,主要考虑公众对消费 $C_t$ 、通货膨胀水平 $\pi_t$ 以及投资收益 $R_t^K$ 三个变量的不同预期。具体的建模方法主要参考 Branch 和 McGough (2009)<sup>[19]</sup> 的设定。该方法可以通过对理性预期模型进行简单的修正即可实现,且可以更接近现实经济情况。假设一个经济体中有  $\theta$  比例的个体会基于适应性预期行动,有  $1-\theta$  比例的个体则基于理性预期行动,如果市场作为一个完整的代表性个体,预期形成公式为:

$$\begin{aligned} E_t^p X_{t+1} &= \theta E_t^a X_{t+1} + (1-\theta) E_t X_{t+1} \\ E_t^a X_{t+1} &= E_{t-1}^a X_t + \nu [X_t - E_{t-1}^a X_t] \end{aligned}$$

其中, $E_t$ 表示理性预期算子, $E_t^a$ 表示适应性预期算子。

## (二)模型构建

### 1.家庭部门

假设经济体中存在具有相同偏好且生命为无限期的同质家庭,家庭的效用由家庭成员的消费 $c_{i,t}$ 、劳动 $h_{i,t}$ 以及货币需求 $M_{i,t}$ 共同决定。家庭效用函数  $U$  则采用 CES (Constant Elasticity of Substitution, 常替代弹性) 函数的形式,则第  $i$  个家庭的效用为:

$$U(c_t, h_t, M_t) = \ln c_{i,t} + \zeta \ln M_{i,t} + \xi \ln(1-h_{i,t})$$

$\zeta$  和  $\xi$  分别表示货币需求和劳动供给的偏好系数,在家庭预算约束条件下,可以得到家庭的最优动态决策:

$$\begin{aligned} \max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t, h_t, M_t) \\ \text{s.t. } (1+\tau^c) c_{i,t} + d_{i,t} + M_{i,t} + T_{i,t} &= (1-\tau^h) w_t h_{i,t} + \frac{M_{i,t}}{P_t} + R_{t-1} d_{i,t-1} + \Pi_{i,t} \end{aligned}$$

其中  $\beta$  表示主观贴现因子, $d_{i,t}$ 表示家庭储蓄, $T_{i,t}$ 表示政府对家庭征收的一次性税收, $w_t$ 为工资水平, $\Pi_{i,t}$ 为家庭从厂商获得的股息分红, $\tau^c$ 表示消费税水平, $\tau^h$ 表示所得税税负水平。通过求解最优化方案分别得到欧拉方程、劳动供给方程以及货币需求方程:

$$\begin{aligned} 1 &= (1+\tau^c) \lambda_t \\ \xi &= (1-\tau^h) \lambda_t w_t \cdot (1-h_t) \\ \beta R_t &= 1 \\ \frac{\zeta}{M_t} + \beta \frac{\lambda_{t+1}}{P_{t+1}} &= \lambda_t \end{aligned}$$

### 2.金融部门

假设金融部门主要由异质的企业家与银行家组成,他们之间签订了银行合约,企业家为银行的投资代理人,银行家  $i$  会在  $t$  期使用资本 $k_{i,t}$ 用于  $t+1$  期的生产。在  $t$  期末,银行家的净资产为:

$$Q_t k_{i,t+1} = N_{i,t+1} + d_{i,t}$$

本文假设资本价格 $Q_t$ 和投资回报率 $R_t^K$ 是外生的。投资面临异质性风险 $\gamma_{i,t}$ ,因此投资的回报率为 $\gamma_{i,t} R_t^K$ 。异质性风险 $\gamma_{i,t}$ 独立同分布,分布函数不随时间变化,均服从于对数标准正态分

布  $\ln(\gamma_{i,t}) \sim N(0, \sigma_\eta^2)$ , 记作  $F(\gamma_{i,t})$ , 令  $E(\gamma_{i,t}) = 1$ 。若生产投资的风险  $\gamma_{i,t}$  大于风险临界值  $\bar{\gamma}_{i,t}$ , 则企业偿还本息  $R_{t+1}^E d_{i,t}$ ; 若  $\gamma_{i,t} < \bar{\gamma}_{i,t}$ , 则企业申请破产清算, 但清算成本比例为  $\chi$ , 银行将得到  $(1-\chi)\gamma_{i,t}R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1}$ 。其中风险临界值可自然定义为  $\bar{\gamma}_{i,t}R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} = R_t^E d_{i,t}$ , 即投资收益刚好等于企业家向银行还本付息时的异质性风险的大小。假设银行之间是完全竞争的, 则在均衡情况下银行利润为 0, 则银行收益等于成本。假设贷款不存在风险溢价, 则银行投资价值最大化问题可以表示为:

$$\begin{aligned} \max_{\bar{\gamma}_t, k_t} E_t \left\{ \int_{\bar{\gamma}_{i,t}}^{\infty} \gamma_{i,t} R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} dF(\gamma_{i,t}) - (1 - F(\gamma_{i,t})) \bar{\gamma}_{i,t} R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} \right\} \\ \text{s.t.} \quad R_t d_{i,t} = (1 - \chi) \int_0^{\bar{\gamma}_{i,t}} \gamma_{i,t} dF(\gamma_{i,t}) R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} + (1 - F(\gamma_{i,t})) \gamma_{i,t} R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} \end{aligned}$$

构建辅助方程:

$$\begin{aligned} F_t &= F(\gamma_{i,t}) \\ J_t &= \int_0^{\bar{\gamma}_{i,t}} \gamma_{i,t} dF(\gamma_{i,t}) \\ \Gamma_t &= J_t + \bar{\gamma}_{i,t}(1 - F(\gamma_{i,t})) \end{aligned}$$

最大化问题可以化简为:

$$\begin{aligned} \max_{\bar{\gamma}_t, k_t} E_t \{ (1 - \Gamma_t) R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} \} \\ \text{s.t.} \quad R_t (Q_t k_{i,t+1} - N_{i,t+1}) = (\Gamma_t - \chi J_t) R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} \end{aligned}$$

可以由此得到一阶条件:

$$\begin{aligned} \lambda_t (\Gamma_t - \chi J_t) &= \Gamma_t \\ [(1 - \Gamma_t) R_{t+1}^K Q_t] + \lambda_t [(\Gamma_t - \chi J_t) R_{t+1}^K Q_t - R_t Q_t] \\ [(\Gamma_t - \chi J_t) R_{t+1}^K Q_t k_{i,t+1} - R_t (Q_t k_{i,t+1} - N_{i,t+1})] &= 0 \end{aligned}$$

化简得到:

$$(\Gamma_t - \chi J_t) \frac{R_{t+1}^K}{R_t^K} = \frac{L_{t+1} - 1}{L_{t+1}}$$

其中,  $L_{t+1} = \frac{Q_t k_{i,t+1}}{N_{i,t+1}}$  表示杠杆率。而在均衡状态下银行资产价值可以表示为:

$$V_{e,t} = (1 - \Gamma_t) R_{t+1}^K P_t^K k_{i,t+1}$$

假设每一期银行家的消费  $C_t^e = (1 - \xi^e) V_{e,t}$ , 银行净资产则由银行家自有工资与消费剩余的资产组成:

$$N_{e,t} = \xi^e V_{e,t} + w_t^e H_t^e - O_t$$

$O_t$  表示银行需要救助的资产, 一旦银行陷入危机, 政府必然会对其进行救助, 根源在于不进行救助所产生的最终财政成本高于救助所产生的成本。在我们的假设中, 当银行破产时, 政府将对这部分损失进行全额担保, 政府对银行提供的支持将与银行前期的净资产成比例:

$$O_t = o_t V_{t-1}$$

我们假定一个银行的破产的概率服从 logistic 分布,  $S_t$  为对数 AR(1) 过程:

$$o_{t+1} = \frac{e^{S_{t+1}}}{1 + e^{S_{t+1}}}$$

$$\ln S_t = (1 - \rho^s) \ln S^* + \rho^s \ln S_{t-1} - \Delta^s \ln \left( \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \right) + \varepsilon_t^s, \varepsilon_t^s \sim N(0, \sigma_s^2)$$

### 3. 生产部门

生产部门的建模我们遵循新凯恩斯主义黏性价格的假设, 市场由垄断竞争的中间产品生产厂商、最终产品生产厂商以及资本品生产厂商组成。

#### (1) 中间产品生产厂商

中间产品生产厂商是垄断竞争且同质的, 会持续生产一个连续的差异化产品,  $y_{i,t}$  是中间产品生产厂商  $i$  的产出,  $k_{i,t}$  和  $h_{i,t}$  是厂商从代表家庭租赁和雇佣的资本和劳动力。生产部门使用 Cobb-Douglas 生产函数进行生产, 为使厂商利润最大化:

$$\begin{aligned} \max_{k_{i,t}, h_{i,t}} \Pi_{i,t+1} &= \max_{k_{i,t}, h_{i,t}} \{ \Psi_t y_{i,t+1} - w_t h_{i,t+1} - w_t^e h_{i,t+1}^e - R_t^k Q_t k_{i,t+1} + (1 - \delta)(1 - \mu_{t+1} l) Q_{t+1} k_{i,t+1} \} \\ \text{s.t.} \quad y_{i,t+1} &= (1 - \mu_{t+1} l) A_{t+1} k_{i,t+1}^\alpha (h_{i,t+1}^\omega (h_{i,t+1}^e)^\omega)^{1-\alpha} \end{aligned}$$

厂商的超额利润等于其收益减去劳动成本和固定资本, 在上式最优化条件中,  $\Psi_t$  表示中间产品生产厂商的产品价格, 他们将以该价格把产品出售给最终产品生产厂商, 根据利润最大化条件, 它等于厂商的边际成本。关于自然灾害概率冲击设定, 考虑到灾害的不可预测性, 本文引入一阶随机过程  $\mu_t \sim N(0, \sigma_\mu^2)$  来体现其发生的概率, 并且每一期灾害发生的概率相互独立,  $l$  表示自然灾害对产出的破坏程度, 可以由此得到一阶条件:

$$\begin{aligned} w_t h_{i,t} &= (1 - \alpha) \omega \Psi_t y_{i,t} \\ w_t^e h_{i,t}^e &= (1 - \alpha) (1 - \omega) \Psi_t y_{i,t} \\ R_t^k &= \frac{\alpha \Psi_t y_{i,t}}{Q_{t-1} k_{i,t}} + \frac{Q_t (1 - \delta) (1 - \mu_t l)}{Q_{t-1}} \end{aligned}$$

#### (2) 最终产品生产者

最终产品生产者则是在一个完全竞争的环境中运行。他们会以 CES 形式将中间产品  $y_{i,t}$  打包生产为最终产品  $Y_t$ :

$$Y_t = \left[ \int_0^1 y_{i,t}^{(\epsilon-1)/\epsilon} dj \right]^{\epsilon/(\epsilon-1)}$$

最终产品生产者只是对中间产品进行重新包装。我们参照 Calvo 提出的交错定价模型来设定价格黏性。在每一期, 最终产品生产者可以有  $1 - \phi$  的概率自由调整产品的价格, 其余的生产者则保持价格不变, 最终产品生产者定价问题则是最优的重置价格  $p_{i,t}^*$  来得到:

$$\begin{aligned} \max_{p_{i,t}^*} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \phi)^s \Lambda_{t,t+s} \left( \frac{p_{i,t}^*}{p_{t+s}} - p_t^m \right) y_{i,t+s} \\ \text{s.t.} \quad y_{i,t+s}^* &= Y_t \left( \frac{p_{i,t}^*}{p_t} \right)^{-\epsilon} \end{aligned}$$

通过一阶条件得到最高定价为:

$$P_{i,t}^* = \frac{E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \varphi)^s \Lambda_{t,t+s} \epsilon P_{t+s}^{\epsilon} P_{t+s}^m Y_{t+s}}{E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \varphi)^s (\epsilon - 1) P_{t+s}^{\epsilon-1} Y_{t+s}}$$

通过构建辅助方程 $\Xi_{1,t}$ 、 $\Xi_{2,t}$ ,可以得到

$$\Xi_{1,t} = \pi_t^{\epsilon} m c_t Y_t + \beta \varphi \Lambda_{t,t+s} \pi_t^{\epsilon} \pi_{t+1}^{\epsilon} \Xi_{1,t+1}$$

$$\Xi_{2,t} = \pi_t^{\epsilon-1} Y_t + \beta \varphi \Lambda_{t,t+s} \pi_t^{\epsilon-1} \pi_{t+1}^{\epsilon-1} \Xi_{2,t+1}$$

通过 Calvo 加总得到实际通胀率水平:

$$\pi_t^{1-\epsilon} = (1-\varphi) (\pi_t^*)^{1-\epsilon} + \varphi$$

### (3) 资本产品生产者

在  $t$  期结束时,有竞争力的资本产品生产者从中间品生产企业购买剩余资本,并将这些折旧资本修复如新,然后他们将新的资本在下一期期初出售给中间产品生产者。替换折旧资本的成本为 1 单位,新资本的价值是 $Q_t$ 。假设不存在与翻新资本相关的调整成本,但存在与产生新资本相关的流量调整成本,资本累计方程可写为:

$$K_{t+1} = (1-\delta) (1-\mu_{t+1}) K_t + I_{t+1} - \frac{x}{2} \left( \frac{I_{t+1}}{K_t} - \delta - (1-\delta) (1-\mu_{t+1}) \right)^2 K_t$$

其最大化条件为:

$$\max_{I_t} E_t \left\{ Q_t \left[ I_{t+s+1} - \frac{x}{2} \left( \frac{I_{t+s+1}}{K_{t+s}} - \delta - (1-\delta) (1-\mu_{t+s}) \right)^2 K_{t+s} \right] - I_{t+s} \right\}$$

通过一阶条件可得:

$$Q_t = \frac{1}{1-x \left( \frac{I_{t+s+1}}{K_{t+s}} - \delta - (1-\delta) (1-\mu_{t+s}) \right)}$$

### 4. 政府部门

政府的主要依靠对家庭征收一次性税收以支撑财政支出,当收不抵支的时候,政府举债以弥补财政缺口。为了体现财政遭受冲击后的长期变化,我们设定引入长期债券, $\iota$  表示单位债务需要支付的息票, $\eta$  为债务期限参数,政府债券收益率 $R_t^B$ 的表达为:

$$R_t^B = \frac{\iota + \eta B_t}{B_{t-1}}$$

考虑到我国政府以支定收的原则,政府的一次性税收可能受到当期政府债务水平的影响,则税收规则遵循:

$$T_t = T^* + \tau^b (B_t - B_{t-1}), \tau^b \in (0, 1),$$

$\tau^b$  为税收对债务压力的反应系数,此外,政府会向消费者提供补贴 $\tau^c c_{i,t}$ 并给予银行援助以弥补灾害带来的损失 $O_t = o_t V_{t-1}$ ,政府部门最终的预算约束为:

$$B_t + T_t + \tau^b w_t H_t + \tau^c C_t = G_t + O_t + \eta + \iota + \eta B_t$$

从预算约束中可以发现,财政缺口主要由政府举债来填补,因此政府债务压力可以粗略地反映财政风险。假设中央银行的货币政策分别遵循泰勒规则与利率平滑特征,令 $R_t^n$ 表示稳态



名义利率,则:

$$\frac{R_t^n}{R_t^{n*}} = \left(\frac{R_t^n}{R_t^{n*}}\right)^\rho \left[\left(\frac{\pi_t}{\pi^*}\right)^{\varphi_\pi}\right]^{1-\rho} e^{\varepsilon_t^r}$$
$$R_t^d = R_t^n / \pi_{t+1}$$

5.市场出清条件与加总  
商品市场清算要求总需求等于总供给:

$$Y_t = C_t + C_{e,t} + G_t + I_t + \frac{x}{2} \left(\frac{I_t}{K_t} - \delta\right)^2 K_t + \chi J R_t^k Q_t K_t$$

**四、参数校准及估计**

模型涉及的参数按照年度来进行校准,首先对于一些在 NK 形式的 DSGE 模型中很常见的参数,我们直接参考了比较经典的文献赋值(Kolasay, 2008<sup>[20]</sup>; Leeper, 2010<sup>[21]</sup>)。其次对于需要与现实数据保持一致或需要根据我国现实情况进行调整的参数相关数据来自 CEIC 和 RESSET 数据库,根据模型中利率和主观贴现因子的关系 $R_t^D = 1/\beta$ , $\beta$  可以使用 2018-2022 年的无风险利率数据均值,校准为 0.98;我们通过调整劳动偏好系数  $\xi$  保证家庭工人稳态劳动时间  $H = 1/3$  (8 小时)。生产部门的参数  $\alpha$  为资本的产出弹性,代表资本在生产过程中的贡献,许志伟等(2015)<sup>[22]</sup> 将其设定为 0.5,我们认为生产中的资本占比没有达到这么高,将其设定为 0.45;自然灾害对产出的破坏程度我们参考晁江锋等(2015)<sup>[23]</sup> 的设定将其设为 0.0689。金融加速器模型的参数主要参考李向阳(2018)<sup>[24]</sup> 的设定,金融部门的异质性风险参数则通过 2010-2023 年的平均杠杆数据将其校准为 0.3749。政府部门每单位未偿债务需要支付息票  $\iota$ , 我们根据政府的债务发行利率校准为 0.05, $\eta$  则根据债务期限调整为 0.963,前两部分的参数校准结果如表 1 所示。最后对于随机冲击的相关参数则使用贝叶斯估计计算得到。我们使用 1980-2022 年的 GDP 水平、社会投资以及银行贷款三个变量进行估计,变量均进行了 HP 滤波处理,剥离了趋势项,以更好地反映模型中变量对稳态的偏离,主要冲击的先验均值参考晁江锋等(2015)<sup>[23]</sup> 的估算结果,估计结果如表 2 所示。

表 1		参数校准结果	
部门	参数	数值	定义
家庭	$\beta$	0.98	主观贴现率
	$\zeta$	3.33	货币偏好系数
生产商	$\alpha$	0.450	资本贡献率
	$\xi$	4.176	中间品的常替代弹性
	$\varphi$	0.779	保持价格不变的概率
	$\delta$	0.05	资本折旧率
	$x$	1.728	资本调整成本参数
	$l$	0.0689	产出破坏程度
银行家	$\bar{\gamma}$	0.3749	异质性风险参数
	$\chi$	0.2149	破产企业清算成本
	$\sigma^\gamma$	0.2592	异质性风险标准差
政府	$\eta$	0.963	政府债券期限参数
	$\iota$	0.05	政府付息参数
	$\varphi_\pi$	1.500	名义利率的反馈系数

表 2 参数估计结果

参数	定义	先验均值	先验分布	后验均值	置信区间
$\rho^A$	TFP 冲击的自回归系数	0.9	Beta	0.9276	[ 0.9139,0.9416]
$\rho^M$	灾害概率冲击的自回归系数	0.9	Beta	0.9088	[ 0.8952,0.9257]
$\rho^G$	政府支出冲击的自回归系数	0.7	Beta	0.7010	[ 0.6864,0.7163]
$\rho^S$	银行违约冲击的自回归系数	0.6	Beta	0.60023	[ 0.5870,0.6183]
$\sigma^A$	技术冲击的标准差	0.019	Inv_Gamma	0.0698	[ 0.0548,0.0880]
$\sigma^M$	自然灾害概率冲击标准差	1.9	Inv_Gamma	2.2258	[ 1.6013,2.7884]
$\sigma^G$	政府支出冲击标准差	0.461	Inv_Gamma	0.1305	[ 0.0958,0.1636]
$\sigma^S$	银行违约冲击标准差	0.02	Inv_Gamma	0.0169	[ 0.0041,0.0349]
$\Delta^S$	银行违约对产出的反馈系数	0.5	Normal	0.4657	[ 0.3036,0.6463]
$\Delta^G$	政府支出对产出的反馈系数	0.5	Normal	0.4920	[ 0.3286,0.6389]

我们利用贝叶斯估计的相关结果与真实数据对可观测变量产出、财政支出以及银行资产价值分别进行了比较分析。表 3 显示了不同产出、财政支出变量和银行资产价值变量的模型估计值与真实值之间差异的统计描述。可以看出各估计值与真实值之间的差异较小,大多数标准差不超过 0.05,差异均值不超过 0.005,表明我们所选取的变量能够较好地匹配真实数据的趋势,而我们所设计的模型也能够较好地拟合现实。

表 3 估计值与真实值之间差异的统计描述

变量	产出		银行资产价值		财政支出	
	平滑变量	滤波变量	平滑变量	滤波变量	平滑变量	滤波变量
差异的标准差	0.0636	0.0347	0.0480	0.0395	0.0802	0.0383
差异均值	0.0040	0.0022	0.0013	0.0025	0.0131	0.0033

五、自然灾害冲击模拟结果

为了揭示自然灾害对我国实体经济的影响以及对财政压力的情况,我们从自然灾害概率冲击、自然灾害冲击下政策不确定性以及自然灾害冲击下异质性预期三方面分别探讨四部门经济表现出的动态特征。

(一) 自然灾害冲击对财政风险的直接影响

为了分析自然灾害冲击与政府支出冲击对宏观经济的影响,我们给出了正向自然灾害概率冲击条件下家庭、厂商、银行以及政府相关变量的脉冲响应变化,其中横坐标为模拟的期数,纵坐标为变量对稳态的偏离程度。图 1 反映了自然灾害对财政压力的直接影响。在自然灾害冲击的影响下经济产出损失巨大,总的产出下降了 200 个基点,冲击的持续时间很长,大概 40 单位时间才能够使得产出恢复稳态,可以看出自然灾害对社会经济影响之深远。在自然灾害的影响下,受灾地区的消费和资本的变化趋势较为一致,在受灾初期降低后随着时间的推移继续下降,并大概在 10 个单位时间左右达到最低,通货膨胀水平则因为经济的衰退而紧缩,这些都与灾害影响下的经济情况较为符合。在受灾期间,生产部门的经营受到影响,厂商与银行的借贷合约的平衡遭到破坏,产出的破坏和市场的低迷导致了风险溢价,风险与收益失衡导致生产风险转化成金融风险,我们可以从银行家的净资产变化中得到印证:在冲击发生的第 10 个季度,银行净资产遭到破坏迅速减少 140 个基点,产出损失转移到了金融部门。对于政府部门来说,自然灾害导致的产出下降以及消费补贴的存在会直接使税收总水平下降 37 个基点,财政收入因而降低,政府债务压力会在短时间内受自然灾害冲击的直接影响而上升。

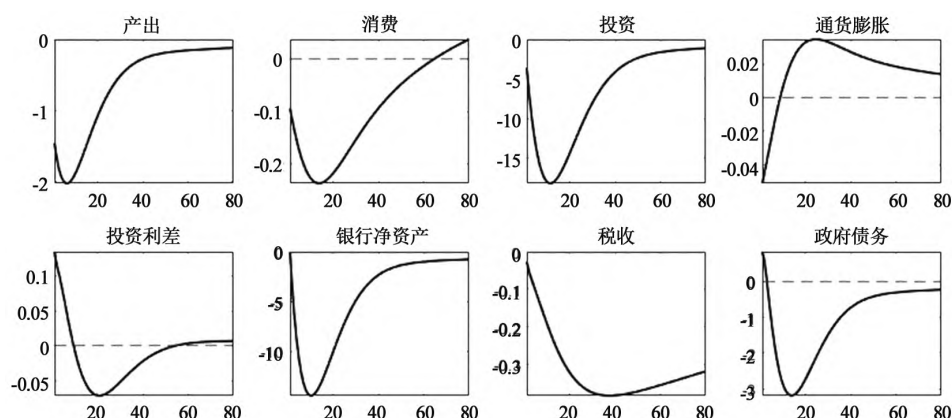


图1 自然灾害概率冲击下的脉冲响应

### (二) 自然灾害冲击对财政风险的间接影响

关于自然灾害冲击对财政的间接影响途径,我们先讨论了政府对消费进行补贴和对金融进行救助的后果。图2比较了财政消费补贴与金融救助(虚线)与不采取相关措施(实线)情况下各经济变量的脉冲响应图。通过比较发现自然灾害造成的初始损失差距不大,但相比于政府在自然灾害冲击下没有出台相关政策的情形下,政府对消费的补贴可以导致产出水平损失减少40个基点。经过消费补贴后,家庭部门的消费相比于没有补贴的情况下略有提升,相应的投资水平也提高了,这些都是产出损失减少的助力。然而,财政推动家庭、生产和金融部门转好是有代价的,一方面财政补救对产出的恢复起到了一定作用,税收有一定的提高,但另一方面财政对消费的补贴和对金融损失的担保救助导致财政支出增加,增支减收使财政收支缺口明显扩大,这只能靠政府举债来填补,使得政府债务水平短期内增加了42%,自然灾害冲击通过政府消费补贴和金融政策一步步地从经济系统传递到金融系统再传递给了财政系统,最终使得财政风险上升。

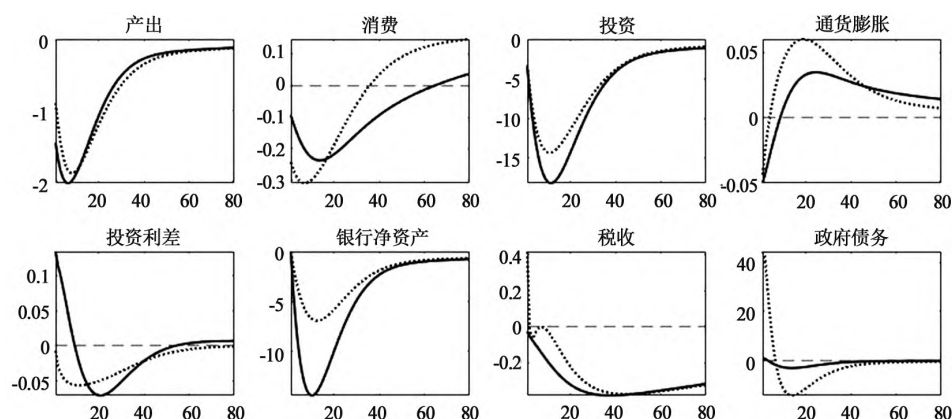


图2 政府家庭补贴和金融救助下自然灾害概率冲击的脉冲响应

### (三) 自然灾害冲击下政策不确定性对财政风险的影响

我们还讨论了自然灾害下政策不确定性对整个经济体的影响。图3为政府支出(实线)、消费税(虚线)、劳动所得税(点划线)三种政策的波动对生产部门、金融部门、政府部门的影

响,为了节省篇幅我们主要讨论各个部门主要变量的变化。结果显示自然灾害冲击下政策的不确定性在前期对整个经济的影响很大,大概在 20 个单位时间内恢复稳态。尤其是对于劳动所得税的增加会在一开始使产出下降,但随着时间的推移,产出反而增加了,究其原因还是银行净资产增加所致。劳动所得税沿着政府救助——银行贷款重返生产部门,资本要素的增加推动了产出的增加,消费税则缺乏这种功能。从政府债务压力来看,其增大主要是由政府支出的波动导致的,政府支出波动是财政风险的重要来源。

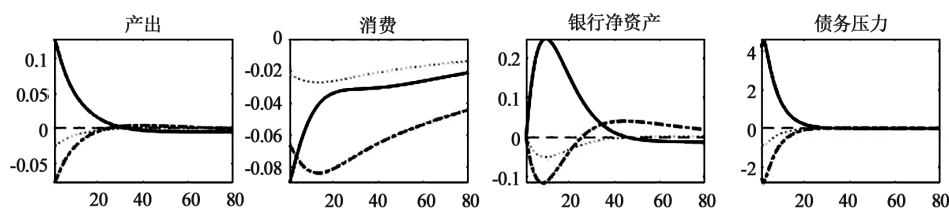


图 3 自然灾害冲击下政策不确定性对经济和财政的脉冲响应

#### (四) 自然灾害冲击下异质性预期对财政风险的影响

图 4 展示了不同预期设定下的产出、消费、银行净资产以及政府债务压力变量的动态变化。自然灾害的不可预测性和财政政策的不确定性可能导致公众预期的变化,改变他们的决策,进而导致各经济变量的不同走向。我们通过调整系数  $\nu$  来决定总体的预期环境,经比较发现,相对于单一的适应性预期或者理性预期,异质性的预期会导致产出水平短期内表现的最差,这种灾害的不可预测性和财政政策的不确定性给产出造成了更大的破坏,但从政府债务的角度来看,理性预期反而会带来更多的财政压力,个人利益的最大化反而将成本转嫁给了处于被动地位的政府部门。

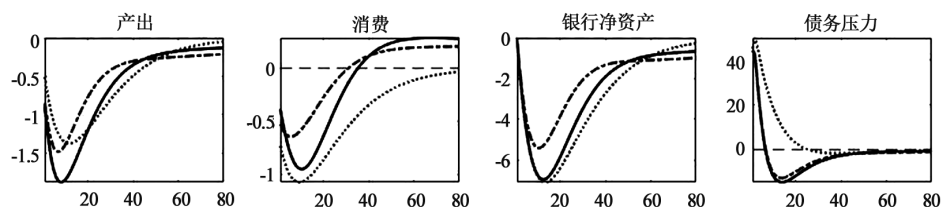


图 4 异质性预期下自然灾害概率冲击的脉冲响应

## 六、结论和建议

随着自然灾害的发生,与之相关的风险可能在不同的经济部门表现出来,并随着政府职责的履行汇集成财政风险。风险的汇集会导致高额的财政成本,引发政府债务风险,并且自然灾害破坏程度的加剧会加速各种风险的相互作用,进而导致风险反馈效应的增强,最终引发严重的财政危机。分析结果表明:(1) 自然灾害冲击既会通过税收直接影响到财政风险,也会通过消费补贴和金融救助等政策间接影响财政风险。(2) 自然灾害冲击下相关政策的不确定性会导致更高的机会成本,长期内会影响受灾地区的经济恢复和财政可持续性。(3) 自然灾害冲击导致的经济不可预测性会在短期内减少产出水平,但对财政的影响较小,而理性预期情况下民众追求利益最大化,反而会使得成本转嫁给了处于被动地位的政府部门。不断变化的风险状况告诉我们有必要采取新的风险管理和对冲策略,以遏制气候风险和自然灾害冲击,将风险的影响降至最低。



首先,可以将自然灾害相关风险纳入财政规划和预算程序,并建立应对灾害的财政快速响应机制是减少灾害损失最重要的措施之一,通过自然灾害或有债务的评估,有助于政府识别系统的脆弱性和风险,以便做好事前的应灾准备,一旦或有负债实现能够最快地做出反应。政府部门还可以进一步开发一些应对自然灾害冲击的救助工具。如应急基金、巨灾风险债券以及区域风险联营形式的保险等,作为事后响应机制的一部分,有助于风险转移和经济恢复。

其次,政府需要在自然灾害问题上增强信息公开程度。与自然灾害相关的政策不确定性将在后续的经济恢复过程中产生更高的机会成本,这本质上是信息不对称导致的资源配置紊乱。信息披露是公众获取政府政策意图的有效方式,对公众的相关风险披露可以减少经济损失。政府可以通过公开明确政策走向来增强公众的消费信心。政府部门还可以积极地向私营部门发出信号,旨在调动私营部门的资金,解决生产过程中的“短视”。通过与企业、非政府组织和公民等利益攸关方进行磋商,可以使政策的实施更为有效。

最后,加强中央银行、金融监管部门、应急部门和地方政府等之间的协调也至关重要。地方政府和中央银行之间协调的方向体现于宏观风险评估和前瞻性情景分析中。中央银行对宏观经济和金融系统的运行有着独特的见解,地方政府则更为明晰地方经济的鲜明特征,两者的密切协调有助于进行全面脆弱性评估,有效解决政策不适配可能引发的风险。

#### 参考文献:

- [1] Fernández-Villaverde J P, Guerrón-Quintana K K, Rubio-Ramírez J. Fiscal volatility shocks and economic activity[J]. American Economic Review, 2015, 105(11): 3352-3384.
- [2] Ricco G, Callegari G, Cimadomo J. Signals from the government: Policy disagreement and the transmission of fiscal shocks[J]. Monetary Economics, 2016, 82: 107-118.
- [3] Pastor L, Veronesi P. Political uncertainty and risk premia[J]. Journal of Finance Economics, 2013, 110: 520-545.
- [4] Noy I. The macroeconomic consequences of disasters[J]. Journal of Development Economics, 2009, 88: 221-231.
- [5] Cuaresma J. Natural disaster and human capital accumulation[J]. World Bank Economic Review, 2010, 24: 280-302.
- [6] Melecky M, Raddatz C. Fiscal responses after catastrophes and the enabling role of financial development[J]. World Bank Economic Review, 2015, 29: 129-149.
- [7] Klomp J. Sovereign risk and natural disasters in emerging markets[J]. Emerging Markets Finance and Trade, 2015, 5: 1-16.
- [8] Baker S, Bloom N, Davis S. Measuring economic policy uncertainty[J]. Chicago Booth Research Paper, 2015:2198490.
- [9] Aaberge R, Liu K, Zhu Y. Political uncertainty and household savings[J]. Journal of Comparative Economics, 2017, 45(1): 154-170.
- [10] Berger A N, Guedhami O, Kim H H, et al. Economic policy uncertainty and bank liquidity creation[J]. SSRN Electronic Journal, 2017:3030489.
- [11] 朱军, 蔡恬恬. 中国财政、货币政策的不确定性与通货膨胀预期——基于中国财政-货币政策不确定性指数的实证分析[J]. 财政研究, 2018, (01): 53-64.
- [12] Borensztein E, Cavallo E, Valenzuela P. Debt Sustainability under catastrophic risk: The case for



government budget insurance[J]. Risk Management and Insurance Review, 2009, 12: 273-294.

[13] Felbermayr G, Groschl J. Naturally negative: The growth effects of natural disasters[J]. Journal of Development Economics, 2014, 111: 92-106.

[14] Reinhart C M, Reinhart V, Trebesch C. Global cycles: Capital flows, commodities, and sovereign defaults: 1815-2015[J]. American Economic Review, 2016, 106 (5): 574-580.

[15] 沈丽, 米映静. 重大突发公共卫生事件下宏观经济波动对银行业风险影响研究述评[J]. 经济与管理评论, 2021, (06): 102-111.

[16] Mallucci E. Natural disasters, climate change, and sovereign risk[R]. International Finance Discussion Papers, 2020.

[17] Gourio F. Disaster risk and business cycles[J]. American Economic Review, 2012, (6): 2734-2766.

[18] 朱军, 张淑翠, 李建强. 突发疫情的经济影响与财政干预政策评估[J]. 经济与管理评论, 2020, (03): 21-32.

[19] Branch W, McGough B. Dynamic predictor selection in a new Keynesian model with heterogeneous expectations[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010, 34(8): 1492-1508.

[20] Kolasa M. Putting the new Keynesian DSGE model to the real-time forecasting test[R]. European Central Bank Working Paper, 2008.

[21] Leeper E M, Walker T B. Inflation and the fiscal limit[R]. NBER Working Paper, 2010, 16495.

[22] 许志伟, 樊海潮, 薛鹤翔. 公众预期、货币供给与通货膨胀动态——新凯恩斯框架下的异质性预期及其影响[J]. 经济学(季刊), 2015, (04): 1211-1234.

[23] 晁江锋, 赵向琴, 武晓利, 等. 罕见灾难冲击与财政政策效应研究——基于中国经济的实证检验[J]. 当代财经, 2015, (01): 31-42.

[24] 李向阳. 动态随机一般均衡(DSGE)模型——理论、方法和 Dynare 实践[M]. 北京:清华大学出版社, 2018.

(责任编辑:路春城)

## Natural Disaster Shock, Policy Uncertainty and Fiscal Risk

MA Entao, JIANG Chao, ZHOU Xin

(School of Public Finance & Taxation, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, China)

**Abstract:** By constructing a DSGE model that includes government consumption subsidies and financial assistance, how natural disaster shock exacerbates fiscal vulnerability and triggers fiscal risk is studied. On this basis, further research is conducted on the secondary impact of policy uncertainty on fiscal risk under the impact of natural disaster shock. Based on the analysis of the impulse response graph, it is found: natural disaster shock not only directly affects fiscal risk through taxation, but also indirectly affects fiscal risk through policies such as consumer subsidies and financial assistance; the uncertainty of relevant policies under the impact of natural disaster shock leads to higher opportunity costs, which affects the economic recovery and fiscal sustainability of affected areas in the long term; the economic unpredictability caused by natural disaster shock reduces output levels in the short term, but its impact on public finance is relatively small. However, The public's quest to maximize their own benefits under rational expectations results in costs being passed on to government departments in a reactive position.

**Key words:** natural disaster; policy uncertainty; fiscal risk; DSGE model

• 107 •