

# 高阶结关系、贸易网络演化与金融危机

魏彦杰, 钟 娟, 邢孝兵

(安徽财经大学 国际经济贸易学院, 安徽 蚌埠 233030)

**摘 要:**2008—2009 年国际贸易的急剧衰退究竟是金融危机的结果, 还是贸易体系在危机前就已积累的内在失衡? 对这一问题的解答, 有助于我们更为全面地了解金融危机的成因以及隐藏在贸易体系中的金融危机预警信号。文章利用贸易网络分析等方法, 探讨了贸易网络演化对金融危机的早期预警作用, 以及这一预警作用产生的根源, 从而揭示了贸易网络演化与金融危机之间的深层关系。研究发现: (1) 某些贸易网络结构的变化确实是金融危机的早期信号, 而且这种变化也是影响危机的重要因素。(2) 贸易网络演化对金融危机的预警作用与贸易收益不平衡有关, 而失衡风险的不断累积最终会导向金融危机。(3) 金融危机周期与重要贸易体之间的收益失衡程度存在对应关系, 并且金融危机对具有劣势收益的贸易体更易造成冲击。上述结论说明, 分析贸易网络结构的变化可以成为金融危机预警的新工具, 且其变化所反映的贸易失衡也为预判国际贸易发展趋势以及优化贸易政策提供了参考。

**关键词:**高阶结关系; 世界贸易网络; 金融危机预警; 贸易失衡

**中图分类号:**F113.7; F742 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2017)10-0109-13

**DOI:**10.16538/j.cnki.jfe.2017.10.009

## 一、引 言

2008—2009 年发生的“贸易大衰退”(Great Trade Collapse)说明国际贸易与金融体系之间有着紧密联系。在金融危机冲击下, 贸易发生急剧衰退, 并表现出很强的全球同步性, 同时贸易额的下降幅度也远超过 GDP 的下降幅度(Baldwin, 2009)。这些现象促使越来越多的文献开始关注贸易与金融体系协同演进的规律, 以便深刻了解国际贸易与金融危机的关系并及时发现危机的早期预警信号(Saracco 等, 2016)。在国际贸易与金融危机的关系方面, 研究集中于金融危机对贸易的影响, 如信贷约束对贸易的抑制作用(Ahn 等, 2011; Bems 等, 2011), 以及危机对贸易产生强烈冲击的原因(Behrens 等, 2011; Ariu, 2016)。有关危机预警信号的研究则大多集中于金融体系的异常变化(Hatzopoulos 和 Iori, 2012; Squartini 等, 2013; Roukny 等, 2014)。不过, 研究者很少探讨国际贸易对金融危机的影响, 也鲜有文献分析贸易体系中是否存在危机的早期信号。原因可能在于, 国际贸易量变化与金融危机之间没有一致的对应关系, 如 20 世纪 90 年代的亚洲金融危机事件并未对国际贸易产生明显影响, 但 2008—2009 年金融危机却引发贸易大衰退。因此, 很难从贸易量的角度验证国

收稿日期: 2017-04-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(71303001); 教育部人文社会科学青年基金项目(15YJC790155)

作者简介: 魏彦杰(1973—), 男, 河南平顶山人, 安徽财经大学国际经济贸易学院副教授;

钟 娟(1980—)(通讯作者), 女, 河南南阳人, 安徽财经大学国际经济贸易学院副教授;

邢孝兵(1974—), 男, 安徽合肥人, 安徽财经大学国际经济贸易学院教授。

际贸易与金融危机的双向关系。但事实上,在经济全球化的背景下,国际贸易关系形成了相互依赖、相互影响的复杂经济网络(即世界贸易网络 *World Trade Web*,简称 *WTW*),金融危机的集聚、传播与加强都可以沿着 *WTW* 进行(Erola 等,2012)。因此,有必要以 *WTW* 作为切入点,进一步阐明国际贸易与金融危机的相互关系。

一些文献已经注意到 *WTW* 与金融危机之间关系的特殊性。一方面,金融危机与贸易量的关系不同于金融危机与贸易网络的关系。Feng 等(2011)考察了 2008 年金融危机对亚洲及太平洋地区贸易网络的影响,发现尽管贸易量变化剧烈,但这一地区性的贸易网络(*LTW*)在危机中却保持相对稳定。另一方面,*WTW* 的某些变化还预示着金融危机的早期信号。Saracco 等(2016)发现 2008 年金融危机的预警信号来自 2004—2007 年 *WTW* 拓扑结构的异常变化,<sup>①</sup>但在 2008—2009 年危机高涨期间,*WTW* 异常变化反而变得缓和。这些现象说明,*WTW* 的演化有其固有规律,并与金融危机周期之间有着特殊联系。同时,这种联系也说明 *WTW* 中贸易关系的变化间接反映了世界经济系统的转变。例如,Saracco 等(2016)发现 1995—2010 年 *WTW* 中不同发展强度的经济体表现出越来越不同的贸易网络特征,这种变化不仅反映世界经济格局的改变,而且能够预示世界经济中的不稳定信号。因此,很有必要从观察金融危机在 *WTW* 中的早期信号入手,了解 *WTW* 演化与金融危机产生联系的形成机制与作用规律,以利于政府部门深刻理解世界经济系统的变化,从而更好地预判金融危机风险。

不过,探讨 *WTW* 与金融危机的关系,首先需要找到分析两者之间联系的切入点。Erola 等(2012)认为,拓扑结构(即网络结构)的变化是研究“*WTW* 演化→金融危机”之间关系的重点。他们发现,随着贸易全球化的发展,贸易国之间更倾向于按照相似的网络结构建立贸易关系,使得 *WTW* 的拓扑结构演化表现出更为一致的动态过程,并对经济周期循环产生影响。因此,分析 *WTW* 中拓扑结构的变化是了解世界性金融危机的可行途径。其次,我们也需要找到一个更好的视角来观察 *WTW* 中拓扑结构的变化。研究发现,分析 *WTW* 中的高阶结关系(*higher-order ties*)非常重要。<sup>②</sup> 因为 *WTW* 拓扑结构及其变化可以通过随机图等模型加以模拟(详见 Albert 和 Barabási(2002)、Newman(2010)的述评),而“互惠”(reciprocal)、“三角”(triadic)等高阶结关系可以在随机模型中提供 *WTW* 演化的更多重要信息(Squartin 和 Garlaschelli,2012;Maratea 等,2016)。最后,如果 *WTW* 拓扑结构变化能够预示金融危机的早期信号,那么其中的形成机制是什么? 一个可能的原因是,贸易参与者在 *WTW* 拓扑结构(如高阶结关系)中存在收益失衡,而 *WTW* 参与者会基于贸易收益选择贸易策略以及贸易伙伴,从而推动 *WTW* 中的网络结构变化(Goyal,2007;Vega-Redondo,2007;Jackson,2008)。如果这一过程中存在收益不平衡,那么 *WTW* 很可能累积失衡风险,进而削弱世界经济与金融系统的稳定性。

因此,本文参考 Erola 等(2012)的观点,尝试探讨“拓扑结构→*WTW* 演化→金融危机”之间的联系,并将研究重点集中于 *WTW* 高阶结关系变化与金融危机周期的联系,以及这一联系背后的贸易收益失衡问题。首先,分析高阶结关系,发现存在于 *WTW* 中的金融危机早期信号。其次,通过贸易收益博弈分析,阐明危机早期信号的出现与 *WTW* 内在失衡之间的联系。最后,探讨金融危机如何受到重要贸易体之间收益失衡的影响,从而揭示全球贸易格局演变与金融危机周期之间的规律。研究发现:(1)从 *WTW* 与金融危机之间的关系特点来

① 拓扑结构即网络结构,代表贸易国之间通过进出口形成的贸易关系。在 Saracco 等(2016)的研究中,异常变化表现为随机性的快速增长,并带来  $X$ — $W$ —和  $M$ — $moifs$  三个指标值的增加。

② 高阶结关系(*higher-order ties*)是指网络图中由两个以上贸易伙伴以及多个出口及进口关系所构成的拓扑结构。

看,某些高阶结关系变化确实能够成为预示金融危机的早期信号,并且高阶结关系变化可以对金融危机产生影响。(2)从WTW与金融危机之间的关系形成机制来看,高阶结关系的变化之所以能够成为预示金融危机的早期信号,原因在于贸易参与者之间在某些高阶结关系中的贸易收益不平衡,并在WTW中累积失衡风险。(3)从WTW与金融危机之间的关系作用规律来看,金融危机周期与WTW中重要贸易体之间的收益失衡程度存在对应关系,贸易收益失衡程度的增强总是伴随着预警信号的加强,并在随后的危机过程中使得具有劣势收益的贸易体遭受更强的冲击。

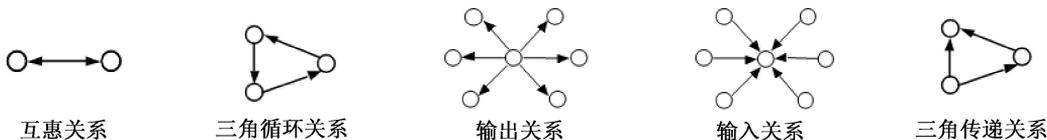
本文的贡献主要体现在:(1)使用ERGM方法分析高阶结关系变化与危机周期的联系,丰富了有关金融危机早期预警信号的研究。(2)使用VAR模型实证检验高阶结关系变化对金融危机的影响,扩展了关于国际贸易与金融危机关系的认识。(3)借鉴Chyzh(2013)的贸易收益测定方法,分析WTW中基于贸易利益的策略博弈过程,从贸易收益角度为WTW演化到金融危机的传导过程提供了一个理论解释。(4)通过测度重要贸易体在高阶结关系中的收益失衡情况,验证了全球贸易格局演变与金融危机周期的对应关系。

## 二、WTW 高阶结关系的变化:一些有趣的现象

### (一) 计量方法与数据

我们使用Snijders(2002)、Snijders等(2006)改进的ERGM模型对WTW拓扑结构进行分析,该方法使用极大似然估计的蒙特卡罗模拟法,从而避免参数估计有偏。ERGM模型的一般表达形式为: $P_{\theta}\{Y=y\}=\exp[\theta'u(y)-\psi(\theta)]$ 。其中, $y$ 是矩阵形式的关系变量,用来反映所要观察的网络, $\theta$ 是一个参数向量, $u(y)$ 是有向图的充分统计向量, $\psi(\theta)$ 是一个常态的固定参数。在Snijders(2006)的方法中,估计参数值的标准误被用来检验显著性,而 $t$ -ratio则是进行算法收敛性检验的核心指标,一般建议其小于或等于0.3。

Snijders等(2006)建议ERGM模型使用者选择6种基础性的重要高阶结关系进行分析,但独立双路径关系(*independent two-paths*)在本文中的偏差很难收敛, $t$ 值也普遍不显著,因此我们选择其余5种高阶结关系对WTW拓扑结构进行分解。包括:(1)互惠关系(*reciprocity*);(2)三角循环关系(*3-cycles*);(3)输出关系(*out-k-stars*);(4)输入关系(*in-k-stars*);(5)三角传递关系(*transitive k-triangles*)。五种高阶结关系如下:<sup>①</sup>



需要指出的是,高阶结关系有许多形态,一些研究者(Squartin和Garlaschelli,2012)曾使用多达13种三角关系进行贸易网络分析。不过,观察那些基础性的高阶结关系通常具有更强的经济学含义。例如,输入与输出关系通常与贸易优势有关,类似于古典贸易理论中的比较优势(Michael等,2013)。而互惠关系在一些文献中被用来说明殖民地历史所形成的双边贸易,如英国和印度之间的贸易关系,但Jesse(2010)认为互惠关系类似于新贸易理论中的产业内贸易。Chyzh(2013)则将三角传递关系视为间接贸易的一种变体。因此,尽管

<sup>①</sup>五种高阶结关系表示为“有向图”。其中,“○”代表某一个贸易国;“→”代表贸易关系,并由出口国指向进口国。

对高阶结关系的含义有不同理解,但 Jesse(2010)认为 Snijders(2006)建议的几种高阶结关系代表了 WTW 中最基础的重要多边贸易关系。

本文使用的双边贸易数据来自 1988—2012 年联合国商品贸易统计数据库,并进行如下处理:(1)由于报告程序不同,国家  $i$  向国家  $j$  的出口额  $exp_{ij}$  与国家  $j$  从国家  $i$  的进口额  $imp_{ji}$  通常有一定差异,定义国家  $i$  向国家  $j$  的加权出口额  $w_{ij} = (exp_{ij} + imp_{ji})/2$ ,并将年度  $w_{ij}$  作为最初样本。(2)将贸易样本中的贸易国总和定义为总样本  $TP$ ,共 251 个国家和地区。(3)按  $TP$  构造一个  $251 \times 251$  矩阵,将分年度贸易样本中的双边出口记录  $w_{ij}$  导入矩阵,其中,矩阵第  $m$  行 ( $m \leq 251$ ) 分别表示某一年度内国家  $m$  向 251 个国家或地区的加权出口额,并分年度形成 25 个年度贸易矩阵。(4)将分年度贸易样本中的双边出口额按降序排序,并累计至总出口额的 95%,最后一组出口额记为最小国际贸易量  $T_t$ ,其中,  $t \in [1988, 2012]$ 。<sup>①</sup> (5)依据每一年的  $T_t$ ,分别将 25 个年度贸易矩阵中大于等于  $T_t$  的出口额视为存在国际贸易,标记为 1;其余则标记为 0。由此,可获得 ASCII 形式的 25 个年度贸易矩阵,即 WTW 的有向图关系。

(二)计量结果说明

使用 ERGM 对有向图中 5 种高阶结关系进行测算,Snijders 等(2006)定义其估计值为高阶结关系的效应,某一高阶结关系效应的估计值代表网络中该种拓扑结构出现的程度。如果比随机预期更多(少),则该估计值为正(负)。Jesse(2010)在研究文化产品的贸易网络时,将该估计值表示为某一商品的全球贸易关系中,贸易国之间构建不同高阶结关系的倾向。因此,1988—2012 年 5 种高阶结关系效应估计值(简称为效应值)的变化分别代表了 WTW 中贸易体之间构建 5 种拓扑结构的倾向,效应值增加则表示更强的倾向,反之亦然。如图 1 所示。

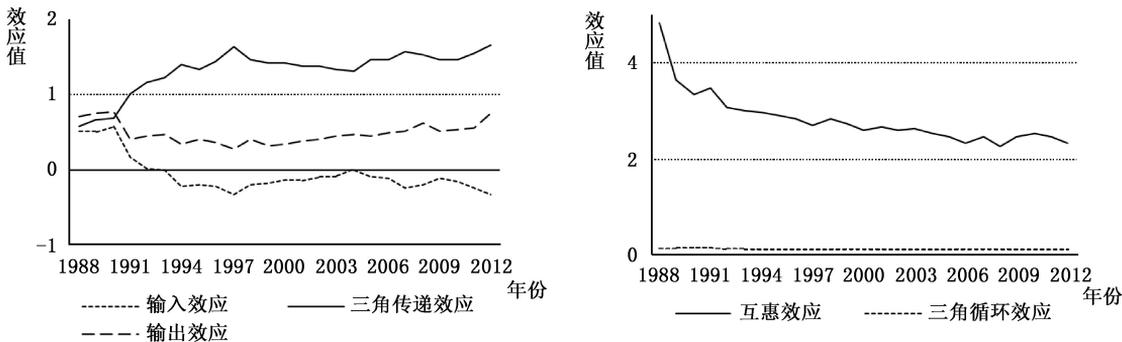


图 1 1988—2012 年 5 种高阶结关系的效应变化

结果显示:(1)互惠效应(简称为 RE)呈现平稳的趋势性下降。(2)三角传递效应(简称为 TE)与输入效应(简称为 IE)分别呈现趋势性上升和下降,但观察期内有一定波动。(3)输出效应(简称为 OE)呈现先下降后上升走势,趋势转折点在 1997 年附近。(4)三角循环效应(简称为 CE)则非常稳定,在  $[0.097, 0.140]$  的狭窄范围内波动。同时,许多效应之间存在相关关系:(1)TE 与 IE 呈现高度负相关关系(相关系数为  $-0.976$ )。(2)TE 与 RE 也呈现高度负相关关系(相关系数为  $-0.877$ )。(3)TE 与 OE 的关系则比较复杂,1988—2005 年两类效应具有高度负相关关系,相关系数为  $-0.92344$ ;2006—2012 年却高度正相关,相关系数为  $0.815$ 。

<sup>①</sup>Jesse(2010)认为,舍弃掉那些包含在全球总出口额 5% 之内的更小出口流量,不仅能避免贸易流分布中的“长尾”效应,而且能使研究更专注于重要的贸易关系。

### (三)高阶结关系变化与金融危机周期的关系

1. 三角传递效应、输入效应与金融危机高度相关。一般认为,国际贸易与世界经济有着密切关系。不过,仅从贸易量的角度看,很难发现国际贸易与金融危机之间的联系。例如,在1970年以来的3个金融危机周期中(Laeven和Valencia,2012),20世纪90年代是相对动荡的时期,其间发生了“转型经济体危机”“拉美龙舌兰酒危机”“亚洲金融危机”;而2000年之后的周期,则发生了1970年以来最大规模的金融危机。但是,全球贸易量只是在2007—2009年出现了大幅衰退,其余时间均呈现稳定或快速增长的态势。一个可能的原因是:全球贸易量掩盖了国际贸易中的相互依赖与影响(Michael等,2013),尽管多边贸易关系已经随着世界经济发展发生了深刻变化,但这种联系却无法通过贸易量加以体现。如图2所示,1988—2012年三角传递效应与输入效应的变化确实更好地解释了金融危机周期与国际贸易的密切联系。

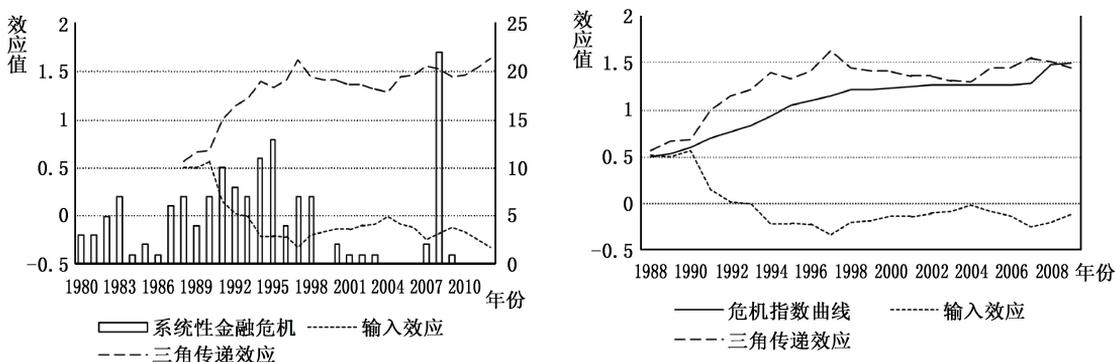


图2 两类高阶结关系与金融危机周期的对应关系

注:左图中“柱形”(对应左图右侧坐标)表示1980—2009年世界范围内系统性金融危机数量(Laeven和Valencia,2012),<sup>①</sup>“折线”(对应左图左侧坐标)表示1988—2012年三角传递效应与输入效应的数值变化。右图中“危机指数曲线”由左图中金融危机数量计算所得。

图2中的左图显示,三角传递效应 $TE$ 与金融危机周期有对应关系,并与危机程度呈现正向走势;而输入效应 $IE$ 与危机程度之间则呈反向走势。在20世纪90年代的危机周期内, $TE$ 持续上升至周期末段(1997年为最高值);而在相对平静的21世纪初, $TE$ 持续下降,最小值出现在2004年;2004—2007年, $TE$ 率先转为持续上升(2007年到达高点),在2008年金融危机之前即发出预警信号;其后的2007—2009年 $TE$ 虽然有短暂下降,但2010后再次急速上升并创出新高,显示系统性金融危机风险仍有加剧趋势。三角传递效应值 $TE$ 的变化与Saracco等(2016)使用 $X$ -、 $W$ -和 $M$ -*Motifs*等指标所观察到的现象非常相似,说明 $WTW$ 中拓扑结构的演化有其内在规律,并与金融危机周期有密切联系。

这种对应关系在图2的右图中更为清晰。我们计算了1988—2009年系统性金融危机数量的累加值,并标准化到 $[0.5, 1.5]$ 区间,作为危机指数曲线(*crises index*, 简称为 $CI$ ),<sup>②</sup>用来显示世界经济波动在一定时期内高涨与缓和的交替过程。可以发现, $CI$ 上升总是伴随着三角传递效应 $TE$ 增长,危机缓和则 $TE$ 下降,两者之间的相关系数为0.877,呈现高度正

<sup>①</sup>系统性金融危机包括两个判定条件:一是银行体系存在财务危机的明确信号;二是重要金融政策介入以应付银行体系的重大损失。

<sup>②</sup>将标准化值的起点设为0.5,这只是为了更方便地观察危机指数曲线与两条高阶结关系效应曲线之间的关系,并不会影响相关性。

相关关系;输入效应  $IE$  与  $CI$  则高度负相关关系,相关系数为  $-0.807$ 。

2. 三角传递效应、输入效应与金融危机之间存在单向关系。为了进一步了解高阶结关系效应与金融危机的联系,我们测算了三角传递效应( $TE$ )、输入效应( $IE$ )与危机指数曲线( $CI$ )的格兰杰因果关系,并进行一阶差分处理以实现序列平稳。检验发现,拒绝  $TE$  不是  $CI$  的格兰杰原因的犯错概率为  $2.58\%$ ,拒绝  $IE$  不是  $CI$  的格兰杰原因的犯错概率为  $4.06\%$ , $TE$  和  $IE$  都是  $CI$  的格兰杰原因。不过, $CI$  既不是  $TE$  也不是  $IE$  的格兰杰原因,金融危机并不会引起两类高阶结关系的变化。这说明,就 20 世纪 90 年代以来的金融危机周期而言,高阶结关系效应  $TE$  和  $IE$  的变化有助于解释危机指数  $CI$  高涨与缓和的未来变化,但  $TE$  和  $IE$  本身的变化却未受到危机指数  $CI$  的影响,即两者之间是一种单向关系。

为进一步观察  $TE$  和  $IE$  对  $CI$  的影响,我们使用  $TE$ 、 $IE$  和  $CI$  构建 VAR 模型。 $JJ$  协整检验表明,3 个变量协整;根据 AIC 信息准则和 SC 信息准则,确定滞后阶数为 2;VAR 模型的稳定性检验表明,模型是稳定的。方差分解结果显示, $TE$  变化量对  $CI$  变化量的贡献度为  $26.7\%$ ,超过  $IE$  变化量对  $CI$  变化量的贡献度( $7.9\%$ ),说明  $TE$  变化量和  $IE$  变化量都是影响  $CI$  变化量的重要因素,且  $IE$  是更为重要的影响因素。

使用广义脉冲响应分析法得到的脉冲响应函数见图 3。结果显示,当给  $TE$  一个正冲击后, $CI$  变化量受到正的影响,三角传递效应的增加会加剧危机程度,并在第 2 期(年)达到最高点,第 3 期(年)以后趋于平稳;当给  $IE$  一个正冲击后, $CI$  变化量受到负的影响,输入关系效应的增加会缓解危机程度,并且这种有利作用在第 1 期(年)就达到最强,但衰退速度很快,第 2 期(年)就基本趋于平稳。总体而言,三角传递效应是加剧危机的重要因素,虽然输入效应的恢复性增长能在短期内快速降低危机水平,但这种影响非常短暂,而三角传递效应的增长对加剧危机的作用时间更长,且程度也更大。

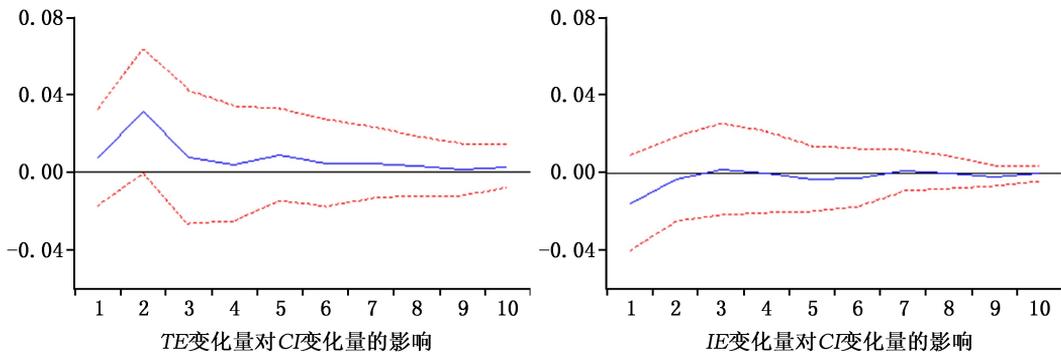


图 3 脉冲响应函数

### 三、高阶结关系的贸易收益及其博弈

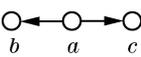
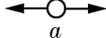
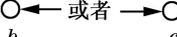
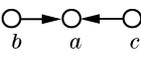
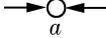
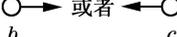
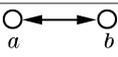
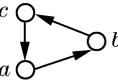
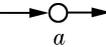
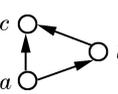
#### (一)定义 5 种高阶结关系所隐含的贸易收益

Chyzyh(2013)认为,绕过直接贸易而经由第三国的间接贸易一样会给贸易国带来收益,并提供了一种简洁的收益分析框架。定义直接贸易出口方利益为  $\delta$ ,进口方损失为  $\eta$ , $\delta$  和  $\eta$  均为正值且小于 1,并有  $\delta > \eta$ ;①经由第三国的间接贸易收益则表示为:间接出口方从间接进口方获得利益  $\delta^2$ ,间接进口方损失为  $\eta^2$ ,且  $\delta^2 < \delta$ , $\eta^2 < \eta$ 。

①虽然“ $A \rightarrow B$ ”的进口方损失来源于出口方利益,但依照比较优势的贸易也可能给进口方带来福利,所以假定  $\delta > \eta$ 。

以贸易关系“ $A \rightarrow B \rightarrow C$ ”为例(“ $\rightarrow$ ”代表贸易关系,并由出口国指向进口国),对于出口国  $A$ ,存在“ $A \rightarrow B$ ”直接出口利益  $\delta$  和经由  $B$  的“ $A \rightarrow C$ ”间接出口利益  $\delta^2$ ;对于进口国  $C$ ,包括“ $C \leftarrow B$ ”直接进口损失  $\eta$  和经由  $B$  的“ $C \leftarrow A$ ”间接进口损失  $\eta^2$ ;第三方  $B$  则有一个直接出口利益  $\delta$  和一个直接进口损失  $\eta$ 。假设 5 种高阶结关系都有  $k + 1$  个贸易参与者,其贸易收益如表 1 所示。

表 1 5 种高阶结关系隐含的贸易收益

高阶结关系	角色	收益特征	当有 $k + 1$ 个贸易参与者时	
			利益	损失
 输出关系	 $a$	$a$ 为“输出者”,具有直接贸易利益	$k\delta$	
	 $b$ 或者 $c$	$b$ 、 $c$ 为“输出接受者”,具有直接贸易损失		$\eta$
 输入关系	 $a$	$a$ 为“输入接受者”,具有直接贸易损失		$k\eta$
	 $b$ 或者 $c$	$b$ 、 $c$ 为“输入者”,具有直接贸易利益	$\delta$	
 互惠关系	 $a$	$a$ 为“互惠者”,同时具有直接贸易利益和直接贸易损失	$k\delta$	$k\eta$
 三角循环关系	 $a$	$a$ 为“三角互惠者”,同时具有直接贸易利益、间接贸易利益、直接贸易损失和间接贸易损失	$k\delta + k(k - 1)\delta^2$	$k\eta + k(k - 1)\eta^2$
 三角传递关系	 $a$	$a$ 为“ $k$ 出口者”,具有直接贸易利益和间接贸易利益	$k\delta + k(k - 1)\delta^2$	
	 $b$	$b$ 为“ $k$ 传递者”,同时具有直接贸易利益和直接贸易损失	$k\delta$	$k\eta$
	 $c$	$c$ 为“ $k$ 进口者”,具有直接贸易损失和间接贸易损失		$k\eta + k(k - 1)\eta^2$

从表 1 中可以发现,当某个贸易国试图介入 5 种高阶结关系并担任某个角色时,其贸易收益包含两种类型:(1)贸易国同时具有利益和损失,如互惠关系、三角循环关系以及在三角传递关系中担任“ $k$  传递者”;(2)贸易国只具有利益或者损失,如输出关系、输入关系以及在三角传递关系中担任“ $k$  出口者或  $k$  进口者”。

(二)贸易收益博弈影响高阶结关系的变化

首先,如果国际贸易在平等互惠的理想状况下展开,那么对于任一局中人  $a$  而言,最多有  $k$  个可能对手,可选策略为 5 种高阶结关系,  $I = (i_1, i_2, \dots, i_5)$ 。由于局中人之间没有差异,局中人  $a$  将与选择同一策略的其他局中人在该高阶结关系下“轮流”担当不同角色,并且局中人  $a$  的预期收益随着对手数量增长而增长。因此,局中人  $a$  将在三角传递关系下获得最高的预期收益  $2k(\delta - \eta) + k(k - 1)(\delta^2 - \eta^2)$ ;在三角循环关系下获得的收益则次之,为  $k(\delta - \eta) + k(k - 1)(\delta^2 - \eta^2)$ ;而互惠关系、输出关系和输入关系下的收益均为  $k(\delta - \eta)$ 。因此,“明智”的局中人将选择三角传递关系作为最优策略,且对  $k + 1$  个参与者都是如此。

不过,在现实的国际贸易中,参与者之间必定存在优势差异。就三角循环关系和互惠关系而言,这种差异并不会改变参与者的预期收益。但对其他三种高阶结关系而言,情况则完全不同:在三角传递关系中,收益不平衡状况取决于局中人在“ $k$  出口者”与“ $k$  进口者”之间

的角色选择,<sup>①</sup>如果局中人  $a$  更多地担当“ $k$  出口者”,他将获得超额利益,反之则有超额损失;在输出关系和输入关系下也有相似情况。表 2 给出了局中人  $a$  在 5 种高阶结关系下的最大预期收益(或损失)。

表 2 局中人  $a$  在 5 种高阶结关系下的收益表(局中人有差异)

局中人 $a$ 的策略	担当的角色	收益(贸易利益-损失)
三角传递关系	与 $k$ 个对手组合,只担当“ $k$ 出口者”	$k\delta + k(k-1)\delta^2$
	与 $k$ 个对手组合,只担当“ $k$ 进口者”	$-k\eta - k(k-1)\eta^2$
三角循环关系	与 $k$ 个对手组合,担当“三角互惠者”	$k(\delta - \eta) + k(k-1)(\delta^2 - \eta^2)$
互惠关系	与 $k$ 个对手组合,担当“互惠者”	$k(\delta - \eta)$
输出关系	与 $k$ 个对手组合,只担当“输出者”	$k\delta$
	与 $k$ 个对手组合,只担当“输出接受者”	$-\eta$
输入关系	与 $k$ 个对手组合,只担当“输入接受者”	$-k\eta$
	与 $k$ 个对手组合,只担当“输入者”	$\delta$

1. 当局中人存在优势差异时,介入三角传递关系可能有最高的回报  $k\delta + k(k-1)\delta^2$ ,但也有最高的风险  $-k\eta - k(k-1)\eta^2$ 。因此,局中人在“ $k$  出口者”与“ $k$  进口者”之间的角色选择是一个风险事项,局中人决策依赖于其对风险的预期。如果局中人  $a$  介入三角传递关系获取回报的概率为  $p$ ,遭受风险的概率为  $1-p$ ,那么对具有局部风险规避倾向的局中人而言,当获益概率  $p$  满足其预期时,他们就有可能接受三角传递关系作为最优策略。<sup>②</sup> 不过,与局中人无差异的情况不同,此时局中人的贸易收益取决于其能否更多地担当“ $k$  出口者”的概率  $p$ ,并且当  $k$  足够大时,概率  $p$  的较小变化也可能使得局中人之间产生较大的收益不平衡。

2. 三角传递关系虽然可以对输出关系形成替代,<sup>③</sup>但选择介入收益和风险都相对更低的输出关系,也是一种占优策略;<sup>④</sup>而输入关系的收益甚至低于互惠关系,介入输入关系和互惠关系都不是局中人的优势策略。<sup>⑤</sup>

3. 对具有全部风险规避倾向的局中人而言,三角循环关系是最优策略,因为它可以在无风险前提下获得相对较高的收益水平  $k(\delta - \eta) + k(k-1)(\delta^2 - \eta^2)$ 。

(三)收益博弈的策略总结

1. 高阶结关系收益博弈的策略过程有助于解释为什么三角传递关系与金融危机之间存在密切联系:(1)三角传递关系是具有潜在风险的拓扑结构,因为国际贸易动因总是基于贸易国之间固有的优势差异或者贸易国追求优势差异(如规模经济等)的行为,这使得贸易参与者很难在三角传递关系中平等地分配利益(或损失)。由于三角传递关系收益式中贸易间接利益  $\delta^2$  或间接损失  $\eta^2$  前存在  $k(k-1)$  的倍增项,当  $k$  足够大时,贸易国在“ $k$  出口者”

①局中人  $a$  在三角传递关系中担当“ $k$  传递者”并不会导致收益不平衡,其收益等同于介入互惠关系。

②设局中人无差异条件下的最小收益  $k(\delta - \eta)$  为初始收益,局中人差异导致的收益不平衡为风险事项,局中人  $a$  是否接受介入三角传递关系取决于以下不等式是否成立:  $p[k\delta + k(k-1)\delta^2] - (1-p)[k\eta + k(k-1)\eta^2] \geq k(\delta - \eta)$ 。明显可见,存在满足条件的  $p$  值。

③原理同上,设局中人  $a$  介入输出关系的最大收益  $k\delta$  为初始收益,三角传递关系是否会对输出关系形成替代,取决于以下不等式是否成立:  $p(k\delta + k(k-1)\delta^2) - (1-p)(k\eta + k(k-1)\eta^2) \geq k\delta$ 。明显可见,存在满足条件的  $p$  值。

④原理同上,设  $k(\delta - \eta)$  为初始收益。局中人  $a$  介入输出关系的可能性取决于不等式  $p(k\delta) - (1-p)(\eta) \geq k(\delta - \eta)$  成立,即  $p \geq 1 - (k\eta / (k\delta + \eta))$ 。由于  $\partial p / \partial k < 0$ ,  $k$  越大,局中人  $a$  介入输出效应的可能性就越高,尤其当  $k \rightarrow \infty$  且  $n \approx \delta$  时,有  $\lim(p) \rightarrow 0$ 。

⑤设初始收益为  $k(\delta - \eta)$ ,此时输入关系成为优势策略的可能性极低,因为要使不等式  $p(\delta) - (1-p)(k\eta) \geq k(\delta - \eta)$  成立,需要  $p \geq k\delta / (\delta + k\eta)$ 。由于  $\partial p / \partial k > 0$ ,  $k$  越大,局中人  $a$  介入输入效应的可能性越低,当  $k \rightarrow \infty$  时,只有满足  $\eta \approx \delta$ ,才有  $\lim(p) \rightarrow 1$ ,否则必有  $p > 1$ 。

或“ $k$  进口者”两类角色中微小的不平衡也会带来巨大利益或损失。(2)如果贸易参与者很难在三角传递关系中平等地分配利益(或损失),那么随着越来越多贸易参与者介入三角传递关系(即三角传递效应  $TE$  的增长),国际贸易体系出现内在失衡以及失衡程度增加的概率都将上升。当失衡程度还不足以动摇世界经济与金融体系的稳定性时,金融危机周期仍处于缓和阶段,但三角传递关系中贸易收益博弈所造成的不平衡仍在增长,从而使得三角传递效应  $TE$  在危机爆发前就发出早期预警信号。(3)如果三角传递关系中的贸易收益不平衡到达一定程度,将严重削弱贸易收益劣势经济体的经济与金融系统稳定性,劣势收益经济体开始退出三角传递关系,从而使得支撑三角传递效应增长的力量减弱,并伴随金融危机的集中爆发,而三角传递效应  $TE$  也随之下降。

因此,如同图 2 所显示的那样,在 2004—2007 年金融危机缓和期内,三角传递效应  $TE$  率先结束了自 1997 年以来的下降趋势,开始转入持续增长(2007 年到达高点),在 2008 年金融危机之前就发出预警信号;但在 2008 年金融危机爆发后, $TE$  反而进入一个短暂的下降期(2007—2009 年)。而有关三角传递效应  $TE$  与危机指数曲线  $CI$  之间关系的实证检验也证实这一传导机制的存在:三角传递效应是加剧金融危机水平的重要因素,并且三角传递效应可以引起危机程度的未来变化,但反之却不成立,两者之间是一种单向关系。

2. 收益博弈的策略过程也有助于解释为什么高阶结关系效应之间存在相关关系:(1)无论贸易是否存在优势差异,互惠关系和输入关系都不是优势策略,三角传递关系将对它们形成替代。(2)当贸易存在优势差异时,三角循环关系是完全风险回避者的最优策略,其他高阶结关系很难对其形成替代。(3)当贸易存在优势差异时,局部风险回避者也可以选择输出关系作为占优策略。因此,如同图 1 所示:三角传递效应  $TE$  与输入效应  $IE$  形成最强负相关关系;三角循环效应  $CE$  则非常稳定;而三角传递效应  $TE$  与输出效应  $OE$  的关系并不确定,它们之间呈现负相关与正相关交替存在的现象。

#### 四、全球贸易格局演变与金融危机

##### (一)重要贸易体的收益角色变化与金融危机

高阶结关系的贸易收益博弈说明, $WTW$  演化与金融危机产生联系的关键在于贸易体系中的内在失衡,即贸易体在三角传递关系中不平等地担任“ $k$  出口者”或“ $k$  进口者”所带来的收益不平衡。不过,收益博弈过程并不能提供这种失衡存在的直接证据,需要使用其他方法加以验证。一个可能途径是选取  $WTW$  中的重要贸易体,并分析他们在贸易收益角色上的变化。Saracco 等(2016)认为,2008 金融危机之所以与 2003—2007 年  $WTW$  拓扑结构异常变化有关,是因为这种异常变化反映了国际贸易格局的改变,特别是新兴经济体与发达经济体在国际贸易体系中的角色变化(IMF, 2012)。因此,我们将 25 个 ASCII 年度贸易矩阵中的三角传递关系筛选出来,并按照 IMF 分类标准,观察两类最强贸易体(22 个发达经济体(简称为  $AE$ )与 23 个新兴和发展中经济体(简称为  $EDE$ ))在收益角色上的变化。

设  $AE$  在年度  $t$  的所有三角传递关系中担当“ $k$  出口者”的次数为  $M_t$ ,担当“ $k$  进口者”的次数为  $N_t$ ;  $EDE$  担当“ $k$  出口者”的次数为  $m_t$ ,担当“ $k$  进口者”的次数为  $n_t$ 。定义两类经济体在三角传递关系中的收益角色差异为  $\gamma_t = (m_t/M_t) - (n_t/N_t)$ ,其中,  $t$  的期间为 1988—2012 年。

$\gamma_t < 0$  表明  $AE$  在两类角色中担当“ $k$  出口者”的优势更明显,  $\gamma_t > 0$  则表明  $EDE$  担当“ $k$  出口者”的优势更明显,  $\gamma_t = 0$  表示收益角色平衡。计算结果如图 4 所示。

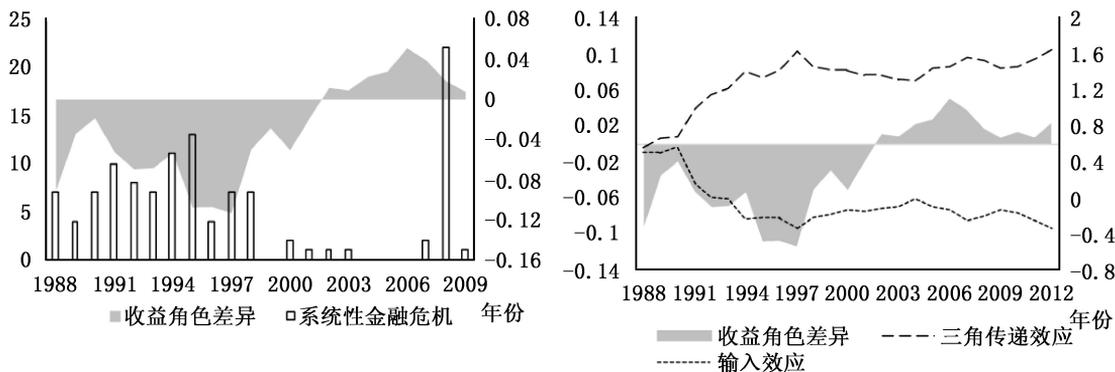


图4 两类经济体收益角色差异与金融危机周期的对应关系

注:左图中“柱形”(对应左图左侧坐标)表示1988—2009年世界范围内系统性金融危机数量;“面积图”(对应左图右侧坐标)表示两类经济体收益角色差异 $\gamma_t$ ,其数值对应面积图边缘的折线。右图中“折线”(对应右图右侧坐标)表示1988—2012年三角传递效应与输入效应的变化;“面积图”(对应右图左侧坐标)表示 $\gamma_t$ 的变化,其数值对应面积图边缘的折线。

1. 图4中的左图显示,金融危机周期与 $\gamma_t$ 不平衡程度存在对应关系。1988—2001年AE在“k出口者”上具有优势,危机集中于新兴和发展中经济体,且危机数量随 $\gamma_t$ 不平衡程度的增减呈现高涨与缓和的波动过程。2002—2009年EDE在“k出口者”上具有优势,尽管 $\gamma_t$ 不平衡程度(2006年最大偏离0.05)远低于20世纪90年代(1997年最大偏离-0.11),但此时WTW中三角传递关系数量远超20世纪90年代,间接利益 $\delta^2$ 或损失 $\eta^2$ 项中 $k(k-1)$ 的倍增作用让AE遭受到1970年以来最大规模的金融危机。世界经济只是在1998—2004年( $\gamma_t$ 优势在两类经济体之间转换的短暂时期)保持相对缓和状态。

2. 危机周期与 $\gamma_t$ 的对应关系也部分解答了两个重要问题:第一,为什么2008年前后和1997年前后都是危机高峰期,但国际贸易只在2007—2009年出现了剧烈衰退?因为AE在维系世界经济与贸易稳定性方面比EDE更加重要,由于两个时期的 $\gamma_t$ 失衡状态不同,EDE遭受失衡冲击只是减缓了贸易量的增长速度,但当AE持续遭受失衡的负面影响时,国际贸易的依赖关系最终出现暂时性混乱。第二,国际贸易与金融危机的影响关系谁先谁后?AE丧失“k出口者”优势始于21世纪初期,并持续至2006年 $\gamma_t$ 失衡时到达高峰,但其经济系统直至2008年才做出反应。20世纪90年代频繁爆发于EDE中的危机应该也有相同性质,只不过AE的经济金融体系比EDE更为稳固,对 $\gamma_t$ 失衡更明显的迟滞反应使这种先后关系更为清晰。这也支持上文中有关三角传递效应(TE)、输入效应(IE)是危机指数曲线(CI)格兰杰原因的检验结果, $\gamma_t$ 的变化明确显示出贸易体系的内在失衡在向系统性金融危机进行传导。

3. 图4中的右图显示,三角传递效应TE与 $\gamma_t$ 不平衡程度也有对应关系。无论 $\gamma_t$ 失衡的受益或受损方是AE还是EDE,TE增长总是伴随着失衡程度增加,失衡向平衡过渡则TE下降。此外,由于三角传递效应TE与输入效应IE之间存在高度负相关性,收益角色差异 $\gamma_t$ 、金融危机周期与IE之间也表现出对应关系。

(二)金融危机受到WTW拓扑结构变化以及重要贸易体收益角色变化的影响

总体来看,金融危机周期与WTW中的三角传递关系有着密切联系。三角传递关系作为一类具有潜在风险的拓扑结构,其风险源于间接贸易所隐含的超额利益或损失。虽然三角传

递关系的增加也可以理解为全球价值链的延伸,产品生产需要在更多国家中进行,从而中间投入品贸易的增加导致传递关系的增加,该拓扑结构在 WTW 中的增长本身无可厚非;但是,如果贸易体之间构建该类拓扑结构时难以平等地分配利益(或损失),那么三角传递效应的增加很可能伴随着贸易体系内在失衡的加剧,并通过削弱贸易收益劣势经济体的经济与金融系统稳定性,向金融危机进行传导。如表 3 所示,1990 年以来的金融危机周期与三角传递效应确实存在密切联系,并与重要贸易体在三角传递关系中的收益不平衡存在对应关系。

表 3 全球贸易格局演变与金融危机

三角传递效应与金融危机的联系			1990—1997 年	1997—2004 年	2004—2009 年
三角传递效应(TE)			上升	下降	上升
系统性金融危机			高涨	缓和	高涨
贸易体类型	观察指标	观测点	1990—1997 年	1997—2004 年	2004—2009 年
发达经济体 (AE)	三角传递关系	收益角色差异 $\gamma_i$	+	/	-
	影响结果	遭受金融危机冲击	小	小	大
新兴和发展中经济体 (EDE)	三角传递关系	收益角色差异 $\gamma_i$	-	/	+
	影响结果	遭受金融危机冲击	大	小	小

注:收益角色差异  $\gamma_i$  项下,“+”代表贸易体在三角传递关系中有收益优势,“-”代表有收益劣势,“/”则表示两类贸易体之间收益差异很小。

表 3 的结论显示,20 世纪 90 年代以来,国际贸易体系一直遭受内在失衡的困扰,虽然其间有过短暂平衡,重要贸易体之间的收益角色差异也发生了根本性变化,但存在于三角传递关系中的收益失衡一直难以消除,并伴随着该高阶结关系效应值持续攀升。虽然贸易国凭借自身优势在贸易网络中获取更大益处是合理市场行为,但频繁的金融危机无疑正在削弱全球贸易体系良性发展的基础。

## 五、结论与建议

本文基于高阶结关系的视角,观察贸易网络演化与金融危机的关系,研究发现:(1)金融危机周期与 WTW 中的三角传递效应有着高度正相关关系,三角传递效应增长不仅预示着金融危机的早期信号,而且也是影响金融危机的重要因素。(2)三角传递效应的变化之所以预示着金融危机风险,是因为它间接反映了国际贸易体系中的内在失衡,并向金融危机进行传导。当贸易收益考虑了间接贸易的利益与损失时,三角传递关系表现为一类具有潜在风险的拓扑结构,其隐含的超额利益或损失极易加剧贸易参与者之间的收益不平衡。(3)20 世纪 90 年代以来的金融危机周期与重要贸易体在三角传递关系中的收益角色变化有着清晰对应关系,并且收益失衡程度的增加总是伴随着三角传递效应的增长,从而表现为不断增强的危机风险信号,并在随后的危机过程中使得具有劣势收益的贸易体遭受更强冲击。

上述结论说明,除了金融体系本身的因素,金融危机的周期性变化也受到 WTW 演化的影响。也就是说,2008—2009 年金融危机可以视为 WTW 中发达经济体(AE)逐渐丧失贸易收益优势的一种间接体现。随着新兴和发展中经济体(EDE)的收益优势从 2000 年后开始增长,WTW 结构变化(即三角传递效应增长)显示出越来越强的危机预警信号,而收益失衡向危机的传导最终使得劣势收益经济体(AE 国家)在 2008 年后遭受剧烈冲击。而从 WTW 演化的角度看,20 世纪 90 年代集中爆发于 EDE 国家(地区)的金融危机也具有相似性质,危机周期均受到 WTW 内在失衡与危机起伏之间对应关系的支配。

本文研究结论的现实意义在于:(1)预示金融危机风险的早期预警信号可能来自多个方

面,除了金融体系本身的异常变化可能预示着危机风险加剧,WTW中多边贸易关系的变化也可能具有相似作用。(2)当今国际贸易体系仍然非常脆弱。WTW中三角传递效应的周期性起伏整体上呈现上升趋势,并伴随着重要贸易体之间收益角色的急剧转换。这种持续性的内在失衡可能削弱国际贸易体系面对金融与经济冲击时的稳定性和自我恢复能力。(3)国际贸易环境存在巨大不确定性。三角传递关系在某种程度上反映了WTW中基于全球价值链所形成的间接贸易,而发达经济体为摆脱21世纪初期以来在三角传递关系中的收益劣势,可能对国际贸易体系施加越来越大的压力。这既包括尝试着改变贸易伙伴与全球产业分工,也不排除其采取“逆全球化”的极端贸易保护主义措施。(4)未来的国际贸易竞争将更加激烈。发达经济体为尽快恢复其经济稳固性,也会尝试增强其在全球价值链上的适应性和优势,进而加强其从直接与间接贸易中获取益处的能力,这会对其他贸易对手(尤其是新兴和发展中经济体)造成更大竞争压力。

不过,WTW作为复杂经济网络仍有许多问题需要解答。例如,为什么从20世纪90年代到21世纪初期的短短20年内,AE和EDE在三角传递关系中的收益角色发生了根本性变化?这种变化是因为EDE的禀赋资源、生产或技术优势超越了AE,还是因为AE主导的全球产业分工、国际投资以及技术转移改变了国际贸易的流向?相应地,如果我们能够从中美这两个EDE和AE贸易大国的案例中找到答案,将有助于深刻理解EDE国家增强贸易收益优势的途径、EDE国家获益的真实程度以及这一角色变化所蕴含的挑战。

#### 主要参考文献:

- [1]Ahn J, Amiti M, Weinstein D E. Trade finance and the great trade collapse[J]. American Economic Review, 2011, 101(3): 298—302.
- [2]Bems R, Johnson R C, Yi K M. Vertical linkages and the collapse of global trade[J]. American Economic Review, 2011, 101(3): 308—312.
- [3]Chu-Shore J. Homogenization and specialization effects of international trade: Are cultural goods exceptional? [J]. World Development, 2010, 38(1): 37—47.
- [4]Chyzh O. Tell me who your friends are: An endogenous model of international trade network formation and effect on domestic rule of law[D]. Iowa: University of Iowa, 2013.
- [5]Erola P, Díaz-Guilera A, Gómez S, et al. Modeling international crisis synchronization in the World Trade Web[J]. Networks and Heterogeneous Media, 2012, 7(3): 385—397.
- [6]Feng X, Hu H, Wang X F. The topology of a local trade web and impacts of the us financial crisis[J]. International Journal of Modern Physics C, 2010, 21(7): 853—866.
- [7]Jackson M O. Social and economic networks[M]. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- [8]Laeven L, Valencia F. Systemic banking crises database[J]. IMF Economic Review, 2013, 61(2): 225—270.
- [9]Maratea A, Petrosino A, Manzo M. Triadic motifs in the partitioned world trade web[J]. Procedia Computer Science, 2016, 98: 479—484.
- [10]Saracco F, Di Clemente R, Gabrielli A, et al. Detecting early signs of the 2007—2008 crisis in the world trade[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 30286.
- [11]Snijders T A B. Markov chain Monte Carlo estimation of exponential random graph models[J]. Journal of Social Structure, 2002, 3(2): 1—40.
- [12]Snijders T A B, Pattison P E, Robins G L, et al. New specifications for exponential random graph models[J]. Sociological Methodology, 2006, 36(1): 99—153.

- [13] Squartini T, Garlaschelli D. Triadic motifs and dyadic self-organization in the world trade network[A]. Kuipers F A, Heegaard P E. Self-organizing systems[C]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012.
- [14] Ward M D, Ahlquist J S, Rozenas A. Gravity's rainbow: A dynamic latent space model for the world trade network[J]. Network Science, 2013, 1(1): 95–118.

## Higher-order Ties, Trade Web Evolution, and Financial Crisis

Wei Yanjie, Zhong Juan, Xing Xiaobing

*(School of International Trade and Economics, Anhui University  
of Finance and Economics, Bengbu 233030, China)*

**Abstract:** Was the sharp decline in international trade between 2008 and 2009 the result of the financial crisis, or was the trade system inherently unbalanced before the crisis? The answer to this question helps us to comprehensively understand the causes of the financial crisis, and warning signals of the financial crisis hidden in the trading system. By using the methods like trade network analysis, this paper detects the early warning role of trade web evolution in the financial crisis and the causes resulting in the early warning role, thereby revealing the deep relationship between trade web evolution and the financial crisis. It comes to the following results: firstly, changes in trade network structure actually foreshadow early signals of the financial crisis, and these changes are also an important factor affecting the crisis; secondly, the warning role of trade web evolution in the financial crisis is related with the unbalanced trade gains, and continuous accumulation of imbalance risk eventually leads to the financial crisis; thirdly, the financial crisis cycle has corresponding relationship with the trade imbalance between important trade bodies, and the trade bodies with the gain disadvantages are more vulnerable to the financial crisis. The results show the changes in the trade network structure can become the new tool for early warning of the financial crisis. At the same time, regulators can predict international trade development trend and optimize trade policy preferably by exploring the trade imbalance reflected in the changes in the trade network structure.

**Key words:** higher-order tie; world trade web; financial crisis early warning; trade imbalance

(责任编辑 景行)