**恐慌指数与价格发现：基于中国市场的理论修正**

**王熙 黄德金 高明**

（北京大学经济学院，北京 100871）[[1]](#footnote-1)

# 附录

## **1. 风险中性波动率无法正向预测未来收益率的原因**

在风险中性波动率可能无法正向预测未来收益率方面，存在以下几种可能的原因：一是当理论模型的某些假设可能与现实不符时，会导致风险中性波动率与期望收益率之间不存在理论关系。比如，Martin（2017）中负相关条件（Negative Correlation Condition，NCC）可能因为诸多原因并不成立，NCC假设了，其中代表了随机折现因子，代表未来风险资产的收益率。但当市场投资者风险厌恶系数较低近似于风险中性时，其随机折现因子可以被视之为常数，这时，NCC并不满足。

事实上，即使投资人并非风险中性，NCC也可能并不满足。比如，当随机折现因子与股票市场收益率以及相关性较低时，有：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

二是当投资者存在不理性时，VIX指标与未来股票收益率可能出现弱相关乃至负相关的情况。如Greenwood and Shleifer（2014）、Lochstoer and Muir（2022）发现投资者对于股票市场的期望收益率和波动率估计存在延迟现象。类似的，在考虑信息学习的相关研究中，如Veronesi（2000）、David and Veronesi（2013），波动率与未来风险资产收益率的相关性还取决于经济本身的不确定性，VIX指标与未来股票收益率的相关性可正可负。此外，在异质性个体模型中，VIX指标与未来股票收益率的相关性取决于社会财富分布。比如在Longstaff and Wang（2012）、Gârleanu and Panageas（2015）等相关研究中，风险与未来股票收益率的在极端情况下可以为负。

三是受市场摩擦因素影响，不同的系统性风险衡量指标在不同情况下适用度不同。比如Park（2020）发现VIX的相关资产在2008年期间受制于投资者流动性、市场流动性、不对称信息等因素对未来波动率的估计不同于基于股指期权对未来波动率的估计，类似的研究还有Chordia et al.（2008）、Deville and Riva（2007）。探讨市场摩擦因素对已有系统性风险指标的影响的研究，是与本文最为相关的文献。

## **2. Carr and Madan（2001）关系式的证明**

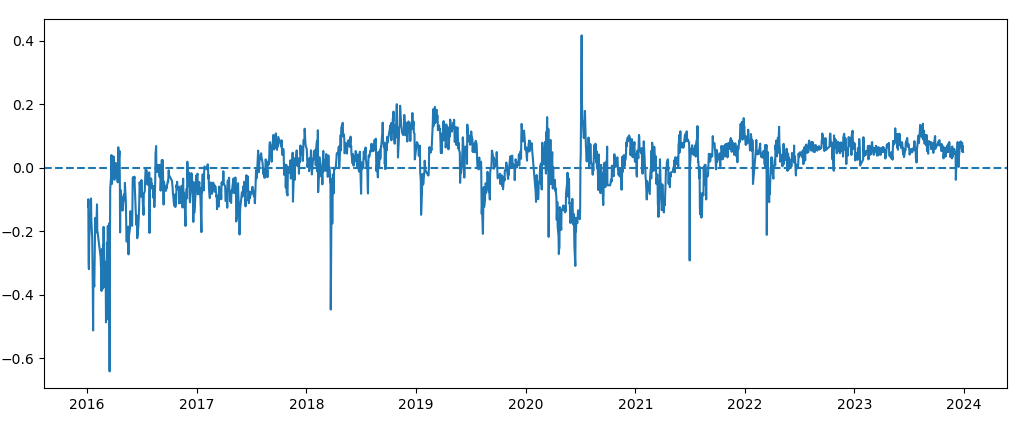
在正文方程（3）对于的计算中，最后一个等式使用了Carr and Madan（2001）关系式。简要证明如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

其中，第一个等式使用了看涨期权定价公式。

## **3. 基于方程（5）的A股市场风险中性方差**

直接使用方程（5）计算的A股市场风险中性方差时序表现见附图1，易见部分时段数值为负。比如，2016年1月至2017年7月间均值为-0.0952，2020年2月至2020年6月间均值为-0.0807。



**附图1 使用方程（5）计算的A股市场风险中性方差**

## **4. 隐含高阶矩计算**

本文采用与Chang et al.（2013）相似的方法计算期权隐含高阶矩。

计算隐含高阶矩所用期权合约与计算SVIX指标时相同。采用离散化计算矩阵面积的方式近似得到积分表达式的估计，并通过线性插值获得期限为30天的隐含高阶矩。

## **5. 关于插值方法的稳健性检验**

上文展示了基于线性价格插值方法计算VIX、SVIX以及LVIX的相应实证结果。考虑到直接使用线性插值方法而不使用隐含波动率插值可能导致隐含波动率曲线拐点附近违背无套利性质（Jiang and Tian，2007），本节展示使用隐含波动率样条插值方法计算的VIX、SVIX以及LVIX指标及其实证预测表现。附表2报告了使用隐含波动率插值方法计算的VIX、SVIX对于上证50和标普500的预测结果。由附表2可见，使用隐含波动率插值方法拟合期权价格后计算的VIX和SVIX指标依旧与上证50ETF未来超额收益率不显著相关，与表2结果一致。具体而言，使用VIX（SVIX）对上证50ETF进行单变量和多变量预测时的预测系数分别为-0.0234和0.0107（-0.2027和-0.4384），对应原假设的*t*值分别为-0.0160和0.0043（-0.1381和-0.1706），均不显著。使用隐含波动率插值方法拟合期权价格后计算的SVIX指标在单变量预测美股市场超额收益率时保持了较高的理论相契度，SVIX针对标普500的单变量和多变量预测系数分别为1.4861和2.0911。此外，SVIX对上证50ETF（标普500）进行单变量和多变量预测时，针对原假设的*t*值分别为-0.8198和-0.5588（-0.5596和1.6280）。虽然估计值相对1有着较大偏离，但*t*值依旧较小，反应出针对原假设的检验功效较弱。值得指出的是，使用Jiang and Tian（2007）进行插值计算的VIX指标对于上证50的预测系数为正，实证结果向已有文献如Martin（2017）的发现靠近，但VIX依旧无法显著预测我国股票市场超额收益率，因此依旧无法作为系统性风险指标。

### **附表2 使用隐含波动率插值方法计算的VIX、SVIX指标预测回归结果**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| VARIABLES |  | | | | | | | | |
| 中国市场 | | | |  | 美国市场 | | | |
| (1) | (2) | (3) | (4) |  | (5) | (6) | (7) | (8) |
|  | -0.2027 | -0.4384 |  |  |  | 1.4861 | 2.9106 |  |  |
|  | (-0.1381) | (-0.1706) |  |  |  | (1.7084) | (2.4801) |  |  |
|  | [-0.8198] | [-0.5596] |  |  |  | [0.5588] | [1.6280] |  |  |
|  |  |  | -0.0234 | 0.0107 |  |  |  | 1.3296 | 2.5398 |
|  |  |  | (-0.0160) | (0.0043) |  |  |  | (1.6817) | (2.3787) |
| *PE* |  | -0.0891 |  | -0.0887 |  |  | -0.0077 |  | -0.0076 |
|  |  | (-2.6666) |  | (-2.6477) |  |  | (-1.5887) |  | (-1.5586) |
| *Ret* |  | -0.0331 |  | -0.0435 |  |  | -0.1718 |  | -0.1913 |
|  |  | (-0.0542) |  | (-0.0711) |  |  | (-0.2986) |  | (-0.3321) |
| *Std* |  | -2.1893 |  | -3.9884 |  |  | -12.2067 |  | -11.7136 |
|  |  | (-0.1653) |  | (-0.3101) |  |  | (-1.6434) |  | (-1.6165) |
| *Constant* | 0.0238 | 0.9880 | 0.0165 | 0.9857 |  | 0.0013 | 0.2291 | 0.0036 | 0.2292 |
|  | (0.3511) | (2.7988) | (0.2550) | (2.7928) |  | (0.0371) | (2.2048) | (0.1067) | (2.2100) |
| Observation | 1937 | 1937 | 1937 | 1937 |  | 6272 | 6272 | 6272 | 6272 |
| *R*2 (%) | -0.0455 | 3.4912 | -0.0516 | 3.4819 |  | 1.2236 | 2.0363 | 1.2093 | 1.9862 |

注：标准误使用Newey-West方法调整，小括号内为原假设系数为0对应的*t*值，中括号内为原假设系数为1对应的*t*值。

附表3报告了使用隐含波动率插值方法计算的LVIX对于上证50和标普500的预测结果。由附表3可见，使用隐含波动率插值方法拟合期权价格后计算的LVIX指标能显著改善SVIX的理论相契度，且LVIX对A股与美股的预测系数均持续显著，与表3结果一致。在预测上证50ETF的超额收益率方面，使用LVIX进行单变量和多变量预测的系数分别为0.9788和0.9860，对应原假设的*t*值分别为2.1411和1.9821；LVIX的预测表现相对SVIX不但具备更高的理论契合度，预测系数也更为显著。在预测标普500的超额收益率方面，使用LVIX进行单变量和多变量预测的系数分别为0.9439和0.9084，对应原假设（）的*t*值分别为1.6918和2.1612（-0.1006和-0.2179）。LVIX的预测在与SVIX保持类似显著度的情况下，具备更高的理论相契度。

### **附表3 使用隐含波动率插值方法计算的LVIX指标预测回归结果**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| VARIABLES |  | | | | |
| 中国市场 | |  | 美国市场 | |
| (1) | (2) |  | (3) | (4) |
|  | 0.9788 | 0.9860 |  | 0.9439 | 0.9084 |
|  | (2.1411) | (1.9821) |  | (1.6918) | (2.1612) |
|  | [-0.0464] | [-0.0282] |  | [-0.1006] | [-0. 2179] |
| *PE* |  | -0.0794 |  |  | -0.0074 |
|  |  | (-2. 3599) |  |  | (-1.5142) |
| *Ret* |  | 0.0485 |  |  | -0.4575 |
|  |  | (0.0768) |  |  | (-0.7837) |
| *Std* |  | -10.5049 |  |  | -2.4863 |
|  |  | (-1.2779) |  |  | (-0.4836) |
| *Constant* | -0.0869 | 0.8582 |  | -0.0196 | 0.1652 |
|  | (-1.5345) | (2.3898) |  | (-0.4394) | (1.6094) |
| Observation | 1937 | 1937 |  | 6272 | 6272 |
| *R*2 (%) | 1.8206 | 5.0149 |  | 0.9055 | 1.3581 |

注：标准误使用Newey-West方法调整，小括号内为原假设系数为0对应的*t*值，中括号内为原假设系数为1对应的*t*值。

## **6. LVIX预测效力：LIQ指标对A股和美股市场预测有效性**

本文着重于构建理论契合度更高的系统性风险指标。然而，从上文结果来看，LVIX相对SVIX不但拥有更高的理论契合度，也拥有更加显著的预测效力。那么作为LVIX与SVIX之间的差异性指标，是否具备对A股市场和美股的预测效力，便成为自然的研究问题。此外，已有研究在预测股票收益率的过程中，往往也会使用基于期权价格信息得到的隐含波动率、隐含偏度或隐含峰度（如Chang et al.，2013）。因此，本节在使用基于期权价格信息得到的隐含高阶矩项对上证50ETF和标普500超额收益率进行预测之外，加入，以探究对于A股与美股市场的预测能力。结果见附表1。

### **附表1 LIQ的预测表现**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Panel A LIQ指标的预测表现 | | | | | | | | | | |
| VARIABLES | |  | | | | | | | | |
| 中国市场 | | | | 美国市场 | | | | |
| (1) | | (2) | | (3) | | | (4) | |
| *LIQ* | | 2.5181 | | 2.1963 | | 1.0658 | | | 0.2931 | |
|  | | (2.4299) | | (2.1242) | | (1.1171) | | | (0.3885) | |
| *PE* | |  | | -0.0794 | |  | | | -0.0078 | |
|  | |  | | (-2.3657) | |  | | | (-1.5877) | |
| *Ret* | |  | | 0.0789 | |  | | | -0.6326 | |
|  | |  | | (0.1252) | |  | | | (-1.0632) | |
| *Std* | |  | | -6.7927 | |  | | | 2.9191 | |
|  | |  | | (-0.9013) | |  | | | (0.6000) | |
| *Constant* | | -0.0629 | | 0.8519 | | 0.0397 | | | 0.1915 | |
|  | | (-1.3813) | | (2.3763) | | (1.5640) | | | (1.8573) | |
| Observation | | 1937 | | 1937 | | 6272 | | | 6272 | |
| *R*2(%) | | 2.3335 | | 5.1658 | | 0.0635 | | | 1.0143 | |
| Panel B 控制其他期权隐含信息后LIQ对上证50的预测表现 | | | | | | | | | | |
| VARIABLES |  | | | | | | | | | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | (6) | (7) | | (8) |
| *Vol* | -0.2696 |  |  | -0.6382 |  | |  | -0.5380 | | -0.7461 |
|  | (-0.4481) |  |  | (-1.0795) |  | |  | (-0.9063) | | (-1.2066) |
| *Skew* |  | -5.8099 |  |  | -3.8635 | |  | -3.4630 | | -4.6893 |
|  |  | (-1.9138) |  |  | (-1.2425) | |  | (-1.1089) | | (-1.3875) |
| *Kurt* |  |  | -0.8689 |  |  | | -0.3545 |  | | -2.6307 |
|  |  |  | (-0.4757) |  |  | | (-0.1954) |  | | (-1.2501) |
| *LIQ* |  |  |  | 2.7174 | 2.2029 | | 2.5064 | 2.4035 | | 2.2817 |
|  |  |  |  | (2.6448) | (2.1164) | | (2.4176) | (2.2962) | | (2.1782) |
| *Constant* | 0.0685 | -0.0147 | 0.0426 | 0.0563 | -0.0732 | | -0.0515 | 0.0283 | | 0.1483 |
|  | (0.5689) | (-0.3937) | (0.6283) | (0.4789) | (-1.6049) | | (-0.6995) | (0.2392) | | (0.9797) |
| Observation | 1937 | 1937 | 1937 | 1937 | 1937 | | 1937 | 1937 | | 1937 |
| *R*2 (%) | 0.0112 | 1.1209 | -0.0061 | 2.6209 | 2.7644 | | 2.2906 | 2.9491 | | 3.2182 |
| Panel C 控制其他期权隐含信息后LIQ对标普500的预测表现 | | | | | | | | | | |
| VARIABLES |  | | | | | | | | | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | | (6) | (7) | | (8) |
| *Vol* | 0.6909 |  |  | 0.6819 |  | |  | 0.7218 | | 0.7198 |
|  | (1.7810) |  |  | (1.7760) |  | |  | (1.7850) | | (1.7768) |
| *Skew* |  | 0.2838 |  |  | 0.2134 | |  | -0.4611 | | -1.0710 |
|  |  | (0.3880) |  |  | (0.2957) | |  | (-0.6015) | | (-0.3807) |
| *Kurt* |  |  | -0.0785 |  |  | | -0.0610 |  | | -0.1393 |
|  |  |  | (-0.5552) |  |  | | (-0.4399) |  | | (-0.2504) |
| *LIQ* |  |  |  | 0.2405 | 1.0230 | | 1.0001 | 0.2847 | | 0.2594 |
|  |  |  |  | (0.3089) | (1.061) | | (1.0772) | (0.3651) | | (0.3306) |
| *Constant* | -0.0763 | 0.0811 | 0.0748 | -0.0799 | 0.0538 | | 0.0498 | -0.1173 | | -0.1341 |
|  | (-1.0734) | (1.4402) | (2.1875) | (-1.0827) | (0.9649) | | (1.4064) | (-1.0923) | | (-0.9884) |
| Observation | 6272 | 6272 | 6272 | 6272 | 6272 | | 6272 | 6272 | | 6272 |
| *R*2 (%) | 1.0668 | 0.0005 | 0.0106 | 1.0549 | 0.06 | | 0.0567 | 1.0783 | | 1.0692 |

注：标准误使用Newey-West方法调整，小括号内为原假设系数为0对应的*t*值。

附表1的Panel A汇报了不控制与控制股票现货市场特征后，LIQ指标针对A股和美股市场的单变量与多变量预测表现。从附表1的Panel A可以看出，对于A股市场，单独使用LIQ指标时其预测系数为2.5181（*t*值为2.4299），单独使用LVIX指标时其预测系数为0.9657（*t*值为2.1143），两者均可以显著预测A股市场收益率。但是，相对于LVIX指标，LIQ对于股票超额收益率的预测系数缺乏理论含义。对于美股市场，单独使用LIQ指标时其预测系数为1.0658（*t*值为1.1171），无法显著预测美股市场收益率；而使用LVIX指标时其预测系数为0.9393（*t*值为1.6855）。在美股市场上LVIX的预测能力主要来源于SVIX，但LVIX预测系数相对SVIX指标与理论预测值1更为接近。换言之，LVIX指标通过使用LIQ调整SVIX指标，不但得到更好的估计，提高了理论契合度，而且兼顾了两类指标在A股与美股市场上不同的预测优势，保障了自身的预测能力。

为进一步验证LIQ指标能预测A股表现而不能预测美股表现这一发现的稳健性，附表1的Panel B报告了隐含高阶矩项在预测上证50ETF超额收益率方面的实证表现，以及控制隐含高阶矩项之后在预测上证50ETF超额收益率方面的实证表现。由附表1的Panel B可见，我国期权市场的隐含高阶矩中仅有隐含偏度对于上证50ETF超额收益率具备显著的预测作用（预测系数的*t*值为-1.9138）；对于上证50ETF超额收益率的预测系数十分稳健，在控制后，隐含偏度便不再能显著预测上证50ETF超额收益率（预测系数*t*值变为-1.2425）。

附表1的Panel C报告了隐含高阶矩项在预测标普500超额收益率方面的实证表现，以及控制隐含高阶矩项之后在预测标普500超额收益率方面的实证表现。由附表1的Panel C可见，相对各类隐含高阶矩不具备预测标普500的非冗余信息。使用单变量*LIQ*预测标普500时，*LIQ*的预测系数为0.2405，但*t*值仅为0.3089。在控制其他隐含信息特征后，*LIQ*的预测系数也持续不显著。比如，在仅控制隐含偏度时，*LIQ*预测系数*t*值为1.1006；在仅控制隐含峰度时，*LIQ*的预测系数*t*值仅为1.0772；在控制所有隐含特征后，LIQ预测系数的*t*值为0.3306。由此可见，在美国市场上*LIQ*本身不具备对股票市场整体收益率的预测效力。

## **参考文献**

1. Chang, B. Y., P. Christoﬀersen and K. Jacobs, 2013, “Market Skewness Risk and the Cross Section of Stock Returns”, *Journal of Financial Economics*, 107(1), 46~68.

1. **作者简介：**王熙，经济学博士，长聘副教授，北京大学经济学院，Email: wang.x@pku.edu.cn；  
   黄德金，博士研究生，北京大学经济学院，Email: huangdejin@stu.pku.edu.cn；  
   高明（通讯作者），经济学博士，长聘副教授，北京大学经济学院，Email: gao@pku.edu.cn。 [↑](#footnote-ref-1)