

## 金融危机传染实证分析研究

江洁 陈杰 何海鹰 冯黎黎<sup>1</sup>

**摘要：**本文在梳理了金融危机传染的定义，分析了金融危机传染的机理，介绍了 Copula 函数的金融危机传染检验方法的基础上，主要运用多种静态 Copula 和动态 Copula 函数对金融危机传染进行了分析。主要结论包括三个方面：一是金融危机时期，中国股市下跌与美国股市下跌一定程度上存在联动，但中国股市的波动也有一定独立性；二是全球金融危机后，国内股市和债市呈现显著负相关性；三是从国内金融机构看，不论是否处于危机期间，国有商业银行之间、国有商业银行与中小型银行之间的风险传染并不明显，中小型银行之间风险传染较强，但不是由金融危机引起的，而是由其他因素导致。

**Abstract:**Based on the definition, mechanism, and testing models of financial contagion, the paper uses static Copula and dynamic Copula functions to analyse the influences of financial contagion. The main conclusions can be summarized as follows. First, during the financial crisis, to some extent China stock market declined along with the US stock market, while no statistically significant evidences confirm the correlation of this co-movement, and the volatility of China stock market exhibits some independence. Second, there is a strong negative correlation between domestic stock market and the bond market in the post global financial crisis. Third, in terms of domestic financial institutions, whether or not during the crisis, there isn't significant risk contagion among the state-owned commercial banks or between the state-owned commercial banks and small and medium-sized commercial banks. However, the risk contagion between small and medium-sized commercial banks is relatively strong due to the other factors rather than the financial crisis.

**关键词：**金融危机 Copula 函数 风险传染

**声明：**中国人民银行工作论文发表人民银行系统工作人员的研究成果，以利于开展学术交流与研讨。论文内容仅代表作者个人学术观点，不代表人民银行。如需引用，请注明来源为《中国人民银行工作论文》。

**Disclaimer:** The Working Paper Series of the People's Bank of China (PBC) publishes research reports written by staff members of the PBC, in order to facilitate scholarly exchanges. The views of these reports are those of the authors and do not represent the PBC. For any quotations from these reports, please state that the source is PBC working paper series.

<sup>1</sup> 江洁，经济学硕士，任职于中国人民银行重庆营业管理部；陈杰，理学博士，任职于中国人民银行重庆营业管理部，email:2712615215@qq.com；何海鹰，经济学博士，任职于中国人民银行重庆营业管理部，email:446858837@qq.com；冯黎黎，工商管理硕士，任职于中国人民银行重庆营业管理部。本文为作者个人观点，不代表人民银行，文责自负。

金融危机传染通常表现为，金融危机时期和危机后金融市场之间的相关性显著增强。金融危机传染主要包括对外贸易与资本流动两种渠道，并最终表现为汇率、利率、资产价格等金融市场要素的联动变化。当前，在全球经济放缓、风险溢出效应持续增强的大背景下，研究金融市场之间的联动关系，探索危机传染是否存在及其传染特征，对于实施金融监管和宏观审慎管理具有重要意义。

本文在梳理了金融危机传染的定义，分析了金融危机传染的机理，介绍了 Copula 函数的金融危机传染检验方法的基础上，主要运用多种静态 Copula 和动态 Copula 函数对金融危机传染进行了分析。主要结论包括三个方面：一是金融危机时期，中国股市下跌与美国股市下跌一定程度上存在联动，但中国股市的波动也有一定独立性；二是全球金融危机后，国内股市和债市呈现显著负相关性，表明股市下跌引起了投资者的担忧，出于资金避险需求，更多的投资者从股市转入债市；三是从国内金融机构看，不论是否处于危机期间，国有商业银行之间、国有商业银行与中小型银行之间的风险传染并不明显，中小型银行之间风险传染较强，但不是由金融危机引起的，而是由其他因素导致。

## 一、金融危机传染的定义和机理

### （一）金融危机传染的定义

金融危机传染通常表现为新兴经济体发生金融危机，并将风险传播至其他国家。美国次贷危机后，学界对金融危机传染有了更深入的认识，即金融体系更为发达的经济体也可能成为金融危机爆发源头，并将风险向其他国家传播，最终形成全球性的金融危机。当前，学界对金融危机的产生已达成基本共识，但对于界定金融危机传染仍存在争论，多数研究主要从以下三个维度定义金融危机传染。

一是基于概率维度定义金融危机传染。Gerlach 和 Smets（1995）研究了 1992 年欧洲汇率危机，认为金融危机传染表现为，当一国货币受到攻击时，其他国家货币受到投机性攻击的概率增加<sup>1</sup>。从这个定义出发，可以研究当其他国家受到货币或汇率攻击时，本国受到类似攻击的可能性。但是，这个定义很难解释由非理性投资行为和金融联系造成的传染。

二是基于溢出效应定义金融危机传染。基于国家之间存在经济联系，危机起源国对被传染国形成的危机溢出效应（Pritsker，2003）<sup>2</sup>。

三是基于资产价格的联动变化定义金融危机传染。Kaminsky 和 Reinhart（2000）<sup>3</sup>认为，金融危机传染与国家间的基本面联系无关，而可以根据行为金融学理论将其定义为投资者行为导致危机国际间传播，具体表现为资产价格的联动变化。Forbes 和 Rigobon（2002）将传染定义为当一国受到冲击后，他国与该国产资产价格或者资产交易规模之间的相关性显著上升<sup>4</sup>。Costinot 等（2000）将传染定义为不同国家金融市场间极端收益或者损失的联动性增加，而非平均意义上

<sup>1</sup>Gerlach S,Smets F,Contagious speculative attacks[J]. European Journal of Political Economy, 1995.

<sup>2</sup>Pritsker M,The Channels for Financial Contagion[J]. International Journal of Finance and Economics.

<sup>3</sup>Kaminsky G L,Reinhart C M,2000, On crises,contagion,and confusion[J]. Journal of International Economics.

<sup>4</sup>Forbes K J, Rigobon R, No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements [J]. Journal of Finance,2002.

的市场联动性增强<sup>5</sup>。

本文将金融危机传染定义为，金融危机时期和危机后，金融市场相关性显著增强的现象，最终表现为汇率、利率、资产价格以及交易规模等金融市场要素的联动变化。对此，本文主要以资产价格联动变动作为研究对象。

## （二）金融危机传染机理

### 1. 基于宏观经济基本面的金融危机传染机理

基于宏观经济基本面的金融危机传染机理研究，主要从国家或者地区之间的经济关联度展开研究，主要包括对外贸易与金融市场两种传染渠道。这类研究表明，地域之间的经济联系是发生金融危机传染的重要前提。

（1）对外贸易渠道。对外贸易渠道传染可分为两种类型，一是贸易伙伴型传染，二是竞争对手型传染。其中，贸易伙伴型传染指存在贸易业务往来的国家或地区间的传染；竞争对手型传染指，虽然没有直接贸易关系，但在国际贸易网络中有着竞争或处于相似地位的国家或地区间的传染。

（2）资本流动渠道。包括金融危机通过共同债权人传染、跨市场套期保值传染、资本抽逃进行传染等。1992年欧洲货币危机、1994年墨西哥金融危机、1997年泰国货币危机，均是通过资本流动渠道在同一地区或类似的国家或地区间进行金融危机传染。

### 2. 基于投资者行为的金融危机传染机理

（1）第一种是基于风险规避的传染。当市场信息不对称时，投资者为规避市场风险而调整资产组合的行为，将显著影响资产价格，使得风险较高地区或国家的资产价格下滑，造成金融危机传染。

（2）第二种是基于羊群效应的传染。分为理性和非理性羊群效应传染。理性羊群效应指，投资决策人获取信息困难、对投资决策人的激励因素以及支付外部性等因素存在，使羊群行为成为投资决策人的最优策略。当市场出现有利于某一投资组合的消息时，投资者会做出相同的资产调整行为，形成资产集聚，在市场下跌时加大风险传染的可能性。非理性羊群效应指，当部分投资者卖出投资组合时，引起其他不知情的投资者误判市场信息，纷纷出售同样的资产组合，导致资产价格大幅下跌，最终形成金融危机的传染。

（3）第三种是基于理性预期的传染。由于投资者存在理性预期，投资者重新调整资产组合，从而引发金融危机传染。

（4）第四种是共同冲击导致危机传染。一系列重大事件对一国经济形成共同冲击，由此造成金融危机传染。如，雷曼兄弟倒闭、美国经济衰退等一系列重大事件引发美国次贷危机，并在全球范围内传染。

---

<sup>5</sup>Costinot A, Roncalli T, Teiletche J, 2000, Revisiting the dependence between financial markets with Copulas[J]. SSRN 1032535.

## 二、Copula 函数的金融危机传染检验方法

### (一) Copula 函数

Copula 函数是连接联合分布函数与其各自边缘分布的函数，也被称为连接函数。若二维联合分布  $F$  具有连续的边缘分布  $F_X$ 、 $F_Y$ ，则存在唯一的连接函数  $C$  使得以下公式成立：

$$F(x, y) = C(F_X(x), F_Y(y)) \quad (1)$$

对 (1) 式的拟合可以分为两步。首先是对边缘分布函数  $F_X$  和  $F_Y$  进行拟合，其次是选择合适的 Copula 函数进行拟合。对边缘分布函数的拟合有多种方法，如 GARCH 模型，ARCH 模型等。由于  $F_X$  和  $F_Y$  为  $[0,1]$  上的均匀分布，且服从独立同分布。因此需要先剔除各市场的异方差，以满足独立同分布的要求。本文采用随机波动 (SV) 模型剔除各市场的异方差。这种结合 Copula 和 SV 两种方法对相依 (Dependence) 关系建模的方法称为 Copula-SV。

其中，随机波动模型如下所示：

$$\begin{aligned} r_t &= \sigma_t \varepsilon_t \\ \ln \sigma_t^2 &= \alpha + \beta \ln \sigma_{t-1}^2 + \eta_t \\ \varepsilon_t &\sim N(0,1), \eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2) \end{aligned} \quad (2)$$

其中， $r_t$  为第  $t$  个交易日的对数收益率， $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\sigma_\eta$  为待估参数。

### (二) 静态 Copula 函数及其拟合优度检验

Copula 函数只能刻画两组变量的相依性，而无法对其影响方向进行判断。但现实中，金融危机的发展却是具有方向性的，风险只能从金融危机爆发地向其他地方传染。尽管之后传染方与被传染方存在相互影响的问题，但这并不在本文的讨论范围内。

Copula 函数有很多种类，如 Gaussian-Copula、T-Copula、Gumbel-Copula、Clayton-Copula、SJC-Copula 等，不同的 Copula 函数可以刻画不同的相依关系。其中 Gaussian-Copula 和 T-Copula 刻画的相依性是对称的，这意味着在金融市场有相等的机会享受正面和负面影响，但 T-Copula 尾部比 Gaussian-Copula 更厚一些，由于金融风险具有厚尾性，因此在刻画金融风险时 T-Copula 优于 Gaussian-Copula。Gumbel-Copula 仅刻画上尾相依性。Clayton-Copula 仅刻画下尾相依性，因此在金融领域常常用来刻画金融资产下跌的下尾风险。SJC-Copula 能同时刻画非对称的上下尾相依结构，可用于刻画金融资产上涨和下跌的上下尾相依性。由于金融市场共同发生危机的可能性比共同繁荣的可能性更大，再加上本文研究的金融危机传染性主要刻画下尾相关性，因此本文尝试用 T-Copula、SJC-Copula 和 Clayton-Copula 三种静态 Copula 函数对真实市场的数据进行拟合。

T-Copula 的分布函数如下：

$$C_t(u_1, u_2; \rho, \nu) = \int_{-\infty}^{T_\nu^{-1}(u_1)} \int_{-\infty}^{T_\nu^{-1}(u_2)} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \left(1 + \frac{s^2 - 2\rho st + t^2}{\nu(1-\rho^2)}\right)^{-\frac{(\nu+2)}{2}} ds dt \quad (3)$$

公式 (3) 中  $\rho$  为相关系数参数,  $-1 \leq \rho \leq 1$ ,  $\nu$  为自由度参数,  $T_\nu^{-1}(\bullet)$  表示自由度为  $\nu$  的  $t$  分布函数的反函数,  $u_1$  和  $u_2$  分别为两个市场标准化残差  $\varepsilon_t$  的分布函数。SJC-Copula 的分布函数如下:

$$C_{SJC}(u_1, u_2; \tau^U, \tau^L) = 0.5[C_{JC}(u_1, u_2; \tau^U, \tau^L) + C_{JC}(1-u_1, 1-u_2; \tau^U, \tau^L) + u_1 + u_2 - 1] \quad (4)$$

其中,  $C_{JC}(\bullet)$  表示上下尾的尾部相依系数分别为  $\tau^U$  和  $\tau^L$  的 Joe-Clayton-Copula 函数, 其分布函数如下:

$$C_{JC}(u_1, u_2; \tau^U, \tau^L) = 1 - \left\{ 1 - 1 / \left[ \frac{1}{(1 - (1 - u_1)^k)^\gamma} + \frac{1}{(1 - (1 - u_2)^k)^\gamma} \right] \right\}^{1/k} \quad (5)$$

其中,  $k=1/\log_2(2-\tau^U)$ ,  $\gamma=-1/\log_2\tau^L$ ,  $\tau^U$  和  $\tau^L$  的取值范围均为(0,1)。

Clayton-Copula 的分布函数如下:

$$C_c(u_1, u_2; \theta) = (u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{-1/\theta}, \theta \in (0, \infty) \quad (6)$$

对分布函数 (6) 进行拓展, 使其包含负参数, 拓展分布为:

$$C_C(u_1, u_2; \theta) = \max[(u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{-1/\theta}, 0], \theta \in [-1, \infty) \setminus 0 \quad (7)$$

相比 Clayton-Copula 函数, 拓展 Clayton-Copula 能够捕捉到负的相关性, 在实际应用中能够较好地拟合下尾数据。

对静态 Copula 函数, 本文运用卡方 ( $\chi^2$ ) 检验分析不同 Copula 函数在统计意义上的拟合优度。卡方检验将区域  $[0, 1] \times [0, 1]$  分成  $m \times m$  个等面积区域, 比较 Copula 函数估算结果落在各区域的数据个数 (期望值) 与同一区域的实际观测值个数 (实际值) 的差异。设  $A_{ij}$  和  $B_{ij}$  ( $i, j = 1, \dots, m$ ) 分别为区域  $ij$  中的实际观测数据个数与 Copula 函数估算结果落在该区域中的个数, 在原假设  $A_{ij} = B_{ij}$  下, 构造如下统计量:

$$chi = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{(A_{ij} - B_{ij})^2}{B_{ij}} \quad (8)$$

统计量  $chi$  服从如下分布:

$$chi \sim \chi^2((m-1)^2 - p - (q-1)) \quad (9)$$

其中,  $p$  表示模型中的参数个数,  $q$  表示合并的区域个数。

### (三) 动态 Copula 函数及其显著性检验

为更好反映市场间关系的变化特征, 本文进一步建立动态 Copula 函数研究

市场之间关系的变化特征。本文采用 Clayton-Copula 和 SJC-Copula 建立时变 Copula 函数。时变 Clayton-Copula 秩的相依关系的演化方程由下式定义：

$$\tau_t = \Lambda \left( \eta_1 + \eta_2 \tau_{t-1} + \eta_3 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |u_{1,t-i} - u_{2,t-i}| \right) \quad (10)$$

SJC-Copula 根据条件尾部相关系数的时变性来定义函数中的参数时变性，从而得到每一个时点上与给定的条件上尾（下尾）相关系数相对应的 Copula 函数的相关参数值。设  $t$  时两个随机变量的边际密度函数分别为  $f_1$  与  $f_2$ ，对应累积分布函数为  $F_1$  与  $F_2$ ，分布函数参数为  $\theta_1$  与  $\theta_2$ （如参数动态时变，可写成  $\theta_{1t}$  与  $\theta_{2t}$ ），SJC-Copula 的时变参数为  $\theta_{ct} = \{k_t, \gamma_t\}$ ，则其联合运动规律可以表示为：

$$f(x_t, y_t; \theta_1, \theta_2, \theta_{ct}) = f_1(x_t; \theta_1) \cdot f_2(y_t; \theta_2) \cdot c(F_1(x_t; \theta_1), F_2(y_t; \theta_2); \theta_{ct}) \quad (11)$$

其中，对 Copula 参数进行最大似然估计表示为：

$$\hat{\theta}_{ct} = \arg \max \sum_{t=1}^T \log c(F_1(x_t; \hat{\theta}_1), F_2(y_t; \hat{\theta}_2); \theta_{ct}) \quad (12)$$

在进行估计时，需在  $T$  组样本的基础上估计  $2T$  个参数，这是不可行的。Patton (2006) 提出在假设上下尾相依系数运行规律的基础上进行 Copula 函数的时变参数估计，即

$$\tau_t^U = \Lambda(\eta_1^U + \eta_2^U \tau_{t-1}^U + \eta_3^U \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|u_{1,t-i} - u_{2,t-i}|) \quad (13)$$

$$\tau_t^L = \Lambda(\eta_1^L + \eta_2^L \tau_{t-1}^L + \eta_3^L \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|u_{1,t-i} - u_{2,t-i}|) \quad (14)$$

上式中的  $\Lambda(\bullet)$  均表示 *logistic* 转换函数，即  $\Lambda(x) = 1/(1+e^{-x})$ ，进行这一变换的目的是保证  $\tau$  的取值范围为  $(0, 1)$ 。

对动态 Copula 函数，针对其下尾相关性进行显著性检验，建立回归模型：

$$d_t = \lambda_0 + \lambda_1 d_{t-1} + \lambda_2 I_t(\text{crisis}) + \varepsilon_t \quad (15)$$

其中， $d_t$  表示动态的下尾相关系数  $\tau_t$ ， $I_t$  表示是否为“危机期”的指示变量，“危机期”时  $I_t = 1$ ，否则  $I_t = 0$ ，模型中加入因变量  $d_t$  的滞后项是为了排除自身趋势可能存在的影响因素。模型结果主要在于观察  $\lambda_2$  是否显著，若显著则表明金融危机在风险跨市场传染的过程中起到显著影响。

### 三、金融危机传染实证检验

#### (一) 中美股市间风险传染实证检验

##### 1. 数据选取和预处理

在分析金融危机期间中美股市风险传染效应方面，本文选择标准普尔 500 指数 (S&P500) 和上证综合指数 (SSEC) 两个指数在 2006 年 1 月 3 日至 2019 年 2 月 27 日期间的日收盘指数作为变量。为使两个市场数据严格对应，本文对样

本数据进行如下处理：一是按照日期对两个市场的价格进行一一匹配，若其中一个市场因节假日等原因休市，则认为该市场在该交易日价格无变化，仍保持上一个交易日的收盘价。二是考虑时差因素，将美国市场每个交易日的数据和中国市场下一个交易日进行匹配。

### 2. 基于随机波动模型的时序处理

在对比中美股市收益率及其波动率之前，需剔除两个市场的个体因素对时序数据的影响，增强数据可比性，避免对时序数列形成误判。图 1 左边两个图为标普 500 指数与上证综合指数日收益率变化情况。可见中美股市收益率在 2008 年附近均出现了剧烈波动。图 1 右边两个图为标普 500 指数与上证综合指数条件方差变化情况（条件方差来源于 SV 模型结果）。可见在剔除异方差后，中美股市在 2008 年波动幅度仍然远高于 2008 年以前，且美国股市的波动远高于中国股市。综上所述，次贷危机前后，美国股市经历了巨大的波动，期间中国股市的波动也明显增强，表明美国股票市场波动一定程度上对中国股市产生了影响。

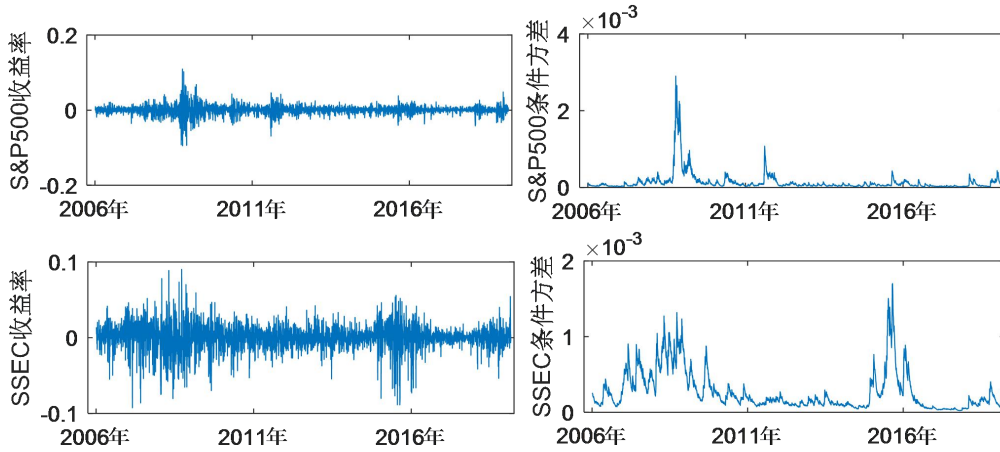


图 1 标普 500 与上证指数的收益率及其波动率对比

### 3. 静态 Copula 函数检验

剔除各市场的异方差影响之后，得到中美股市的标准收益序列。接下来，本文采用不同类型的静态 Copula 函数分析中美股市间的内在联系，从而进一步分析由次贷危机引起的美国金融危机的传染效应，拟合结果如表 1 所示。

表 1 三种静态 Copula 函数参数拟合结果

Copula 函数	$\nu / - / \tau^U$	$\rho / \theta / \tau^L$	对数似然函数	AIC	BIC
$t$	26.2574** (2.7108)	26.2574** (2.7108)	49.3878	-96.7755	-90.6399
Clayton		0.2094** (0.0222)	54.9665	-107.9329	-101.7973
SJC	0.0007 (0.0024)	0.0824** (0.0204)	56.7485	-109.4970	-97.2257

注：括号中为标准差；\*和\*\*分别表示在 5%和 1%的显著性水平下显著。 $\nu$  和  $\rho$  为 T-Copula

函数的参数，为 Clayton-Copula 函数的参数， $\tau^U$  与  $\tau^L$  为 SJC-Copula 函数的参数。

表 1 结果显示，从参数估计结果看，除 SJC-Copula 上尾相关系数参数不显著外，其余系数在 1% 的显著性水平下都显著；从似然函数结果看，SJC-Copula 的对数似然值最大，模型相对最优；从 AIC 准则看，SJC-Copula 的值最小，模型相对最优；从 BIC 信息准则看，Clayton-Copula 值最小，模型相对最优。综上，SJC-Copula 相对最优，Clayton-Copula 次之，T-Copula 模拟效果较差。

通过参数拟合可以得出以下结论。一是 SJC-Copula 函数下尾相关系数较大且显著，上尾相关系数较小且不显著，说明美国市场的下跌在很大概率上会引起中国市场的下跌，而美国市场的上涨并没有对中国市场造成明显的拉动作用。二是 Clayton-Copula 函数只能度量下尾相关性，参数显著反映了模型具有较好的拟合效果，同样说明美国股市下跌一定程度上引起中国股市下跌。三是上述两个函数均显示中国股市和美国股市具有非对称的尾部相关关系，而 T-Copula 函数只能度量对称的尾部相关关系，且模型的拟合效果较差。

下面，我们对上述三种 Copula 函数进行更为严格的统计检验，用卡方检验验证其拟合优度，结果见表 2。根据卡方检验原理，本文将检验区域分为  $m \times m$  个面积相等的区域检验。其中， $m$  取值分别为 5、6、7、8、9、10。

表 2 三种静态 Copula 模型的拟合优度检验结果

Copula 函数	$m=5$	$m=6$	$m=7$	$m=8$	$m=9$	$m=10$
T	2560 [0.0000]	2567 [0.0000]	2575 [0.0000]	2582 [0.0000]	2583 [0.0000]	2597 [0.0000]
Clayton	20.3074 [0.2067]	31.8140 [0.1635]	36.7591 [0.4335]	42.6001 [0.7287]	59.3334 [0.6419]	76.8550 [0.6098]
SJC	20.4970 [0.1537]	32.4236 [0.1168]	36.5932 [0.3947]	43.0479 [0.6755]	60.5533 [0.5640]	76.2261 [0.5988]

注：表中第一行数据为  $\chi^2$  统计量，方括号中的第二行数据为该统计量对应的  $p$  值。

从表 2 可以看出，T-Copula 函数在所有情况下都拒绝了原假设，即 T-Copula 函数的拟合效果较差。Clayton-Copula 函数与 SJC-Copula 函数在 5% 的显著性水平下都接受了原假设，说明 Clayton-Copula 函数与 SJC-Copula 函数都取得了极好的拟合效果，能较好地反应现实情况。下面，本文画出拟合效果较好的 SJC-Copula 函数的相依结构三维图形以及其对角线  $u_1=u_2$  上的概率密度图，如图 2 所示。



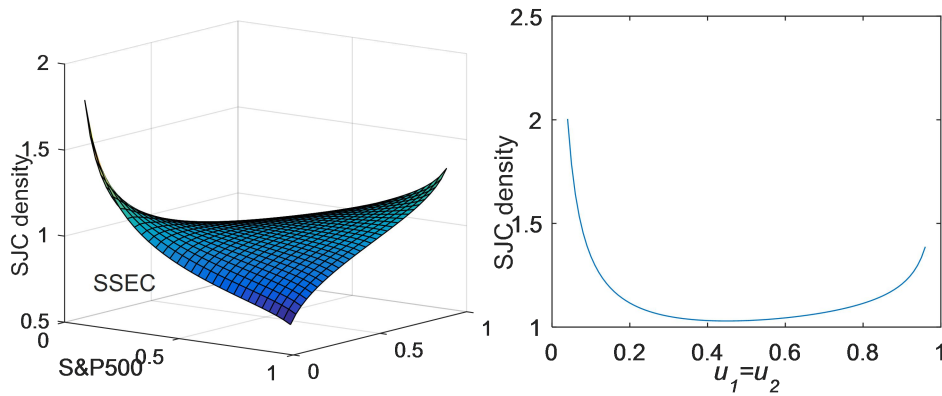


图 2 SJC-Copula 密度函数及其对角线  $u_1=u_2$  上的概率密度图

从图 2 可以看出，下尾和上尾都出现了不同程度的“上翘”，即中美股市间具有明显的尾部相关性，且呈现出显著的非对称性，即下尾的相关性比上尾的相关性强得多，同样表明美国股市的下跌对中国股市影响较大，而其上涨对中国市场影响较小。

综上所述，静态 Copula 函数检验显示，美国股市下跌会引起中国股市的下跌，而美国股市的上涨却没有带动中国股市上涨。

#### 4. 动态 Copula 函数检验

由于静态 Copula 函数无法反映出中美股市间关系的动态变化特征，本文建立时变 Clayton-Copula 和时变 SJC-Copula 函数模型研究中美股市间的时变关系，拟合结果见表 3。

表 3 时变 Copula 模型的参数估计结果

Copula 函数	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	对数似然函数	AIC	BIC
Clayton	-0.8301 (2.766)	8.1623 (9.523)	7.3646* (4.448)	25.248	-44.496	-28.446
SJC 上尾	3.3924 (1.465)	9.9988 (7.571)	9.9553** (4.051)	29.262	-46.524	-14.425
SJC 下尾	-0.9002 (0.095)	9.9997 (7.372)	7.3465** (3.026)			

注：小括号中为对应参数的标准误；\*和\*\*分别表示在 5%和 1%的显著性水平下显著。

从表 3 可以看出，时变 SJC-Copula 的拟合效果总体上优于时变 Clayton-Copula，这是因为 Clayton-Copula 只能度量下尾相关性，而 SJC-Copula 可以分别拟合两个尾部的相关性。但由于上尾相关性并不明显，因此两种拟合方式的效果相似。下图展示了采用时变 SJC-Copula 拟合的中美股市间下尾相关性的变化特征。

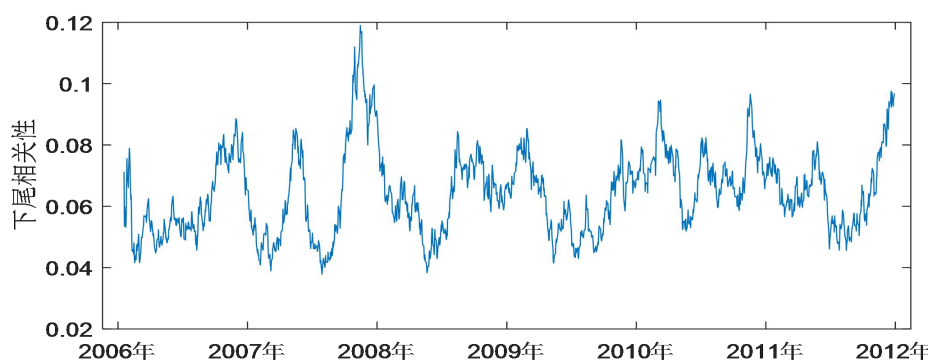


图3 中美股市间时变 SJC-Copula 拟合的下尾相关系数

从图3可以看出，中美股市间下尾相关性在2008年达到峰值后，逐渐回落，处于波动状态。从时间上来看，这种影响的时间为2007年末至2008年初，持续时间较为短暂。因此，本文选择雷曼兄弟宣布破产的时间，即2008年9月15日作为划分危机期与非危机期的分界点，将2007年1月4日至2008年9月12日作为危机前时间段，2008年9月15日之后作为危机后时间段，建立时变Copula的自相关模型（公式（15）），以判断美国股市对中国股市的风险传染在统计上是否显著，结果见表4。

表4 风险传染的显著性检验

Copula 函数	$\lambda_0$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
Clayton	0.0021** (0.0005)	0.9759** (0.0057)	0.0001 (0.0002)
SJC (下尾)	0.0014** (0.0004)	0.9781** (0.0055)	0.0001 (0.0002)

注：小括号中为标准差；\*\*表示在1%的显著性水平下显著。

从表4可以看出，时变Clayton-Copula和时变SJC-Copula两个函数估计出的动态下尾相关系数在危机期均有所增加（ $\lambda_2$ 为正数），但在统计上均不显著。

## （二）国内股市与债市间传染检验

本文选择上证综合指数和交易所国债指数2007年1月4日至2010年12月31日的日收盘指数作为变量，运用T-Copula函数分析中国股市和债市间收益率的相关性变化情况，结果如图4所示。2008年以前，中国股市和债市的收益率大部分时间内表现为正相关，但这种相关性在2008年下半年显著下降，两个市场的收益率相关性开始表现为负，说明股市下跌引起了投资者的担忧，出于资金避险需求，更多的投资者从股市转入债市。

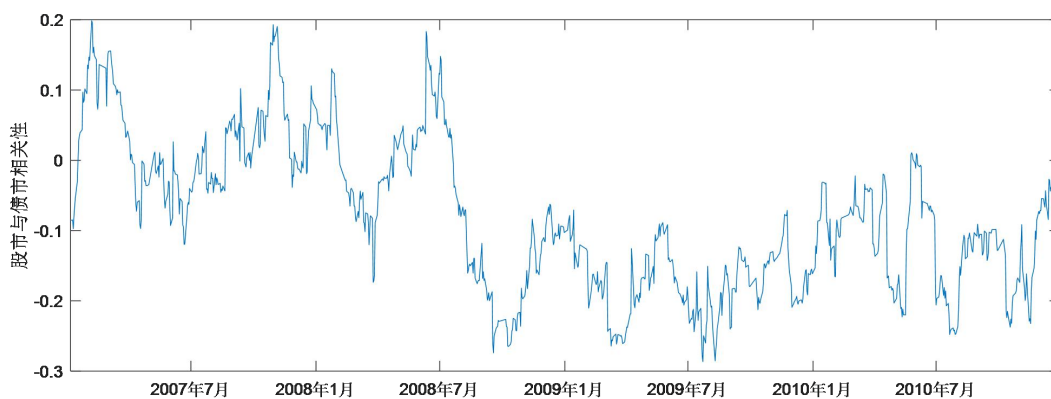


图 4 股市与债市动态相关性（2007-2010 年）

### （三）中国银行业金融机构间风险传染实证检验

为检验中国银行业金融机构间的风险传染,本文选取 2007 年 1 月 4 日至 2019 年 3 月 15 日期间的 4 家上市银行股票收盘价为分析对象, 选取 2 家国有商业银行（代表大型商业银行），表示为国有商业银行 1 和国有商业银行 2；2 家股份制商业银行（代表中小型商业银行），表示为股份制商业银行 1 和股份制商业银行 2。数据的预处理以及随机波动模型的时序处理与中美股市风险传染部分相同。

下面用动态 SJC-Copula 函数对银行业金融机构间的风险传染进行检验。将不同类型的银行分成三组检验风险传染,即国有商业银行之间、国有商业银行与股份制商业银行之间、股份制商业银行之间。三组银行之间动态下尾相关系数的变化图如下所示。

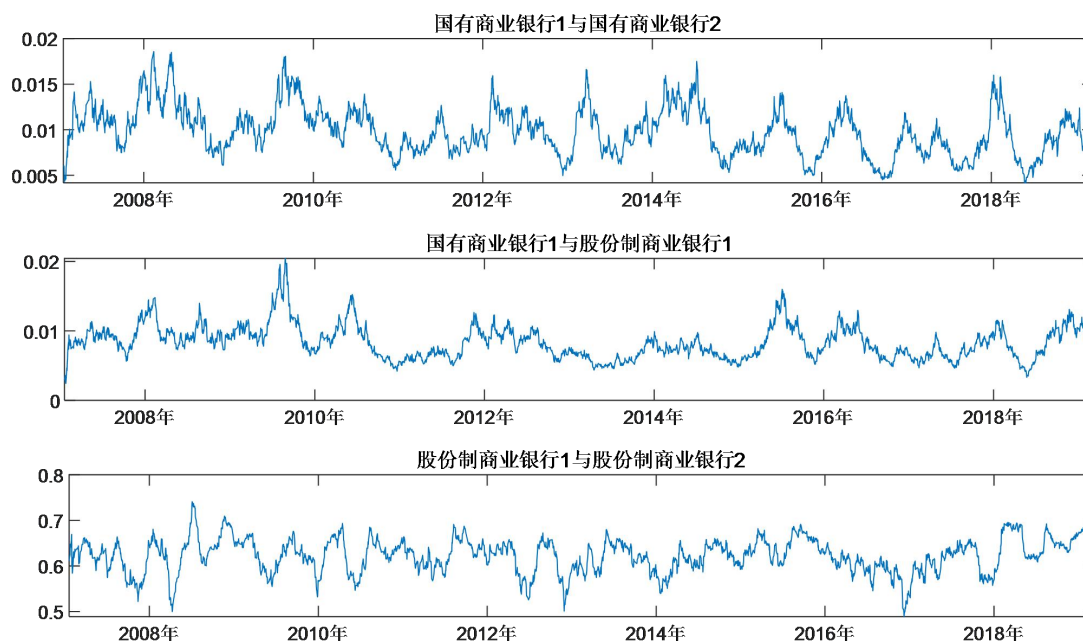


图 5 三组银行间动态 SJC-Copula 拟合的下尾相关系数

从图 5 可以看出, 前两组风险传染关系极为相似, 相关系数都围绕 0.01 波动, 且在同一时刻波动变化的方向大致相同, 但第三组表现出了与前两组不一样的特征, 下尾相关性极强, 在 0.6 附近波动。上述结果说明国有商业银行之间、

国有商业银行与股份制商业银行之间的风险传染并不明显，但股份制商业银行之间的风险传染较强，说明股份制商业银行间风险容易相互影响。

表 5 银行间风险传染显著性检验

分组	$\lambda_0$	$\lambda_1$	$\lambda_2$
国有商业银行之间	0.0003** (0.0001)	0.9777** (0.0038)	$-6.5706 \times 10^{-5}$ ** ( $2.8688 \times 10^{-5}$ )
国有商业银行与股份制商业银行之间	0.0002** (0.0000)	0.9813** (0.0034)	$-4.3771 \times 10^{-5}$ * ( $2.3754 \times 10^{-5}$ )
股份制商业银行之间	0.0115** (0.0022)	0.9815** (0.0035)	$4.8240 \times 10^{-5}$ ( $3.8518 \times 10^{-4}$ )

注：小括号中为标准差；\*\*表示在 1% 的显著性水平下显著。

选择 2008 年 9 月 15 日作为划分危机期与非危机期的分界点，建立时变 Copula 的自相关模型，以判断美国金融危机前后中国银行间风险传染在统计上是否显著，结果见表 5。可以看出，国有商业银行间、国有商业银行与股份制商业银行间系数  $\lambda_2$  显著不等于 0，且回归系数均为负，表明金融危机后，国有商业银行之间以及国有商业银行与股份制商业银行之间的风险传染不但没有增强，反而有所降低。股份制商业银行之间的下尾相关性在金融危机前后均在 0.6 附近波动，但股份制商业银行之间的系数  $\lambda_2$  不显著差异，说明股份制商业银行间的风险传染不是由金融危机引起的，而是由其他因素导致。因此，金融危机后，中国银行间风险传染的相关性并未显著提升，表明美国金融危机对中国银行间风险传染影响有限。

## 四、结论与建议

### （一）结论

本文从资产价格联动变化的角度，根据多种静态 Copula 和动态 Copula 函数检验方法的实证分析结果，得出如下几个结论：

一是从美国股市对中国股市的风险传染看，静态 Copula 函数检验显示，中国股市下跌与美国股市下跌一定程度上存在联动，但这种联动效应在时变 Copula 函数统计检验上并不显著，表明中国股市波动也有一定独立性。

二是从国内股市与债市传染看，中国股市和债市之间收益率的相关性在金融危机后表现为显著的负相关，说明股市下跌引起了投资者的担忧，出于资金避险需求，更多的投资者从股市转入债市。

三是从中国银行机构之间的风险传染看，不管是否处于危机时期，国有商业银行之间、国有商业银行与中小型银行之间的风险传染并不明显，中小型银行之间的下尾相关系数较高，风险传染较强，但不是由金融危机引起的，而是由其他因素导致。

### （二）政策建议

一是加强外部风险监测和预警。建立外部风险跟踪监测机制，定期发布风险

预警，制定风险应急措施，减缓外部风险对国内市场的影响。

二是坚持对国有商业银行实施严格监管。作为系统重要性金融机构，大型银行在危机期间所受影响有限，是银行业不发生系统性风险的基础。应坚持对国有商业银行实施严格监管，确保能够抵御重大内外部风险的冲击。

三是加强对股份制商业银行等中小型银行的监管和监测。中小型银行间的风险传染性较强，且中小型银行数量较多，因此要加强对中小型银行间业务往来的监管和监测，建立中小型银行的风险监测和分析框架，及时进行风险预警。同时，应制定中小型银行救助机制的预案，及时减缓风险在机构间的传染。

四是引导国内各金融市场的健康发展。完善各金融市场发展机制，丰富市场参与主体，引导市场主体提高风险管理能力，增强各市场抵抗风险能力，避免外部风险对自身造成过大的冲击。此外，在制定股票市场、债券市场等资本市场的监管政策时，需充分考量市场间的关联影响，对跨市场、跨行业的金融行为进行穿透式监管，防范风险跨市场传染。

### **（三）本文的不足及未来研究方向**

一方面，本文使用 3 种静态 Copula 函数和 2 种动态 Copula 分析金融市场和金融机构间的风险传染，或许存在更优化的 Copula 函数，可更精准地刻画其相依关系，有待进一步研究。

另一方面，本文研究并检验了美国股市与中国股市，中国股市与中国债市，以及中国大中小银行间的风险传染性，但对风险传染机制和传染路径研究还比较薄弱，将在后续研究中不断深入。

## 参考文献

- [1] 曹洁, 基于时变 SJC-Copula 对商品期货市场间风险传染的探究, 数学的实践与认识, 2017 年第 7 期。
- [2] 陈王, 分形市场下金融传染的定量测度及应用研究, 西南交通大学, 2015 年。
- [3] 范恒森、李连三, 论金融危机传染路径及对中国的启示, 财经研究, 2001 年 11 期。
- [4] 龚朴、黄荣兵, 次贷危机对中国股市影响的实证分析——基于中美股市的联动性分析, 管理评论, 2009 年 2 期。
- [5] 郭立甫、高铁梅、姚坚, 基于 Copula 函数和极值理论的金融传染度量——测度美国次贷危机对重要经济体的传染效应, 数学的实践与认识, 2013 年 3 期。
- [6] 韩超, 高维动态藤 Copula 结构在金融风险研究中的应用, 重庆大学, 2017 年。
- [7] 黄在鑫、覃正, 中美主要金融市场相关结构及风险传导路径研究——基于 Copula 理论与方法, 国际金融研究, 2012 年第 5 期。
- [8] 吕思颖, 全球金融危机传染效应研究, 武汉大学, 2012 年。
- [9] 刘琼芳, 基于 Copula 理论的金融时间序列相依性研究, 重庆大学, 2010 年。
- [10] 罗克兵, 金融危机传染检验方法研究, 中国科学技术大学, 2016 年。
- [11] 孟纹羽, 中国商业银行风险传染效应实证研究, 山东大学, 2015 年。
- [12] 彭成, 金融市场的分位数相依计量模型及应用研究, 湖南大学, 2018 年。
- [13] 宋群英, 中国银行体系的风险传染效应研究, 华中科技大学, 2012 年。
- [14] 孙彬, 金融危机中流动性黑洞问题研究, 上海交通大学, 2010 年。
- [15] 宋海燕, 金融渠道的危机传染及其防范机制, 南开经济研究, 2003 年 4 期。
- [16] 魏宇, 金融市场的多分形波动率测度、模型及其 SPA 检验, 管理科学学报, 2009 年 12 期。
- [17] 韦艳华、张世英、郭焱, 金融市场相关程度与相关模式的研究, 系统工程学报, 2004 年第 4 期。
- [18] 王锐, 金融危机传染过程的非线性动力学研究, 哈尔滨工业大学, 2015 年。
- [19] 王永巧、刘诗文, 基于时变 Copula 的金融开放与风险传染, 系统工程理论与实践, 2011 年第 4 期。
- [20] 叶五一、韦伟、缪柏其, 基于非参数时变 Copula 模型的美次贷危机传染分析, 管理科学学报, 2014 年 11 期。
- [21] 钟明、郭文伟, 基于 SJC Copula 模型的银行业与房地产业动态相依性及其结构突变, 系统工程, 2014 年第 3 期。
- [22] 邹香清, 货币危机传染与控制研究, 上海大学, 2011 年。
- [23] 张尧庭, 连接函数(Copula)技术与金融风险分析, 统计研究, 2002 年第 4 期。
- [24] Gerlach S, Smets F, 1995, Contagious speculative attacks. *European Journal of Political Economy*, 11(1): 45-63.
- [25] Pritsker M, The Channels for Financial Contagion. *International Journal of Finance and Economics*, 8: 109-129.
- [26] Kaminsky G L, Reinhart C M, 2000, On crises, contagion, and confusion. *Journal of International*

- Economics, 51(1): 145-168.
- [27] Forbes K J, Rigobon R, 2002, No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements. *Journal of Finance*, 57(5): 2223-2261.
- [28] Costinot A, Roncalli T, Teiletche J, 2000, Revisiting the dependence between financial markets with Copulas. SSRN 1032535.
- [29] G Cao, J Cao & L Xu, 2013, "Asymmetric multifractal scaling behavior in the Chinese stock market: Based on asymmetric MF-DFA", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- [30] Juan Carlos Rodriguez, 2006, "Measuring financial contagion: A Copula approach", *Journal of Empirical Finance*.
- [31] Larisa Yarovaya & Marco Chi Keung Lau, 2016, "Stock market comovements around the Global Financial Crisis: Evidence from the UK, BRICS and MIST markets", *Research in International Business and Finance*.
- [32] Syed Aun R. Rizvi, Ginanjar Dewandaru, Obiyathulla I. Bacha & Mansur Masih, 2014, "An analysis of stock market efficiency: Developed vs Islamic stock markets using MF-DFA", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- [33] Stefano Demarta, Alexander J. McNeil, 2005, The t Copula and Related Copulas[J]. *International Statistical Review*, 73(1): 111-129