

基于分位点回归模型的金融传染检验与传染程度分析¹

叶五一 缪柏其

(中国科学技术大学统计与金融系, 安徽合肥, 230026)

摘要: 近期金融危机传染的分析是国际金融研究中的重要问题, 大多数传染效应存在性的检验采用相关性方法, 这些方法只能指出传染的存在, 不能给出传染的程度大小。本文应用分位点回归模型的变点检测检验传染效应的存在性, 并给出了传染程度大小的度量。最后本文对亚洲几个国家的指数数据进行了危机传染的实证分析。

关键字: 分位点回归模型 变点 金融传染 在险价值 VaR

中图分类号: F830.9

Testing of Financial Contagion and Analysis of Contagious Degree Based on Quantile Regression Model

Ye Wuyi Miao Baiqi

(Department of Statistics and Finance of USTC, Hefei Anhui, 230026)

Abstract: The analysis of financial contagion has been an important problem in international finance field, in order to test financial contagion, the dependence method is usually adopted. However, all those methods can only test the existence of the contagion, and can not give the contagious degree. In this paper, the existence of contagion was tested by the change point testing of quantile regression model, and the contagious degree was given simultaneously. At last, the empirical analysis of financial contagion of several Asian indexes was given.

Keywords: Quantile Regression Model Change Point Financial Contagion
Value at Risk(VaR)

1. 引论

2005年8月30日, 印尼盾汇率一度暴跌约10%, 至11750印尼盾兑1美元, 为四年来最低水平, 此情此景又让人们想起1997年亚洲的金融危机。

金融市场之间的相互依赖性质的研究已经成为了非常重要的课题, 尤其是金融危机发生以后, 这就产生了金融危机传染效应的检验问题。所谓金融危机的传染, 是指一个国家的危机导致另一个国家发生危机的可能性, 它强调的是某一个国家发生危机的原因就是由于另一个国家发生了危机, 也就是说如果另一个国家不发生危机的话, 该国也不会发生危机^[1]。最初的关于金融传染的方法是基于相关性的研究基础上, 分析危机期间和正常时期金融市场之间的Pearson相关系数的变化情况, 如果危机期间相关系数变得较大, 就说明存在金融传染效应。还有研究在不同市场资产价格的协同运动的方法, 主要包括波动溢出分析、产生危机的条件概率检验、协整分析等, 张志波等给出了很好的总结^[2]。但是相关系数作为资产之间的相互关系以及协同运动等的描述并不完备, 而且相关系数是线性测度, 并不适合金融市场的非线性变化情况^[3]。Longin和Solnik在2001年应用了统计中的多元极值理论方法来分析

资助项目: 国家自然科学基金 10471135, 教育部博士点基金, 中国科学院和中国科技大学创新基金

作者简介: 叶五一, 男, 1979年5月生, 中国科技大学统计与金融系博士研究生, 研究方向: 风险管理和金融工程。E-mail: wyue@ustc.edu; 缪柏其, 男, 中国科技大学统计与金融系教授, 博士生导师。电话: 0551-3603935, E-mail: bqmia@ustc.edu.cn.

危机传染^[4]，Bekaert和Wu应用了多元GARCH-M模型分析危机传染^[5]，允许了收益分布非对称性的存在。国内许多学者给出了金融传染很好的综述^[1,6]。

但是所有的分析协同运动的方法都只是检验了危机传染的存在性，没有给出传染程度的大小。Bae等在2003给出了一种分析金融传染的新方法^[7]，该方法应用多元Logistic回归模型分析了不同的范围中共同超过（coexceedance）的数目受外生变量影响的程度，外生变量包括利率水平、汇率水平等。该方法只是用到了共同超过的数目，但是没有用到这些变量具体的值的大小。本文介绍的分位点回归方法将应用到具体变量值的大小。

几乎所有的研究都是集中在资产价格的研究上，本文采用了另一种想法，试图研究不同国家指数收益率的市场风险（用VaR度量^[8]）与其他国家的收益率之间的关系，这就从风险的角度来分析金融危机的传染问题，而不仅仅从价格的角度来分析。采用的分析方法是1978年Koenker和Bassett给出的分位点回归模型^[9]以及该模型的变点检测方法。VaR可以看作是收益率的分位点的值，要估计金融市场风险（VaR）一般首先要估计出条件分布，然后再确定分位点的值。分位点回归模型避免了分布的估计，直接得到分位点的值。为了检验危机传染的存在性，本文介绍了分位点回归模型的变点检测方法，如果风险测度VaR对收益率的敏感度发生了很大的变化，就说明存在危机传染。然后对由变点检测出的不同的时间段进行分位点回归，给出传染程度的一种度量方法。

2. 分位点回归方法介绍

分位点回归模型是由Koenker和Bassett于1978年提出的^[9]，是对传统的分位点方法的一种扩展。类似于一般的线性模型，该模型假定条件分位点满足线性关系。假定 Y 的分布函数为 $F(y) = \Pr(Y \leq y)$ 。那么对于任意 $\tau \in (0,1)$ ，随机变量 Y 的 τ -th分位点被定义为：

$Q(\tau) = \inf\{y : F(y) \geq \tau\}$ ，像分布函数一样，分位点函数提供了 Y 的完整的特征。分位点可以看作是下面问题的最优解。

对任意 $\tau \in (0,1)$ ，定义函数 $\rho_\tau(u) = u(\tau - I(u < 0))$ ，这里 $I(\cdot)$ 为示性函数。下面最小化问题的解可以看作为分位点 $Q(\tau)$ 的估计，即： $\hat{Q}(\tau) = \arg \min_{\xi \in R} E[\rho_\tau(Y - \xi)]$ 。考虑 Y 的样本 $\{y_1, \dots, y_n\}$ ，基于该样本的分位点估计为 $\hat{Q}(\tau) = \arg \min_{\xi \in R} \sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - \xi)$ 。

分位点回归模型

以上分析了单样本的分位点估计方法，下面将分析在解释变量 X 条件下，条件分位点的估计问题。

假定 X 为 $K \times 1$ 维随机向量， $\{x_1, \dots, x_n\}$ 为其样本，其中 $x_{i,j}$ ($i=1, \dots, n; j=1, \dots, K$)表示 X 的第 j 个分量的第 i 个观测值。为根据上面的分析，条件分位点的估计可以相应地转化为下面最小化问题的解： $\hat{Q}(\tau) = \arg \min_{\xi \in R} E[\rho_\tau(Y - \xi) | X = x]$ 。类似于一般的线性模型，分位点回归模型可以被假定为：

$$y_i = x_i' \beta_\tau + u_{\tau_i} \quad (1)$$

这里误差项 u_{τ_i} 的分布不作假定，只需要满足分位点的条件 $Q_{\tau}(u_{\tau_i} | x_i) = 0$ 。为了产生常数项，也就是无条件分位点也可以由该模型得到，一般假定解释变量 X 的第一个分量恒等于 1，即： $x_{i,1} \equiv 1$ 。

参数的估计

同样类似于线性模型参数估计的最小二乘法，该模型的参数估计问题可以用最小化方法得到。假定有数据集 $\{x_i, y_i\}_{i=1}^n$ ，我们可以通过最小化 $\sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - x_i' \beta)$ 得到参数 β 的估计 $\hat{\beta}_{\tau}$ 。但是该模型中的参数没有显示解，因为函数 $\rho_{\tau}(u) = u(\tau - I(u < 0))$ 在原点处是不可微的。但是利用Portnoy和Koenker^[10] (1997) 提出的解决线性问题的新方法 interior point method，该最小化问题可以得到解决。本文将利用该方法对参数进行估计。得到参数的估计以后，线性假设下的条件分位点函数即为： $Q_Y(\tau | X = x) = x' \hat{\beta}_{\tau}$ 。

3.分位点回归模型的变点检测

对于一个时间序列 $\{x_t, y_t\}_{t=1}^T$ ，是否对于所有的时间段，回归系数 β 都不会发生较大变化。事实上，随着经济环境的变化，分位点回归模型(1)中的系数可能会发生较大的变化，为了找出系数发生变化的时刻 t ，根据线性回归模型的变点检测方法，下面将给出分位点回归模型的变点检测方法。假设只有一个变点存在，那么此时模型(1)将由下面模型代替：

$$Y_i = \begin{cases} X_i' \beta_{\tau}^{(1)} + u_{\tau_i} & 1 \leq i \leq t \\ X_i' \beta_{\tau}^{(2)} + u_{\tau_i} & t < i \leq T \end{cases}$$

此时变点的检验转变为了下面的假设检验问题：

$$H_0 : Q_Y(\tau) = X_i' \beta_{\tau}, i = 1, 2, \dots, T ; \text{ 对立假设为 :}$$

$$H_1 : Q_Y(\tau) = X_i' \beta_{\tau}^{(1)}, i = 1, 2, \dots, t$$

$$Q_Y(\tau) = X_i' \beta_{\tau}^{(2)}, i = t + 1, t + 2, \dots, T$$

下面将给出变点的估计问题，在本文中只是分析了 X 为两维的情况，其中第一列全为 1，第二列为某国指数的收益率。对于这种情况，为了分析某国的市场风险相对于泰国指数收益率的系数的变化情况（对收益率的敏感度），本文将给出系数的变点位置估计。找出了变点位置，就可以分析不同时间段中，系数值的大小，进而可以分析金融危机传染的存在性，以及危机传染的程度的大小。下面本文将给出确定变点位置的方法。假定时刻 t 分成两段数据，其系数值分别为 $b_t^{(1)}$ ， $b_t^{(2)}$ ，将系数差值最大的时刻 t 作为变点的位置。即：

$$\hat{t} = \arg \max_{1 < t < T} \{ | b_t^{(1)} - b_t^{(2)} | \}$$

如果有几个相同的时刻同时达到最大差值，则以最小的时刻作为变点位置。

在本文中，我们没有按照亚洲金融危机发生的具体时间将数据分段，而是用变点检测方法找出参数具体发生变化的位置，将数据分段分析。因为金融危机具体的发生和结束的时间很难界定。

分位点回归方法在很多领域都有很好的应用，例如生存分析领域、环境建模、卫生统计领域以及金融和经济领域。本文将利用该模型判定金融危机传染的存在性以及危机传染的程度等等。

4. 实证分析

众所周知，随着国际经济一体化程度的提高，同一地域各国之间的经济相互影响程度越来越大，例如亚洲金融危机的产生等。本文将对危机期间的亚洲 9 个国家的主要指数收益率，应用分位点回归模型进行危机传染分析。

数据描述

本文采对代表了各个国家股票市场情况的股票指数性进行研究，分析的数据从 1995 年 5 月 3 日到 1998 年 6 月 30 日。本文将分析某国的市场风险 (VaR) 与其他国家的收益率之间的关系，从风险的角度来考虑金融危机的传染。由于股票数据的研究一般采用对数回报，本文也采用对数回报而不是百分比回报。其中 1997 年 6 月 30 日前为危机前的平稳期，其后为危机发生期。本文不直接在该时刻将数据分成两端，而是采用分位点回归模型的变点检测方法来找参数发生变化的具体的时刻。在进行分析之前，我们去掉了无效数据。

分位点回归模型分析结果

在本文中，为了研究某国的市场风险和其他国家的收益率之间的关系，假定其中的一个因素为收益率 X_t 。另外为了检验模型的好坏，我们令另外一个影响因素恒等于 1。那么本文考虑如下模型： $Y_t = a + bX_t + u_t$ ，于是根据分位点的定义，该国的以另外国家的指数收益率为条件的市场风险为：

$$VaR = -Q_Y(\tau | X_t = x_t) = -a - bx_t \quad (2)$$

1997 年 7 月 2 日，泰国宣布放弃固定汇率制，实行浮动汇率制，引发了一场遍及东南亚的金融风暴，因此泰国可以看作是这次危机的传染源。下面将给出亚洲几个市场的风险（以菲律宾综合指数作为代表）与泰国证交所指数收益率之间的关系。

为了给出两个国家之间的相互关系，本文首先对所有的数据进行了分析，分析了 0.05 分位点下的分位点回归模型，即对所有数据进行分位点回归分析，由表达式(2)就可以得到置信水平 95% 下的条件 VaR。

表 1 分位点回归结果

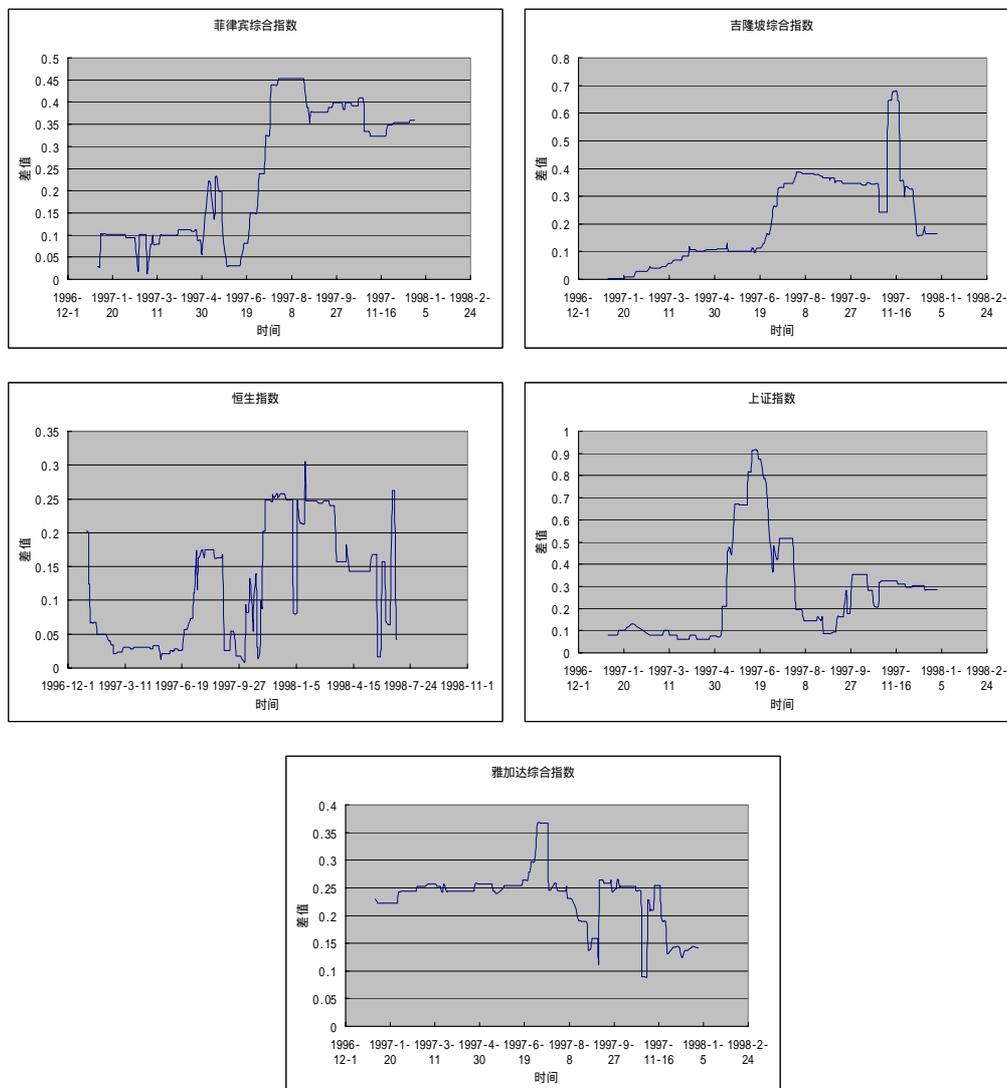
	菲律宾综合指数	吉隆坡指数	恒生指数	雅加达综合指数	上证指数
a	-0.0248	-0.0264	-0.0249	-0.0234	-0.0354
b	0.1973	0.2911	0.4788	0.4051	0.1988
拟合结果	1.3590	1.3983	1.6778	1.5210	2.3561

表1给出的是全部数据的回归结果，由上表的结果以及表达式(2)可以看出，菲律宾和上证指数的市场风险对泰国证交所指数收益率 X_t 的敏感度相差不多，都很接近0.2，吉隆坡指数的敏感度大小接近0.3，而恒生指数和雅加达综合指数的收益率较大，都大于了0.4。但是这些结果都是对所有数据进行分析得到的，没有将危机期和危机前的数据分开了分析，因此得到的结果并不能很好的解释实际情况，这些结果只能作为初步的分析结果。下面本文将对分位点回归模型中的参数进行变点分析，通过变点将数据分成两段，分别进行分析。

分位点回归模型的变点检测结果

下面本文将对几种指数的分位点回归模型作变点检测，由于数据选择的特殊性(所选的数据时间段较短)，本文假设只有一个变点，看看该变点是否和危机发生时刻相一致。按照第3部分介绍的方法，本文给出了由不同时刻将数据分成两段后，系数的差值，如下表所示。其中将差值最大的时刻作为变点的位置。

图1 五种指数系数差值图



由上面的图以可以看出，菲律宾综合指数系数值发生最大变化的时刻对应的时刻是1997年7月8日，而上证指数对应的时刻为1997年6月17日，其他几种指数也可以类似的得到，本

文以下面表格的形式给出得到的变点位置。

表2 变点位置

	菲律宾综合指数	吉隆坡综合指数	雅加达综合指数	恒生指数	上证指数
变点时刻	1997-7-8	1997-11-14	1997-7-14	1997-11-12	1997-6-17

亚洲金融危机第一阶段发生的过程^[11]：1997年7月2日，泰国宣布放弃固定汇率制，实行浮动汇率制，引发了一场遍及东南亚的金融风暴。在泰铢波动的影响下，菲律宾比索、印度尼西亚盾、马来西亚林吉特相继成为国际炒家的攻击对象。8月，马来西亚放弃保卫林吉特的努力。一向坚挺的新加坡元也受到冲击。10月下旬，国际炒家移师国际金融中心香港，矛头直指香港联系汇率制。由危机的发展过程看，本文得到的变点位置和实际发生的时刻基本上相一致，因为本文分析的是各国的指数，因此相对货币的汇率来说，会有一些延迟。得到了变点的时刻后，下面本文将对危机期和危机前两个阶段进行分位点回归分析。

下面我们将对由上述时刻分成的两段数据分别进行模型分析，得到的分位点回归结果如下表所示。

表3 分段分位点回归结果

参数	菲律宾综合指数		吉隆坡综合指数		雅加达综合指数		恒生指数		上证指数	
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
常数 a	-0.0189	-0.0339	-0.0209	-0.0335	-0.0127	-0.0371	-0.0220	-0.0271	-0.0382	-0.024
系数 b	0.0229	0.4767	0.2048	0.8515	0.2319	0.5000	0.3037	0.6086	0.7484	-0.1663

由表3可以看出，吉隆坡综合指数、雅加达综合指数和恒生指数的系数的变化具有相似的特征，危机前和危机期内的系数都比较显著，差值也比较大。菲律宾综合指数危机前的系数为0.0229，危机期内为0.4767，可以看出危机前菲律宾市场风险和泰国指数收益率之间的关系不显著，而危机期内则非常显著。然而我国上证指数和其他几种指数有显著的差异，危机期内系数为负，而其他指数的系数为正，对于具体的应用下面将具体介绍。

由表3的结果可以得出几种指数的市场风险 VaR 的表达式，本文只给出菲律宾综合指数和上证指数的结果如下所示：

$$VaR_{Phi} = \begin{cases} 0.0189 - 0.0229x_t, & t = 1, 2, \dots, 558 \\ 0.0339 - 0.4767x_t, & t = 559, \dots, 763 \end{cases} \quad (3)$$

$$VaR_{China} = \begin{cases} 0.0382 - 0.7484x_t, & t = 1, 2, \dots, 527 \\ 0.0240 + 0.1663x_t, & t = 528, \dots, 763 \end{cases} \quad (4)$$

其中 x_t 表示 t 时刻泰国证交所指数的收益率。

首先，我们分析常数 a 的情况，由表达式(3)、(4)可以看出，因为收益率较小，因此决定

VaR大小的主要因素还是常数 a 。由表3可以看出，除去上证指数外的其他4种指数有相同的变化趋势，危机前的常数绝对值都小于危机后，也就是危机期内市场风险大，其中雅加达综合指数最明显，两常数分别为-0.0127、-0.0371。但是上证指数却有相反的情况，亚洲金融危机发生期内的常数绝对值反而小，即市场风险小，说明我国经济并没有受到金融危机的影响。

下面从系数 b 的角度来分析。由表达式(3)看出，在危机发生前后菲律宾市场的风险都是和泰国市场收益率负相关的，即泰国市场收益率越大（损失越小），菲律宾市场风险越小。但是系数在时刻前后却发生了很大的变化，在时刻前系数为-0.0229，在时刻后达到了-0.4767，说明在危机发生期内，菲律宾市场和泰国市场之间的相依关系变得很强烈，这就充分说明了金融危机传染是存在的。另外，系数0.4767可以看作是危机传染的程度大小，如果系数很大，说明传染效应很大，即泰国市场的损失的情况直接影响到菲律宾的市场风险。对于香港市场，由于我国政府的强力支持以及香港政府的正确措施，在香港特区政府重申不会改变现行汇率制度后，恒生指数上扬至1万点以上。因此，恒生指数的结果显示危机前和危机期内，系数变化不大，说明危机对香港造成的影响不大。由表3可以看出，系数最大的是吉隆坡综合指数的危机期内，达到了0.8515，说明该指数的市场风险对泰国指数收益率的敏感度最大。

但是由表达式(4)可以看出，我国的情况和菲律宾等其他几个市场有着显著的不同。在变点发生的前后，系数 b 由正变为负，说明在危机发生期内，上证指数的市场风险和泰国市场的收益率是正相关的，即泰国市场收益率越小（损失越大），我国市场风险反而越小。因此我们可以由上面的分析得到，我国在亚洲金融危机期间，市场风险并没有随着泰国市场的崩盘而变得很大，因此可以说我国的经济情况并没有受到危机的影响。也就是说我国和泰国市场并没有发生危机传染的现象，因为我国政府的人民币不贬值的政策使得我国的经济没有受到危机的影响。简单的从相关系数来看，在危机期内，上证指数和泰国证交所指数收益率的相关性为负，这也说明了两者之间的关系。

6.结束语

众多研究证实金融危机存在传染现象，以往的研究方法都是从相关系数或者相依结构的变化情况来研究金融传染问题的，而且大多是都是基于市场价格或者市场收益率之间的关系。本文从风险的角度来分析危机传染的问题，其中市场风险用常用的 VaR 来度量，采用的是分位点回归模型进行亚洲金融危机传染的现象的分析。其中在危机时刻发生的确定上，我们没有按照以往的分析方法直接将数据分成两段，而是应用了分位点回归模型的变点检测方法确定出系数变点发生的时刻，然后分析由该时刻分成的两段数据。

在本文中，以泰国证交所指数市场收益率作为条件，分析了具有代表性的几个个国家——菲律宾等亚洲市场和中国市场指数收益率的情况，我们以各国具有代表性的指数来代表各国的经济情况。通过分析发现，泰国市场和菲律宾市场存在严重的危机传染现象，和其

他几个市场也存在相应的传染现象，但是香港市场恒生指数受泰国市场的传染影响较小。而且经过分析可以得到泰国证券市场和我国证券市场并不存在危机传染现象。

另外，分位点回归模型的系数可以看作是对泰国市场收益率的敏感度，本文将该系数作为危机传染的程度的一个度量，该系数越大，危机传染的程度就越强烈。对金融危机传染的分析越来越重要，尤其是对投资者和风险管理者来说更加重要，只有正确地分析危机传染的程度，才能更好地在全球范围内进行投资分析。通过金融危机传染的分析可以得出某国到底有没有受到其他国家危机的传染，以及何时受到了传染进入了危机阶段。对于危机传染的检验方法，已经有了很好的研究，但是关于危机传染程度的度量并没有多少研究，然而传染程度的研究对于风险管理者以及投资者都是很重要的。本文通过分位点回归模型给出了传染程度的一种度量方法，但是这方面的研究远远不够，因此传染程度的度量方法是很重要的研究方向。

参考文献：

- [1] 王春峰, 康莉, 王世彤. 货币危机的传染：理论与模型[J], 国际金融研究, 1999, 1 : 44 -50.
- [2] 张志波, 齐中英, 基于 VAR 模型的金融危机传染效应检验方法与实证分析[J], 管理工程学报, 2005 年 3 期, 115-120
- [3] Embrechts, P., A. J. Mcneil and D. Straumann (1999) Correlation and Dependence in Risk Management: Properties and Pitfalls, In: Risk Management: Value at Risk and Beyond, M. Dempster (Ed.) Cambridge University Press, p. 176—223.
- [4] Longin, F. M., and B. Solnik, 2001, Extreme correlations of international equity markets during extremely volatile periods, Journal of Finance 56, 649-676.
- [5] Bekaert, G., and G. Wu, 2000, Asymmetric volatility and risk in equity markets, Review of Financial Studies 13, 1-42.
- [6] 朱波、范方志, 金融危机理论与模型综述[J], 世界经济研究, 2005 年 6 期, 28-35
- [7] Bae, K.H., Karolyi, G. A., Stulz, R. M. (2003). A New Approach to Measuring Financial Contagion, Review of Financial Studies 16, 717-63.
- [8] Duffie, D. and J. Pan (1997). An overview of value at risk[J]. The Journal of Derivatives 5, 7-49.
- [9] Koenker, Roger and Gilbert Bassett (1978) Regression Quantiles.[J],Econometrica. January, 46:1, pp. 33-50.
- [10] Portnoy, S. and Koenker, R. (1997). The Gaussian hare and the Laplacian tortoise: computability of squared-error versus absolute-error estimators[J]. Statistical Science12, 279-300.
- [11] 小林英夫著, 李洪权译, 亚洲金融危机的历史背景[M], 2001 年 09 月第 1 版