

引用格式:朱学红,张宏伟,黄健柏,等.突发事件对国家金属资源安全的冲击影响[J].资源科学,2018,40(3):486-497. [Zhu X H, Zhang H W, Huang J B, et al. The impact of emergencies on national metal resource security[J]. *Resources Science*, 2018, 40(3): 486-497.] DOI :10.18402/resci.2018.03.03

突发事件对国家金属资源安全的冲击影响

朱学红^{1,2},张宏伟^{1,2},黄健柏^{1,2},邵留国^{1,2},郭尧琦^{2,3}

(1. 中南大学商学院,长沙410083; 2. 中南大学金属资源战略研究院,长沙410083;
3. 中南大学数学与统计学院,长沙410083)

摘要:复杂和难以预测的突发事件对国家金属资源安全造成重大影响。本文从非常规安全视角,在“压力-状态-响应”(PSR)模型解析国家金属资源安全机理的基础上,以铜为例构建系统动力学模型,对不同类型突发事件对金属资源安全冲击的影响程度和传导路径进行研究。研究发现,自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染对金属资源价格造成直接冲击,当该类突发事件导致在事件发生期内进口量分别减少20%、50%和100%时,铜价相比基准情景立即上涨,至最大涨幅3.55%、10.00%、27.30%后逐渐回落至基准水平,影响持续时间较长。而金融市场投机行为则通过投机需求间接影响价格,影响相对较小,且事件过后铜价迅速趋于基准水平。最后,本文提出了应对金属资源领域突发事件的战略调整策略,以期为维护国家金属资源安全提供科学依据。

关键词:突发事件;PSR模型;系统动力学;影响机理;应对策略

DOI :10.18402/resci.2018.03.03

1 引言

新时期复杂环境下各种突发事件频发,给中国金属资源安全造成了巨大冲击。一直以来,为了对世界范围内的资源进行争夺,资源民族主义冲突不断加剧,以美国为首的西方国家对资源地区进行干预甚至战争,使得主要资源产出国家和地区的政治局势动荡不安。资源的海外运输基本上都是通过海上运输来进行的,需要通过马六甲海峡和霍尔木兹海峡。而这些通道长期处于政治动乱、国际恐怖主义猖獗、海盗滋扰事件频发、宗教冲突不断的状况之中。依旧猖獗的索马里海盗使中国金属资源进口通道受阻,严重威胁到中国海上资源战略通道的安全。近年来美国“亚太再平衡”战略使得南海地区纷争不断,南海通道安全日益受到挑战,中国矿产资源对该地区的通道依存度高,安全风险较大^[1],这些都给中国资源供应的运输通道安全构成了极大的挑战。生产安全和环境污染以及语言和宗教

差异所引起的社区问题也使得中国资源的海外开发风险重重。此外,近年来国际宏观经济形势错综复杂,先后爆发次贷危机、欧债危机,全球经济下行、欧洲主权债务危机很可能引发国际金融市场反复大幅震荡,经济运行风险加大。复杂的宏观经济形式也给中国工业发展和资源产业带来了不确定性。与全球经济发展的不确定性相伴随,金属等矿产资源价格的波动风险将日益突出。随着政治多极化、经济全球化、生产国际化的发展,世界范围内金属资源价格和供给除了受市场供求因素影响外,很大程度上受到自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染以及金融市场投机行为等突发事件的影响,中国金属矿产资源供应保障面临日益严峻的突发风险。历史上威胁国家金属资源安全的突发事件如表1所示。因此,在更为复杂和难以预测的突发事件背景下考察国家金属资源安全,分析由于地缘政治、资源民族主义、自然灾害、

收稿日期:2017-08-14;修订日期:2017-12-26

基金项目:国家自然科学基金重点项目(71633006);国家社会科学基金重大项目(13&ZD169);中南大学博士生自主探索创新项目(2016zzts009)。

作者简介:朱学红,女,湖南长沙人,教授,博士生导师,主要研究方向为资源经济。E-mail:zhxh@csu.edu.cn

通讯作者:张宏伟,E-mail:hongwei@csu.edu.cn

表1 威胁国家金属资源安全的突发事件统计

Table 1 A summary of emergencies that threaten the national metal resources security

突发事件类型	事件名称	事件影响及后果
重大矿难与环境污染	1988年索罗科矿山事故	导致镍供应障碍
	1999年美铝爆炸事件	国际氧化铝价格由1999年7月的1 400美元/t上涨至2000年1月的1 754美元/t
	2010年中金岭南铊污染事件	给中金岭南带来损失5 400万元左右
自然灾害	1967年新喀里多尼亚暴雨和洪水事件	造成镍矿供应障碍
	2007年智利北部7.7级地震	当日伦铜劲升5.31%,最高触及7 386美元
	2010年智利中南部8.8级地震	当年伦铜上涨5.6%,一度飙升至五周最高点
金融市场投机行为	1997年株冶事件	伦敦锌价涨幅超过50%,株冶3天内亏损达到1.758亿多美元
	2005年国储铜事件	国际铜价屡创历史新高,五矿有色在伦敦交易期铜产生2亿美元以上的亏损
	2015年泛亚事件	造成钢市场虚假供需,价格扭曲,庄家必须以高于市价70%的价格接受上亿元实物
资源民族主义	1973年印度停止高品位矿石出口	导致锰供应障碍
	1978年前苏联停止出口高品位矿石	导致铬供应障碍
地缘政治	1973年加纳政变事件	导致锰供应障碍
	1975年、1978年扎伊尔种族纠纷事件	导致钴供应障碍

重大矿难与环境污染以及投机行为等所导致的资源“买不到、运不进、成本高”的资源危机事件对国家安全冲击的影响程度和传导路径,对国家金属资源安全保障及应急体系构建都具有重要的现实意义。

关于突发事件对资源安全影响的研究,现有文献主要就典型突发事件的影响及突发事件的演化机理两方面展开研究。在典型突发事件影响方面,主要集中在重大矿难与环境污染、自然灾害、地缘政治、资源民族主义以及金融市场投机行为等方面。在重大矿难与环境污染方面,孟勇基于贝叶斯与事件分析方法,建立了矿山死亡事故变点预测模型,探究了矿难变化的规律^[2]。在自然灾害方面,Worthington等、耿志祥等分析了自然灾害对股票市场的影响,发现森林火灾、旋风、地震对市场收益存在重大影响^[3,4];龙方等、李宏分别就自然灾害对中国粮食产量和社会经济的影响进行了实证研究^[5,6];此外,Shan等分析了地震对投资者情绪和股市收益的影响^[7]。在地缘政治方面,张珣等基于结构性断点检验和常收益事件分析模型,分析了两伊战争、海湾战争和伊拉克战争三次重大突发事件对原油价格的影响^[8];潘伟等基于突发事件下的CVAR模型,分析了非重大事件(政策变动、油田发现等)、国家战争、区域战争这三种不同突发事件情景下的原

油进口采购策略^[9]。此外,还有很多文献研究了“9.11”恐怖袭击事件对股市收益以及波动的影响^[10-13]。在资源民族主义方面,张建新研究发现当代资源民族主义呈现全球化发展态势,探究了资源民族主义的全球化及其影响^[14]。资源民族主义事件如强制性选矿、政府所有权、出口限制以及增加税收和土地使用费等已在世界各地蔓延开来,对采矿与金属业等造成了重大冲击。在金融市场投机行为方面,Haase等通过对100篇相关实证研究进行回顾,系统全面地分析了金融投机对价格、波动率以及溢出效应的影响^[15]。比较有代表性的如Huchet等、Manera等、Shao等探究了金融投机对期货市场价格波动率的影响^[16-18];国内这方面的研究主要集中在金融投机因素对国际油价以及大宗商品价格和波动率的影响^[19-23]。

在突发事件的演化机理方面,现有研究主要基于系统动力学、复杂网络、贝叶斯网络以及动态随机一般均衡模型(DSGE)等对不同类型突发事件的冲击和演化机理进行情景分析和数值模拟。Bian等从传播对象和事件主体两个维度出发构建了突发事件扩散演化模型研究突发事件的传播网络特征^[24]。Zhang等基于GIS和SD模型,以2005年11月松花江水污染事故为例,仿真模拟了污染物浓度的

时空变化^[25]。魏一鸣等运用复杂性理论,建立了基于 Swarm 的洪水灾害时空演化模拟平台,并通过实例模拟得到了一些洪水灾害的时空演化规律^[26]。Cooke 利用系统动力学方法对加拿大 Novascotia 地区 1992 年的矿难进行研究,系统分析了引起矿难的原因^[27]。Khan 采用详实文字描述及动态仿真模拟对 2005 年美国德克萨斯州炼油厂爆炸事故情景进行刻画^[28]。此外,任若恩等、Aydin 等和魏巍贤等分别采用 CGE 模型、IGEM 模型和 DSGE 模型对石油价格波动对经济社会的冲击进行了仿真,分析了能源价格波动对经济社会各部门的冲击演化^[29-31]。

从国内外研究动态来看,首先,关于突发事件对资源安全影响方面,研究侧重于突发事件对原油市场、大宗商品市场以及股票市场的影响,专门针对金属资源市场的研究较少,而金属资源是全球重要的工业原材料和战略资源,是重要的大商品组别,展开相关研究十分必要;其次,现有文献大多基于传统的国家金属资源安全视角,偏重金属矿种安全态势的评价方法研究,对于非常规安全视角下自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染以及金融市场投机行为等突发外部因素对国家金属资源安全的作用机理与演化路径鲜有研究^[32],而突发事件的作用机理以及演化路径的研究对于更好地应对突发风险具有重要参考价值。最后,突发事件具有难预测和复杂性特征,其演化是典型的动态随机过程,具有高度的不确定性和动态性,其中不乏难以获取相关数据信息的情景和因素,传统的计量经济方法难以动态模拟突发情景。这些不足正是本文的创新之处。针对于此,本文首先基于“压力-状态-响应”(PSR)模型分析突发事件对国家金属资源安全的冲击机理,然后结合系统动力学(SD)模拟仿真方法,以铜为例,从一个较新的非常规安全的视角探究突发事件对国家金属资源价格波动的影响机制及传导路径,以期更好地应对突发事件和完善国家应急体系。

2 突发事件对国家金属资源安全冲击的演化机理及系统动力学模型构建

2.1 基于 PSR 模型的突发事件冲击演化机理分析

压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)模型是 20 世纪 80 年代末由经济合作与发展组织

(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)共同提出的,目前已被广泛应用于可持续发展、环境、生态安全评价、资源开发与利用过程中的人地关系等领域^[33-36]。近年来,部分学者将 PSR 模型应用于资源安全领域,如姚予龙等、谷树忠等运用该模型对资源安全机理进行阐释^[37, 38],Wang 等学者首次将 PSR 模型引入国家金属资源安全机理研究,从产生的原因、变化过程以及对现实的影响等角度探索国家金属资源安全问题^[39]。但目前很少有学者将其专门应用于突发事件的研究。

在突发事件对国家金属资源安全冲击影响中,地缘政治、资源民族主义、自然灾害、重大矿难与环境污染等突发事件导致资源短期内处于“买不到、运不进”的压力状态,而金融市场投机行为等突发事件导致短期内资源“成本高”的压力状态,这些都会引起国家金属资源供给失衡甚至供给中断,最终造成资源价格大幅波动,引发价格(经济)危机,而政府、企业和个人联合起来,进行资源战略调整和采取应急战略决策,又反过来缓解价格(经济)危机,减缓突发事件对国家金属资源安全的冲击。如此循环往复,构成了突发事件与国家金属资源安全之间的压力(P)-状态(S)-响应(R)关系(图1)。

图 1 PSR 模型中,自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染、以及金融市场投机行为等突发事件(外部冲击)造成金属资源买不到、运不进、成本高进而导致资源供应失衡甚至供应中断并最终导致价格危机的状态(S)是研究中要解决的问题,这些突发事件是问题产生的原因(P),政府、企业(生产商)和个人(消费者)联合起来,采取积极的资源战略决策、开启应急预案等(R)共同应对突发事件冲击是解决问题的根本途径,而这些响应措施又会反过来,减缓价格危机,如此循环往复,构成因果反馈回路,而系统动力学是根据系统内部要素之间的因果关系,从系统的内部机制出发,寻找问题发生的根源,因此可以运用系统动力学方法研究突发事件对金属资源安全的冲击影响机理。通过设计具体的突发情景进行模拟仿真,评估不同情景冲击下资源危机事件对铜价的影响程度和演化路径。

2018年3月

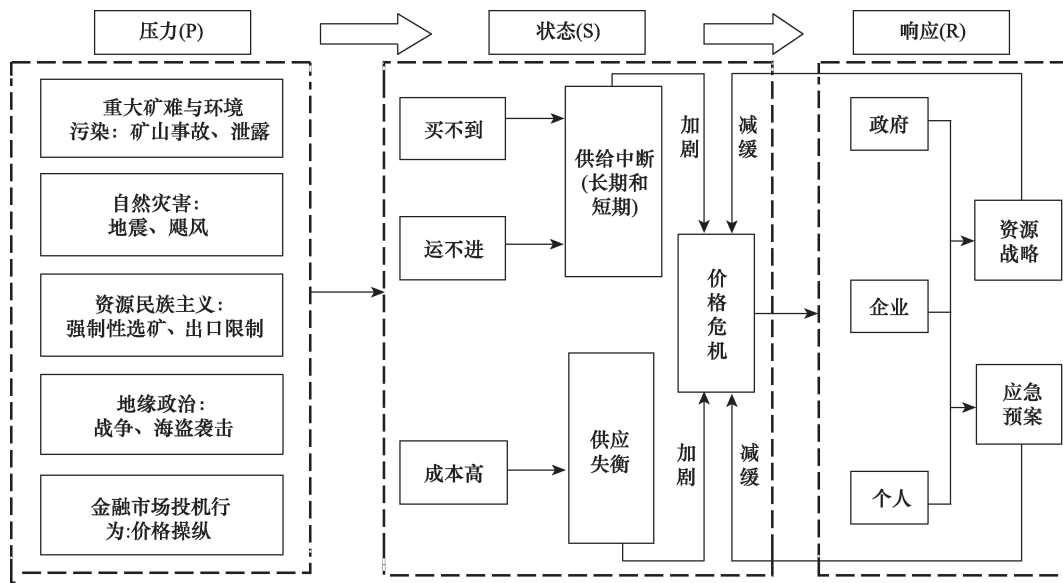


图1 突发事件对国家金属资源安全冲击的压力-状态-响应(PSR)模型

Figure 1 The Pressure-State-Response (PSR) model of emergencies on metal resource security shock

2.2 突发事件冲击系统动力学模型构建

突发事件对金属资源价格冲击影响机制是一个典型的复杂系统,涉及库存、成本、供应量、需求量、产能等多种因素,这些因素相互影响并构成因果回路。在具体的分析中,鉴于铜是具有代表性的金属,因此本文以铜为例,构建突发事件对金属资源价格冲击的系统动力学仿真模型,探索突发事件对金属资源价格冲击的影响程度和传导路径。

本文所构建的突发事件对铜价冲击影响机制系统动力学模型涵盖价格模块、需求模块、库存模块、成本模块以及产能利用率模块,各模块之间相互联系并最终作用于铜价。基于库存理论,将铜价设置为库存和成本的函数,突发事件以及宏观政策等通过影响供需关系最终影响铜价波动。

2.2.1 因果回路图

根据各变量之间的因果关系和系统边界,构建因果回路如图2所示。以铜价波动为核心,围绕铜价波动的系统反馈回路主要有三个。图中箭头上“+”号表示正反馈,即前一项指标增加(或减少)促进后一项指标增加(或减少),两者为同向变化;“-”号表示负反馈,即前一项指标增加(或减少)使后一项指标减少(或增加),两者为反向变化。

(1) 铜价 \rightarrow (+)利润 \rightarrow (+)生产能力 \rightarrow (-)成本

\rightarrow (-)铜价。铜价的上升使得生产者利润提高,利润的提高使得生产者感觉有利可图,刺激了生产,因而扩大产能,生产能力提高,随之生产成本下降,生产成本下降后,铜价也随之下降。

(2) 铜价 \rightarrow (-)铜消费量 \rightarrow (+)库存 \rightarrow (-)铜价。铜价上升,则铜消费量减少,消费量减少则库存增加,库存增加则价格随之下降。

(3) 铜价 \rightarrow (+)利润 \rightarrow (+)生产能力 \rightarrow (+)铜产量 \rightarrow (+)铜供应量 \rightarrow (+)库存 \rightarrow (-)铜价。铜价上升,则利润增加,利润的增加刺激了产能,使得生产

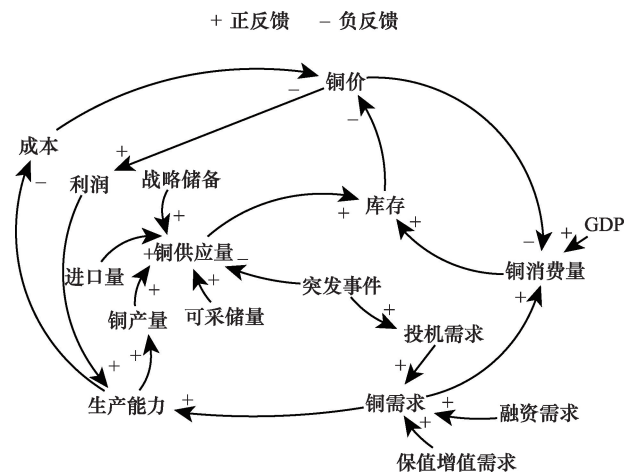


图2 突发事件对铜价冲击因果回路

Figure 2 Causal loop diagram of emergencies on copper price shock

能力增加,随之铜产量增加,则铜供应量相应增加,库存增加,库存的增加导致铜价下降。

2.2.2 系统流图

根据因果回路图,突发事件对铜价冲击的系统流图如图3所示。模型中的主要变量包括库存、供应量、消费量、成本、产品需求、产能利用率、库存周转率、GDP、进口量、产量等变量,主要变量及参数方程设置如下:

- (1) 库存周转率对价格的影响因子=(觉察到的库存周转率)^{价格对库存周转率的弹性}
- (2) 库存差=预期库存-库存(单位:t)
- (3) 总成本=其他成本+原材料成本+生产成本+运输成本(单位:元)
- (4) 最小价格=总成本(单位:元)
- (5) 指示价格=MAX(铜现货价格,最小价格)(单位:元)
- (6) 库存周转率对产能利用率的影响因子=库存周转率^{库存周转率对产能利用率弹性}
- (7) 商品利润=模拟价格-总成本(单位:元)
- (8) 库存=INTEG(供应量-消费量,265863)(单位:t)
- (9) 成本对价格的影响因子=1+价格对成本的

弹性 \times (总成本/预期铜价-1)

(10) 供应量=IF THEN ELSE(产量>预期供应量,预期供应量,产量+进口量)(单位:t)

(11) 预期需求变化量=调节系数 \times (消费量-预期需求)(单位:t)

(12) 产品需求=期铜价格^(-产品需求弹性)+投机需求+融资需求+0.3 \times 预期需求变化量(单位:t)

(13) 库存修正量=库存差 \times 库存修正量调节系数(单位:t)

(14) 库存周转率=库存/产品需求

(15) 原材料成本=(0.05 \times 废铜价格表(Time)+4.2 \times 铜精矿价格表(Time)) \times 7(单位:元)

(16) 消费量=国内生产总值GDP \times 消费强度(单位:t)

(17) 融资需求=0.1 \times 美元指数(Time)+LME铜价(Time)(单位:t)

(18) 觉察到的库存周转率=SMOOTH(库存周转率,库存察觉时间,2)

(19) 模拟价格=库存周转率对价格的影响因子 \times 成本对价格的影响因子 \times 预期铜价(单位:元)

(20) 预期供应量=预期需求+库存修正量(单位:t)

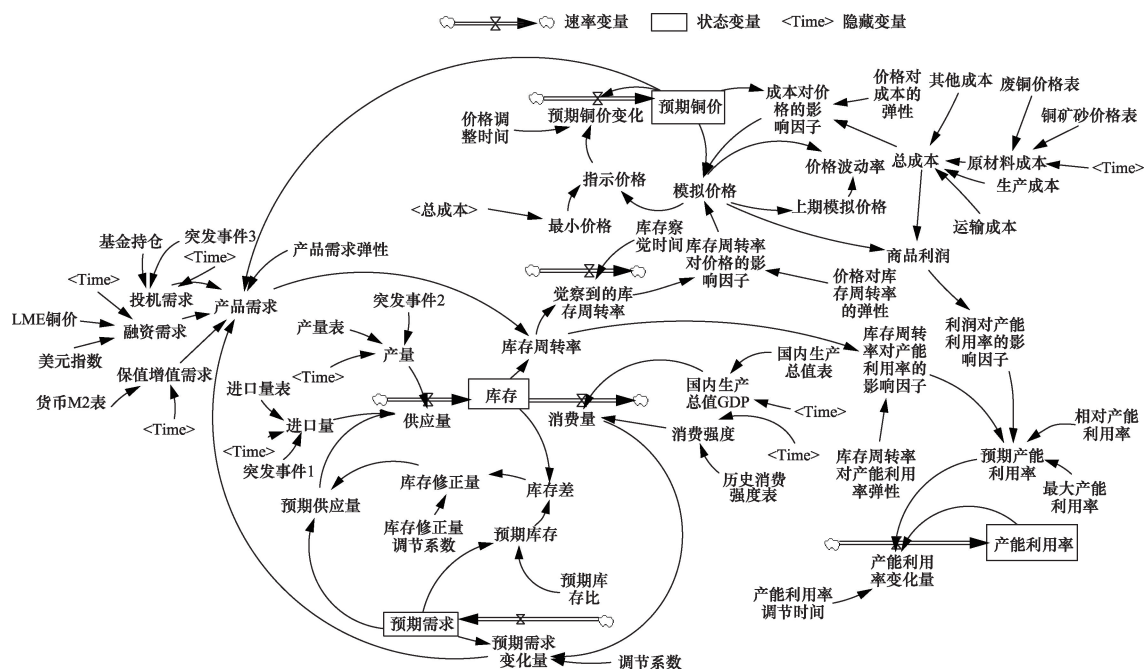


图3 突发事件对铜价冲击的系统流

Figure 3 System flow diagram of emergencies on copper price shock

2018年3月

(21) 预期库存=预期需求×预期库存比(单位:t)

(22) 预期铜价=INTEG(预期铜价变化,45 431)
(单位:元)

(23) 预期铜价变化=(指示价格-预期铜价)/价格调整时间(单位:元)

(24) 预期需求=INTEG(预期需求变化,281 819)
(单位:t)

(25) 预期产能利用率=存周转率对产能利用率的影响因子×利润对产能利用率的影响因子,最大产能利用率)

(26) 模拟价格=库存周转率对价格的影响因子×成本对价格的影响因子×预期铜价(单位:元)

(27) 产能利用率=INTEG(产能利用率变化量,0.7)

(28) 产能利用率变化量=SMOOTH(预期产能利用率-产能利用率,产能利用率调节时间)

模型构建过程中,数据主要来源于 WIND 数据库^[40]。模型变量分为外生变量和内生变量,外生变量包括产量、进口量、货币 M2、LME 铜价、美元指数、基金持仓、生产成本、运输成本、消费强度、相对产能利用率等,其变量主要是通过表函数的形式确定其变化规律。内生变量包括库存、库存周转率、预期铜价、总成本、预期产能利用率、库存周转率对产能利用率的影响因子、成本对价格的影响因子、库存周转率对价格的影响因子等变量,主要是通过计量经济学方法设定。模型模拟时间设定为 2006 年 1 月-2017 年 3 月,时间间隔为 1 个月。

3 系统动力学仿真结果及分析

3.1 模型检验

在设计模拟仿真情景之前,有必要先对构建的系统动力学模型进行检验。检验的步骤主要有直观检验、运行检验和历史检验。本文采用运行检验与历史检验相结合的方式对模型的有效性进行检验。在运行检验过程中,变量库存周转率对产能利用率的影响因子出现了数值溢出问题,通过调整模型其他变量参数得以解决。历史检验中,利用 Vensim PLE 软件运行得到 2006 年 1 月至 2017 年 3 月铜模拟价格,然后与真实历史价格进行对比,通过测算两者之间的相对误差与平均误差以及比较两者的历史趋势对模型的有效性进行验证。

图 4 展示了 2006 年 1 月—2017 年 3 月铜模拟价格与实际价格的走势。通过比较,铜模拟价格仿真值与实际价格历史趋势保持了较好的一致性,经过测算,两者之间的平均误差为 7.39%,绝大部分相对误差保持在 5% 的误差范围之内,仅在铜模拟价格低谷处相对误差较大,说明模型是有效的。

3.2 情景模拟仿真

突发事件对金属资源安全的冲击都会导致资源供应失衡、供给中断或对投机需求造成冲击,并最终导致价格危机。一方面,自然灾害、地缘政治、重大矿难与环境污染、资源民族主义等突发事件导致进口国进口量大幅减少或资源生产国产量大幅减产从而导致供应量减少,直接导致供给危机;另一方面,金融市场投机行为等通过影响投资者的投机需求来影响产品需求,从而间接导致供给危机。针对以上两方面的分析,分别设计相应的系统动力学仿真情景,分析这两种情景下突发事件导致金属资源供给危机从而造成金属资源价格剧烈波动的影响程度和传导路径。

情景设置 1:突发事件导致短期内资源进口国进口量大幅减少或资源生产国产量大幅减产

自然灾害、地缘政治、重大矿难与环境污染、资源民族主义等突发事件导致进口国进口量大幅减少或资源生产国产量大幅减产,其最终都会导致供应量大幅减少,两者的作用机理与传导路径大体相同,因此仅对突发事件导致资源进口国进口量大幅减少的情景进行具体分析。假设突发事件使得资源进口国在事故发生当月和下月进口量大幅减少,从而导致资源供应失衡(中断),最终导致价格剧烈波动。本文通过对进口量引入 PULSE 单脉冲函数来模拟仿真这一突发情景,将此种情景下各月的仿真结果与基准情景进行对比,以此探索突发事件对金属资源进口国铜价冲击的影响程度和传导路径。

为研究突发事件导致资源进口国在事故发生当月和下月进口量大幅减少的情景,将基准情景(Current)设定为无突发事件发生的情景,Current1、Current2、Current3 分别对应突发事件使得资源进口国在事故发生当月和下月进口量分别减少 20%、50%和 100%的仿真情景,其中,Current1 和 Current2 对应供应失衡条件下的仿真情景,Current3 对应极

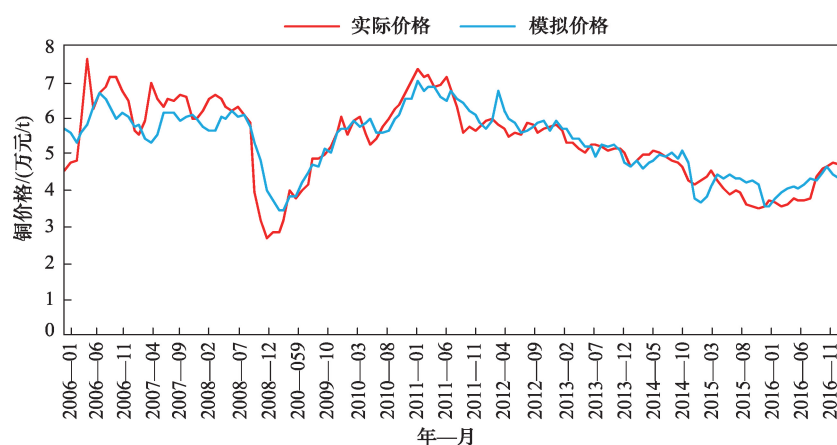


图4 2006年1月—2017年3月铜模拟价格与实际价格走势

Figure 4 Copper simulation price and real historical price charts from January, 2006 to March, 2017

端突发事件下供应中断的仿真情景。通过对进口量引入PULSE单脉冲函数来模拟仿真突发事件对进口量造成的负向短期外部冲击。鉴于突发事件的发生难以预测,具有偶然性和随机性,不妨假设突发事件发生于2009年8月,三种仿真情景分别刻画了不同程度突发事件冲击下资源进口国进口量减少对铜价冲击的影响程度。

图5展示了自然灾害、地缘政治、重大矿难及环境污染、资源民族主义等突发事件对资源进口国铜价冲击的影响。仿真结果表明,这些突发事件的发生使得资源进口国当月和下月供应失衡(Current1、Current2),从而导致铜价在接下来的几个月时间内大幅上涨,且持续较长时间后逐渐趋于基准水平

(Current)。在极端突发事件冲击下,资源进口国供应中断(Current3),此时仅仅依靠国内产量已远远不能满足经济发展的需要,相比上述两种情景,此时对铜价的冲击影响程度更大,持续时间也更长。下面从突发事件对铜价的影响程度和传导路径两方面分别做具体分析。

首先分析突发事件对铜价的影响程度。对于突发事件导致资源进口国在事故发生当月和下月进口量减少20%的情景(Current1),仿真结果表明相比基准情景(Current),铜价从2009年10月开始变化且幅度逐月增加,2009年10月上涨幅度为0.58%,说明突发事件发生初期对铜价冲击的影响有限,对经济社会的影响不会立刻显现出来。随后

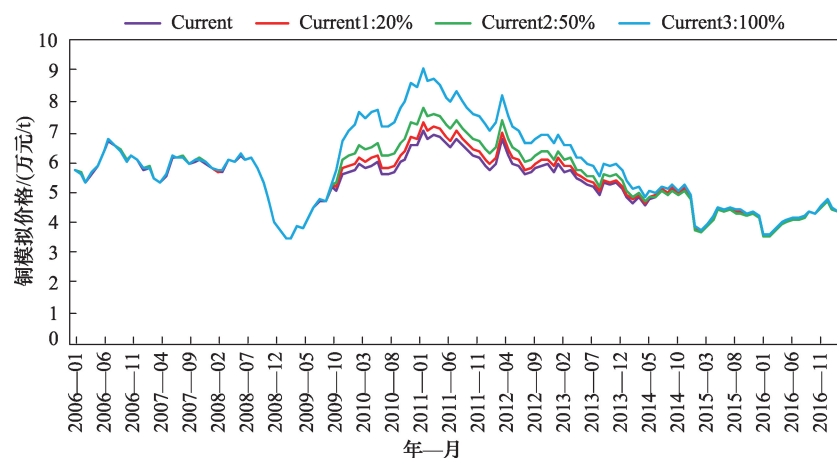


图5 2006年1月—2017年3月突发事件对资源进口国铜价冲击的影响

Figure 5 The impact of unconventional emergencies on the copper price in importer of resources from January, 2006 to March, 2017

2018年3月

增幅逐渐增大,至2010年12月上漲幅度达到最大值3.55%,说明突发事件导致进口量减少进而对铜价造成的冲击具有叠加效应。此后铜价涨幅逐渐回落,至2015年1月涨幅控制在1%以内。假设突发事件的强度进一步增大,比如导致资源进口国在事故发生当月和下月进口量减少50%(Current2),仿真结果表明相比基准情景(Current),2009年10月铜价涨幅为1.47%,随后涨幅逐渐增大,同样至2010年12月上漲幅度达到最大值10%后增幅逐渐回落,至2014年6月增幅控制在1%以内。假设突发事件的强度进一步增大,不妨假设极端情况下,突发事件的发生使得资源进口国在事故发生当月和下月进口中断(Current3),此时铜价模拟结果相对基准情景出现显著大幅上漲,从2009年10月的涨幅3.02%迅速增大至2010年12月的最大涨幅27.30%,随后逐渐回落,至2016年6月涨幅控制在1%以内。由此可见,无论是突发事件导致资源进口国进口量减少还是极端情况下进口中断的情景,对铜价的冲击都表现出相同的变化规律:事件发生初期对铜价影响有限,随后影响慢慢显现出来,至2010年12月涨幅达到最大值后逐渐回落至基准水平,影响持续时间较长。

从传导路径来看,自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染等突发事件导致进口量变化,进而通过影响库存的变化改变库存周转率来影响铜价。具体来说,突发事件导致进口量减少(中断),则供应量相应减少,库存水平相应下降,在需求不变的前提下,库存周转率随之下降,则价格会相应的调整到预期水平之上。随着时间的推移,叠加效应慢慢呈现,供应减少对库存周转率的影响越来越大,因而对铜价的影响也越来越大。

无论是突发事件导致资源进口国进口量减少还是资源生产国产量减少,归根到底都是使得供应短缺,在总需求一定的前提下,通过影响库存从而引起铜价大幅上漲。此外,仿真结果表明,突发事件导致进口量(产量)下降的幅度大于铜价上漲的幅度,一方面因为进口量(产量)只是供应量的一部分,还有一部分取决于产量(进口量),另一方面库存也对供给起到了一定的缓冲作用。

情景设置2:金融市场投机行为对商品需求造

成冲击

投机因素一直是商品铜市场备受争议的因素,进入21世纪以来,金属资源市场发生了重大变化,经济金融化和国际金融衍生品市场的高速发展使得基本金属的金融化程度日趋加强,基本金属价格已不完全受制于供需基本面的影响,金融投机因素成为重要的影响因素^[41]。联合国贸易和发展会议(2011年)指出由于金融投资者不断参与,众多的市场参与者已经不再纯粹地依据供需基本面来做出交易决策,这使得市场产生了虚假的价格信号。Hamilton等、Frankel认为商品指数交易者以及其他投机行为对商品的风险溢价和商品价格的大幅上漲起到了决定性作用^[42, 43]。因此金融市场投机行为是如何影响商品价格的,它的影响程度如何等问题都是值得深入探讨的话题。

近年来以规避风险和投机获利为目的的商品指数基金大量进入商品市场,假设商品指数基金和投资机构通过基金持仓操纵市场,通过持仓规模的大幅上漲和大幅下跌模拟投机行为对金融市场的巨大冲击。假设投机行为通过影响需求进而影响价格,在其他变量不变的前提下,通过对期铜市场基金持仓引入PULSE单脉冲函数模拟投机行为对基金持仓造成的短期巨大冲击。不妨假设商品指数基金和投资机构自2010年12月开始通过基金持仓操纵铜市场价格,操纵持续四个月,模拟仿真结果如图6所示。其中Current为无投机行为发生的市场(基准情景),Current1、Current2、Current3、Current4分别对应不同程度的投机行为使得事件发生期内持仓量减少20%、50%以及增大20%、50%的情景。

仿真结果表明,当金融市场投机行为使得在事件发生期内持仓量大幅减少时,对价格的影响在事件发生期内就立即显现,仿真情景模拟价格在事件发生期内就显著低于基准价格(Current),事件发生期结束后铜价迅速回升至基准水平。相反,当金融市场投机行为使得在事件发生期内持仓量大幅增大时,仿真情景模拟价格在事件发生期内就迅速高于基准价格(Current),事件发生期结束后铜价迅速回落至基准水平。从变化幅度来看,投机行为对铜价的影响程度有限,且通过对比操纵力度相同但操纵方向相反的两种投机行为对铜价的影响发现,投

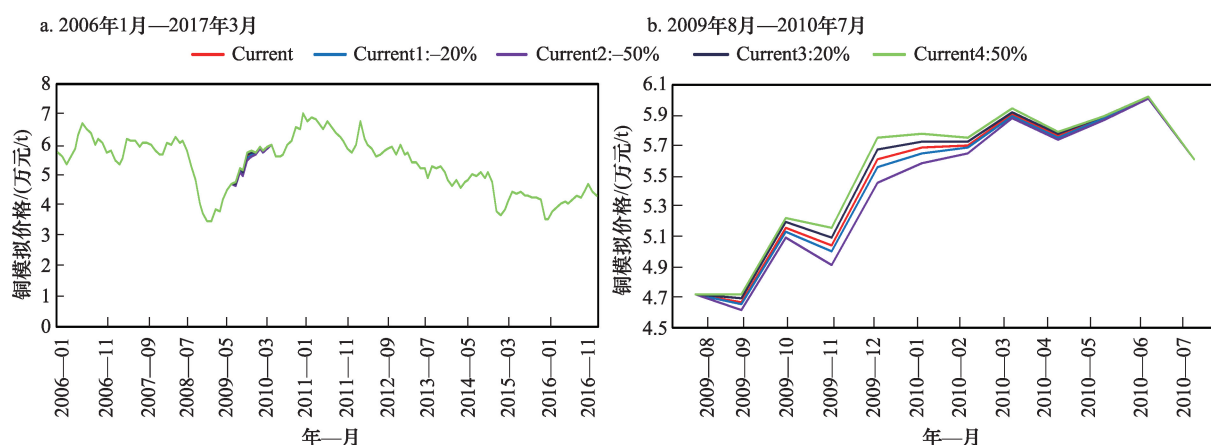


图6 2006年1月—2017年3月金融市场投机行为对铜价冲击的影响

Figure 6 The impact of financial market speculation on the copper price from January, 2006 to March, 2017

注:鉴于金融市场投机行为影响幅度小,且操纵过后迅速趋于基准情景,故五线基本重合。为区分开来,图6b列出了操纵过后一年以来对铜价的影响。

机行为使得持仓量大幅减少时对铜价的影响程度略大于投机行为使得持仓量大幅增大时对铜价的影响程度。下面从投机行为对铜价的影响程度和传导路径两方面分别做具体分析。

从影响程度分析,当金融市场投机行为使得在事件发生期内期铜市场持仓量减少20%(Current1)时,铜价自2011年1月就开始偏离基准水平,跌幅0.57%,随后跌幅逐渐增大,至2011年4月达到最大跌幅1.20%,之后铜价迅速回升至基准水平,至2011年9月跌幅控制在0.10%以内。假设商品指数基金大规模退出期铜市场,同时个人投资者跟风退出,使得持仓量在事件发生期内大规模减少50%(Current2),则铜价自2011年1月跌幅为1.54%,后跌幅迅速增大,至2011年4月达到最大跌幅3.15%,之后铜价迅速回升至基准水平,至2011年11月跌幅控制在0.10%以内。相反的,如果金融市场投机行为使得在事件发生期内持仓量增加20%(Current3)时,铜价自2011年1月就开始偏离基准水平,增幅0.53%,随后增幅迅速增大,至2011年3月达到最大增幅1.13%,之后铜价迅速回落至基准水平,至2011年9月增幅控制在0.10%以内。假设商品指数基金和投资机构投机强度增大,致使期铜市场异常活跃,使得期铜持仓量在事件发生期内大规模增持50%(Current4),则铜价自2011年1月增幅为1.23%,后增幅迅速增大,至2011年3月达到最大增

幅2.72%,之后铜价迅速回落至基准水平,2011年11月之后增幅控制在0.10%以内。

从传导路径来看,金融市场投机行为使得事件发生期内持仓量发生大幅变化,改变了投资者的投机需求,进而通过改变产品需求影响库存周转率来影响铜价。通过相关指标的分析,可以看出相比之下投机行为对成本的影响较小。具体来说,金融市场投机行为导致持仓量减小(增大),则投机需求相应减少(增大),产品需求减少(增大),在库存不变的情况下,库存周转率相应上升(下降),铜价相应的调整到预期水平之下(上),导致最终铜价高于(低于)基准价格水平。

4 结论与建议

4.1 结论

本文在“压力-状态-响应”(PSR)模型解析突发事件对国家金属资源安全的冲击影响机理基础上,对自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染导致的供应失衡、供应中断情景以及投机行为导致的投机需求冲击情景进行系统动力学仿真模拟,探索不同类型突发事件对金属资源价格冲击的影响程度和传导路径,研究发现:

(1)自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染等突发事件导致在事件发生期间内进口量分别减少20%、50%和100%时,铜价相比基准情景立即上涨,至最大涨幅3.55%、10.00%、

2018年3月

27.30%后逐渐回落至基准水平。可见该类突发事件对金属资源价格造成直接冲击,导致金属价格大幅波动且冲击过后对资源价格的影响仍然会持续较长时间。

(2)金融市场投机行为导致在事件发生期内持仓量分别减少20%和50%时,铜价立即下跌,至最大跌幅1.20%和3.15%后迅速回升至基准水平;相反,如果投机行为导致在事件发生期内持仓量增大20%和50%时,铜价立即上涨,至最大增幅1.13%和2.72%后迅速回落至基准水平。可见金融市场投机行为通过投机需求间接影响价格,对金属价格的影响相对较小,且投机事件过后迅速趋于基准水平。

4.2 建议

鉴于突发事件的难预测、复杂性、突发性特征,次生衍生情况多,如何积极有效地应对突发事件,实现快速高效的金属资源风险管理是亟需解决的首要难题,对此提出以下建议:

(1)通过对美国、日本和欧洲国家等发达经济体的资源战略进行综合比较分析,提炼并借鉴适应中国国情的应对关键资源供应危机的政策、措施和经验,对中国资源战略进行适当调整。

(2)为防范自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难及环境污染等突发事件可能造成的供应失衡甚至供给中断,应该积极进行战略储备,并根据以往经验和国情建立合适的储备规模;选择安全的运输通道;对历来供应安全的资源进口国优先选择并积极开发新的资源进口国,加大对海外资源的开发、海外基地的选择、布局等。

(3)为有效防范金融市场投机行为对金属期货价格造成的巨大冲击,应该对金属资源期货市场价格、交易量、持仓量等关键指标进行实时监测,建立有效的供应预警和价格剧烈波动平抑机制,及时应对突发事件。

总之,完善中国金属资源领域应对突发事件的应急体系,构建以多层次、多部门、多主体的应急管理体系,并针对自然灾害、地缘政治、资源民族主义、重大矿难与环境污染以及金融市场投机行为等具体类型的突发事件形成基于“情景-任务-能力”的策略库。

参考文献(References):

- [1] 李颖,陈其慎,柳群义,等.中国海外矿产资源供应安全评价与形势分析[J].资源科学,2015,37(5):900-907. [Li Y, Chen Q S, Liu Q Y, et al. An indicator system for overseas mineral resource supply security and analysis of the security situation for China's overseas resource supply [J]. *Resources Science*, 2015, 37(5): 900-907.]
- [2] 孟勇.矿难的贝叶斯分析-基于变点与事件分析结合的方法[J].数理统计与管理,2010,29(5):796-804. [Meng Y. Bayesian analysis on mine disaster on event methods and change-point[J]. *Journal of Applied Statistics and Management*, 2010, 29(5): 796-804.]
- [3] Worthington A, Valadkhani A. Measuring the impact of natural disasters on capital markets: an empirical application using intervention analysis[J]. *Applied Economics*, 2003, 36(19): 2177-2186.
- [4] 耿志祥,孙祁祥.金融危机和自然灾害对保险股票市场的影响与溢出效应检验[J].金融研究,2016,(5):65-81. [Gong Z X, Sun Q X. The impact of financial crisis and catastrophes on the insurer stock market and its testing of spillovers effects[J]. *Journal of Financial Research*, 2016, (5): 65-81.]
- [5] 龙方,杨重玉,彭澧丽.自然灾害对中国粮食产量影响的实证分析-以稻谷为例[J].中国农村经济,2011,(5):33-44. [Long F, Yang C Y, Peng L L. An empirical analysis on the impact of natural disasters on China's grain yield-taking rice as an example[J]. *Chinese Rural Economy*, 2011, (5): 33-44.]
- [6] 李宏.自然灾害的社会经济因素影响分析[J].中国人口·资源与环境,2010,20(11):136-142. [Li H. On socio-economic factors of natural disasters[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 20(11): 136-142.]
- [7] Shan L, Gong S X. Investor sentiment and stock returns: wenchuan earthquake[J]. *Finance Research Letters*, 2012, 9(1): 36-47.
- [8] 张珣,余乐安,黎建强,等.重大突发事件对原油价格的影响[J].系统工程理论与实践,2009,29(3):10-15. [Zhang X, Yu L A, Li J Q, et al. Estimating the effects of extreme events to crude oil price [J]. *System Engineering Theory and Practice*, 2009, 29(3): 10-15.]
- [9] 潘伟,王凤侠,吴婷.不同突发事件下进口原油采购策略[J].中国管理科学,2016,24(7):27-35. [Pang W, Wang F X, Wu T. Imported crude oil procurement strategies under different emergencies[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2016, 24(7): 27-35.]
- [10] Nikkinen J, Omran M M, Sahlström P, et al. Stock returns and volatility following the September 11 attacks: evidence from 53 equity markets[J]. *International Review of Financial Analysis*, 2008, 17(1): 27-46.
- [11] Mun K C. Contagion and impulse response of international stock markets around the 9-11 terrorist attacks[J]. *Global Finance Journal*, 2005, 16(1): 48-68.
- [12] Charles A, Darné O. Large shocks and the September 11th terrorist attacks on international stock markets[J]. *Economic Modelling*, 2006, 23(4): 683-698.
- [13] Kollias C, Manou E, Papadamou S, et al. Stock markets and terror-

- ist attacks: comparative evidence from a large and a small capitalization market[J]. *European Journal of Political Economy*, 2011, 27(4): S64-S77.
- [14] 张建新. 资源民族主义的全球化及其影响[J]. 社会科学, 2014, (2): 19-27. [Zhang J X. Global resource nationalism and its influence[J]. *Journal of Social Sciences*, 2014, (2): 19-27.]
- [15] Haase M, Seiler Zimmermann Y, Zimmermann H. The impact of speculation on commodity futures markets—a review of the findings of 100 empirical studies[J]. *Journal of Commodity Markets*, 2016, 3(1): 1-15.
- [16] Huchet N, Fam P G. The role of speculation in international futures markets on commodity prices[J]. *Research in International Business and Finance*, 2016, 37: 49-65.
- [17] Manera M, Nicolini M, Vignati I. Modelling futures price volatility in energy markets: is there a role for financial speculation?[J]. *Energy Economics*, 2016, 53: 220-229.
- [18] Shao L, Zhu X, Huang J, et al. Empirical study of speculation roles in international copper price bubble formation[J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2013, 23(8): 2475-2482.
- [19] 陈明华. 基于金融因素的国际油价波动分析: 理论与实证[J]. 宏观经济研究, 2013, (10): 105-113. [Chen M H. International oil price fluctuation analysis based on financial factors: theory and demonstration [J]. *Macroeconomics*, 2013, (10): 105-113.]
- [20] 陈明华, 张彦, 徐银良, 等. 金融投机因素对国际油价波动的动态影响分析—基于动态随机一般均衡(DSGE)视角[J]. 宏观经济研究, 2014, (11): 119-126. [Chen M H, Zhang Y, Xu Y L, et al. Analysis on the dynamic impact of financial speculation on international oil price fluctuation—based on dynamic random general equilibrium (DSGE)[J]. *Macroeconomics*, 2014, (11): 119-126.]
- [21] 隋颜休, 郭强. 期货市场的投机因素对国际油价波动的影响—基于2000-2013年的结构断点分析[J]. 宏观经济研究, 2014, (8): 100-113. [Sui Y X, Guo Q. The impact of speculative factors in futures market on international oil price fluctuation—based on the analysis of structural breakpoints from 2000 to 2013[J]. *Macroeconomics*, 2014, (8): 100-113.]
- [22] 田利辉, 谭德凯. 原油价格的影响因素分析: 金融投机还是中国需求?[J]. 经济学(季刊), 2015, 14(3): 961-982. [Tian L H, Tan K D. Determinants of crude oil prices: driven by financial speculations or China's demands?[J]. *China Economic Quarterly*, 2015, 14(3): 961-982.]
- [23] 韩立岩, 尹力博. 投机行为还是实际需求? 国际大宗商品价格影响因素的广义视角分析[J]. 经济研究, 2012, 47(12): 83-96. [Han L Y, Yin L B. Speculation or real demand? A multi-vision economic analysis of the international commodity prices impact factors[J]. *Economic Research Journal*, 2012, 47(12): 83-96.]
- [24] Bian Y, He J, Zhuang Y. Study on the simulation and evolution model of unexpected emergencies' spreading network[J]. *Physics Procedia*, 2012, 24: 1269-1276.
- [25] Zhang B, Qin Y, Huang M, et al. SD-GIS-based temporal-spatial simulation of water quality in sudden water pollution accidents[J]. *Computers & Geosciences*, 2011, 37(7): 874-882.
- [26] 魏一鸣, 张林鹏, 范英. 基于 Swarm 的洪水灾害演化模拟研究[J]. 管理科学学报, 2002, 5(6): 39-46. [Wei Y M, Zhang L P, Fan Y. Swarm based study on complexity in flood disaster[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2002, 5(6): 39-46.]
- [27] Cooke D L. A system dynamics analysis of the Westray mine disaster[J]. *System Dynamics Review*, 2003, 19(2): 139-166.
- [28] Khan F I, Amyotte P R. Modeling of BP Texas city refinery incident[J]. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2007, 20(4): 387-395.
- [29] 任若恩, 樊茂清. 国际油价波动对中国宏观经济的影响: 基于中国 IGE 模型的经验研究[J]. 世界经济, 2010, 33(12): 28-47. [Ren R E, Fan M Q. The impact of international oil price fluctuation on China's macroeconomy: an empirical study based on China's IGE model [J]. *The Journal of World Economy*, 2010, 33(12): 28-47.]
- [30] Aydın L, Acar M. Economic impact of oil price shocks on the Turkish economy in the coming decades: a dynamic CGE analysis[J]. *Energy Policy*, 2011, 39(3): 1722-1731.
- [31] 魏巍贤, 高中元, 彭翔宇. 能源冲击与中国经济波动—基于动态随机一般均衡模型的分析[J]. 金融研究, 2012, (1): 51-64. [Wei W X, Gao Z Y, Peng X Y. Energy impact and China's economic fluctuation: an analysis based on dynamic stochastic general equilibrium model [J]. *Journal of Financial Research*, 2012, (1): 51-64.]
- [32] 王昶, 宋慧玲, 左绿水, 等. 国家金属资源安全研究回顾与展望[J]. 资源科学, 2017, 39(5): 805-817. [Wang C, Song H L, Zuo L S, et al. Review and prospects of national metal resource security [J]. *Resources Science*, 2017, 39(5): 805-817.]
- [33] 何新, 姜广辉, 张瑞娟, 等. 基于 PSR 模型的土地生态系统健康时空变化分析—以北京市平谷区为例[J]. 自然资源学报, 2015, 30(12): 2057-2068. [He X, Jiang G H, Zhang R J, et al. Temporal and spatial variation of land ecosystem health based on the pressure-state-response model: a case study of Pinggu District, Beijing[J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(12): 2057-2068.]
- [34] 解雪峰, 吴涛, 肖翠, 等. 基于 PSR 模型的东阳江流域生态安全评价[J]. 资源科学, 2014, 36(8): 1702-1711. [Xie X F, Wu T, Xiao C, et al. Ecological security assessment of the Dongyang River watershed using PSR modeling[J]. *Resources Science*, 2014, 36(8): 1702-1711.]
- [35] 谢花林, 刘曲, 姚冠荣, 等. 基于 PSR 模型的区域土地利用可持续性水平测度—以鄱阳湖生态经济区为例[J]. 资源科学, 2015, 37(3): 449-457. [Xie H L, Liu Q, Yao G R, et al. Measuring regional land use sustainability of the Poyang Lake Eco-economic Zone based on PSR modeling[J]. *Resources Science*, 2015, 37(3): 449-457.]
- [36] 周炳中, 杨浩, 包浩生, 等. PSR 模型及在土地可持续利用评价中的应用[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5): 541-548. [Zhou R Z, Yang H, Bao H S, et al. PSR model and its application in evaluation

2018年3月

- tion of land sustainable utilization [J]. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(5): 541–548.]
- [37] 姚予龙, 谷树忠. 资源安全机理及其经济学解释[J]. 资源科学, 2002, 24(5): 46–51. [Yao Y L, Gu S Z. Mechanism and economic definition of resources security[J]. *Resources Science*, 2002, 24(5): 46–51.]
- [38] 谷树忠, 姚予龙. 国家资源安全及其系统分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(6): 142–148. [Gu S Z, Yao Y L. On national natural resource security and its systematic dynamics[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2006, 16(6): 142–148.]
- [39] Wang C, Zuo L S, Hu P J, et al. Evaluation and simulation analysis of China's copper security evolution trajectory[J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2013, 23(8): 2465–2474.
- [40] Wind. Wind 资讯经济数据终端[EB/OL]. (2017–04–20)[2017–04–20]. <http://www.wind.com.cn/Default.aspx>. [Wind. Wind Information Economic Data Terminal [EB/OL]. (2017–04–20) [2017–04–20]. <http://www.wind.com.cn/Default.aspx>.]
- [41] 朱学红, 张宏伟, 张众, 等. 金属资源跨期现市场操纵的判别—以高盛铝价操纵案为例[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2017, 23(2): 94–102. [Zhu X H, Zhang H W, Zhang Z, et al. The differentiation in the manipulation of metal resources across the futures and spot market: case study of Goldman Sachs' manipulation of aluminum price [J]. *Journal of Central South University (Social Science Edition)*, 2017, 23(2): 94–102.]
- [42] Hamilton J D, Wu J C. Effects of index–fund investing on commodity futures prices[J]. *International Economic Review*, 2015, 56(1): 187–205.
- [43] Frankel J A. Effects of speculation and interest rates in a “carry trade” model of commodity prices[J]. *Journal of International Money and Finance*, 2014, 42: 88–112.

The impact of emergencies on national metal resource security

ZHU Xuehong^{1,2}, ZHANG Hongwei^{1,2}, HUANG Jianbai^{1,2}, SHAO Liuguo^{1,2}, GUO Yaoqi^{2,3}

(1. Business School, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Metal Resource Strategic Research Institute, Central South University, Changsha 410083, China;

3. Mathematics and Statistics School, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Complex and unpredictable emergencies impose a significant impact on national metal resource security. Here, we analyzed the influence mechanism of emergencies on national metal resource security based on the pressure–state–response (PSR) model from an unconventional security perspective. The system dynamics model taking copper as an example was carried out to explore the influence degree and conduction path of different types of emergencies on metal resource security. We found that natural disasters, geopolitics, resource nationalism, major mining accidents and environmental pollution have a direct impact on the price of metal resources. When a 20%, 50% and 100% reduction during the period of event occurred in imports occurred due to such emergencies, the copper price rose immediately, compared to the benchmark situation, to the strongest gain of 3.55%, 10.00%, and 27.30% respectively. Prices gradually fell back to baseline and the effects lasted a long time. However, the speculative behavior of financial markets indirectly affected the price through speculative demand. When the speculations result in a 20% and 50% reduction in the amount of positions during the event, copper prices fall immediately to their greatest level of 1.201% and 3.150% with rapid rebound to benchmark. On the contrary, if speculation positions increase by 20% and 50%, copper prices immediately rise to the maximum increase of 1.132% and 2.716%. Copper prices decline to baseline level rapidly. We conclude by proposing strategic adjustments to deal with emergencies in metal resources to provide a scientific basis for safeguarding national metal resource security.

Key words: emergency; PSR model; system dynamics; influence mechanism; coping strategies