

王新宇 朱新缘 王 宁

# 债券市场收益率波动与风险测量研究

## ——基于 GARCH-MIDAS 模型分析

**内容提要:**债券市场作为我国金融市场的重要补充,其收益率波动对我国金融市场有着重要影响。本文通过使用广义自回归条件异方差模型(GARCH-MIDAS),对我国债券市场收益率的波动进行分析,研究结果表明:在所有变量中,利率的水平值和上证指数收盘价对数收益率的水平值对债券市场收益率波动影响显著,而在波动层面,所有变量的波动率均对债券收益率波动影响显著。通过对我国债券市场的风险研究可以发现:债券风险较大的时期相对回报更高或者损失更重,正好吻合我国债券市场满足高风险高收益的特征。

**关键词:**债券收益率 债券市场风险 GARCH-MIDAS 混频数据

债券市场是金融市场的基础,是资本市场的重要组成部分。党的十九大报告指出:贯彻新发展理念,建设现代化经济体系。现代金融在现代经济体系中占据重要的核心位置,其所依赖的资本市场中的债券市场扮演着重要角色。我国的债券市场从1981年国债恢复发行开始算起至今已有37年的历史,现在的债券市场已经基本具备了品种多样化、市场多元化等特点,已有数据表明,目前我国债券市场的余额已超过70万亿。债券市场规模增加巨大,其波动性与其风险测量值得我们研究。因此,本文从影响债券收益率的基本视角出发,采用混频数据建模的方法,研究我国债券收益率波动的影响因素,对稳健我国金融市场提出一点建议。

### 一、相关研究文献评述

国外资本市场发展较早,而债券市场是资本市场中发展最快的市场之一。债券市场价格的稳定性关乎一国金融市场的稳定以及一国经济发展的可持续性。正因如此,债券收益率波动因素的研究受到国内外学者的关注。

Duyvesteyn (2016) 和 Kang (2014) 分别从政策风险和全球原油供需层面研究了美国的债券收益率的波动,发现政治风险是全球政府债券风险溢价差异的重要决定因素。一般地,政治风险越低的国家债券的回报率越高。

与上述研究层面不同,一般学者认为,宏观经济的波动是债券收益率变化的主要原因。Altavilla

(2017) 等人研究了宏观经济变量对债券收益率的推动作用,利用现有的高频市场数据解释宏观经济释放的影响并在较低频率上量化这种分析结果。Duffee (2009) 分析了可能影响债券市场的潜在因子预测未来的债券收益率和回报率,发现宏观经济实体与潜在的因子之间有很大的波动。杜玉林 (2016) 在利率市场化的背景下分析研究了我国国债价格波动的区间和利率水平变动的影响。王柏程 (2013) 探讨了债券到期收益率与宏观经济指标的因果关系,利用时间序列数据进行面板回归模型分析得到:对于大型的开放经济体,汇率对于债券到期收益率的影响显著为正,而对于小型开放经济体,汇率对债券到期收益率的影响显著为负。

在分析方法的模型选择上,最早由 Engle 开创性地创建了自回归条件异方差 (ARCH) 模型,此模型假定当期收益的随机误差项的方差由前期收益的随机误差项决定,这与现实中存在的波动率聚集现象相吻合。在 Engle 的基础之上, GARCH-MIDAS 模型的应用更加广泛。Girardin 和 Joyeux (2013) 使用了 GARCH-MIDAS 方法研究了宏观基本面对中国股市波动的影响。与此类似的还有 Yu Wei 等人 (2018) 使用 GARCH-MIDAS 模型研究热钱与中国股市波动率的关系。

综合分析以往对金融时间序列的研究方法,其无法分析低频变量对高频时间序列的影响,传统的同频数据建模的方法会损失高频数据的解释信息,由此可能会引起模型的误设问题。针对这一问题,本

文的创新如下:第一,选取了 Engle 等人(2013)提出的基于混频数据抽样的广义自回归条件异方差模型(GARCH-MIDAS)对我国债券市场的收益率进行研究,解决了传统模型中低频外生变量无法对高频收益率波动进行解释的问题。第二,更深一步从金融波动的层面去研究债券市场的变化情况,为我国更好的维护宏观经济运行提供了建议。

## 二、债券收益率波动的影响因素分析

从上世纪 90 年代起,我国债券市场的发行规模和余额呈爆发式增长,但是债券市场的价格发现功能相对比较滞后,影响债券收益率的金融变量变动幅度很大。以我国的货币供给为例,近五年,我国货币供应量从 855898 亿元增至 17803419 亿元,增长近 19 倍,货币供应量的急剧变动导致债券市场收益率波动幅度增加。目前,影响我国债券市场收益率的外部因素主要归结为市场利率、通货膨胀、经济增长、货币的供给、以及股票这类可替代资产的价格。

1.利率变动影响债券收益率波动。利率是用来衡量我国货币供给的金融解释变量。同时,它也可以成为债券市场价格变化指示的先行指标。利率上升时,投资者会选择把钱存入银行,债券价格会相应下跌。因此,利率的波动会明显造成债券市场收益率的变化。

2.通货膨胀是影响我国债券收益率的重要因素。当物价水平上升过快或者通货膨胀率处在较高的水平,投资者为了避免资产减值就会将资金投资于黄金、地产等以避免通货膨胀使得手中的资产贬值,债券价格就会下降。因此,通货膨胀率的波动会明显影响债券收益率。

3.货币供应量也是影响债券收益率的重要因素。当货币供应量增加时,公众持有货币量就会超过其预期持有的,会加大对债券市场的投资,债券价格就会上涨。相反,当货币供应量减少时,投资者对债券的需求就会下降,债券价格就会下跌,收益率因此会受到波动。

4.金融市场中的其他金融产品也会影响债券收益率。以股票为例,当股票市场价格上涨,投资者会分散一部分资金去投资股市,造成债券的需求量减少,债券价格下降。股市价格持续下跌时,投资者又会转而去购买债券,债券的需求量就会增加,债券价格就会上涨。因此,股票市场的价格波动会影响债券市场收益率的波动。

利率、通货膨胀、经济增长、货币供给以及替代金融资产的价格,这些经济指标的变化会对债券市场收益率产生影响,所以它们也都是影响债券收益率的潜在风险因素。基于上述理论分析,选择对应

的金融变量,从它们的水平值和波动率两个方面研究如何影响我国债券收益率波动。

## 三、债券市场收益率测度的模型构建

不同的信息事件会对金融市场产生一定的影响,具体要依赖于它们是否从长期和短期的视角来衡量。GARCH-MIDAS 模型需要金融时间序列存在一定的基于长期和短期成分的条件异方差。

### (一)GARCH-MIDAS 模型的建立

Engle 和 Rangel 指出:低频的波动率是可以反映宏观经济行为的,如果用低频已实现的波动率去刻画债券市场波动率的长期成分就会得到基于已实现波动率的 GARCH-MIDAS 模型。

模型构架如下: $r_{i,t}$ 表示在  $t$  月(季度、年)第  $i$  天时债券的对数收益率,为日度频率数据,并假设在时期  $t$  内总共有  $N_t$  天,则时间序列的收益率表示为:

$$r_{i,t} = \mu + \sqrt{\tau_t g_{i,t}} \varepsilon_{i,t} \quad \forall i = 1, 2, \dots, N_t \quad (1)$$

是短期的高频波动成分,它是一个日度的 GARCH(1, 1)过程,如下所示:

$$g_{i,t} = (1 - \alpha - \beta) + \frac{\alpha(r_{i-1,t} - \mu)^2}{\tau_t} + \beta g_{i-1,t} \quad (2)$$

权重方程表示为:

$$\varphi_k(\omega_1, \omega_2) = \frac{f(k/K, \omega_1, \omega_2)}{\sum_{k=1}^K f(k/K, \omega_1, \omega_2)} \quad (3)$$

在(3)式中:

$$f(x, a, b) = \frac{x^{a-1}(1-x)^{b-1}\tau(a+b)}{\tau(a) + \tau(b)} \quad (4)$$

$$\Gamma(a) = \int_0^\infty e^{-x} x^{a-1} dx \quad (5)$$

在宏观基本面上研究混频波动模型,本文构建基于宏观经济变量水平值和波动率的 GARCH-MIDAS 模型。在构建这个模型的过程中,本文采用 Engle 的方法,将计算出的宏观经济变量的收益率代替其相应的水平值。为了构建宏观经济变量波动率的 GARCH-MIDAS 模型,首先计算宏观经济变量相应的波动率。使用 AR(p)模型计算残差数值(郑挺国、尚玉皇,2014)并通过残差项取平方的方式构造宏观经济变量波动率的代理变量。其中,最优滞后阶数的选择通过信息准则的选取来确定。以下方程为基于宏观经济变量水平值和波动率的方程:

$$\log \tau_t = m + \theta \sum_{k=1}^K \varphi_k(\omega_{1,t}, \omega_{2,t}) X_{1,t-k}^{mv} \quad (6)$$

$$\log \tau_t = m + \theta \sum_{k=1}^K \varphi_k(\omega_{1,t}, \omega_{2,t}) X_{v,t-k}^{mv} \quad (7)$$

式(1)、(2)、(3)、(4)、(6)构成基于宏观经济变量水平值的 GARCH-MIDAS 模型, (1)、(2)、(3)、(4)、(7)构成基于宏观经济变量波动率的 GARCH-MIDAS 模型。

除此之外,本文亦尝试改进 GARCH-MIDAS 模型,构建包含高频外生变量的混频模型,其方法是基于

Engle (2013) 的经典模型上增加了高频的外生解释变量因素, 对高频外生解释变量的处理采取和低频因变量一样的方法, 采用收益率的已实现波动率的方法, 将高频外生变量转换为低频波动率, 进而纳入到 GARCH-MIDAS 模型的低频波动方程中, 期望通过这样的处理方式, 一方面, 充分利用了高频因素信息, 另一方面, 也利于提高预测精度水平。

令  $G_{t-k}$  表示第  $t$  期的高频解释变量的低频波动率, 将其加入到长期成分方程中, 构建长期成分方程如下:

$$\log r_t = m_{(v)} + \theta_{(v)}^l \sum_{k=1}^{K_{l(v)}} \phi_k(\omega_{1,G}, \omega_{2,G}) G_{t-k} \quad (8)$$

因此, (1)、(2)、(3)、(4)、(8) 共同构成含高频外生变量的 GARCH-MIDAS 模型。

#### 四、债券市场收益率波动与风险测量的实证分析

##### (一) 数据选择

本文选取中债指数的收盘价格作为债券价格的指标, 其样本区间覆盖了交易所市场和银行间市场的绝大多数债券交易。本文取其对数记成  $LNCI$ ; 选择上海银行间同业拆借利率记为  $R$ ; 选取消费者价格指数代表我国的通货膨胀率记为  $CPI$ ; 选取工业增加值  $IVA$  代表我国的经济增长情况; 选择广义货币供应量  $M2$  为我国货币供应量的替代变量, 选取高频变量上证综合指数的收盘价为股票价格的替代变量, 并计算其收盘价的对数收益率, 记为  $LNSI$ 。所采用的数据为 2002 年 7 月-2017 年 9 月的日度数据, 日度高频变量的样本量个数为 3938 个, 月度低频变量的样本量为 189 个。其中, 选取日度变量的前 3501 个数据用于模型的构建, 后 437 个数据用于模型的预测。剔除时间不一致数据, 补充差别数据, 缺少的数据用前一天数据进行替代。文中所选取的全部数据均来自于 wind 数据库。

##### (二) GARCH-MIDAS 模型的估计结果

$\alpha, \beta$  为衡量所建立模型是否符合 GARCH(1, 1) 模型的参数。由表 1 可以看出, 所有的  $\alpha, \beta$  具有统计意义上的显著性, 且  $\alpha$  和  $\beta$  的和接近于 1, 说明债券市场的日度收益率具有明显的 GARCH(1, 1) 效应。

表 1 GARCH-MIDAS 的参数估计结果

参数	CPI	R	IVA	M2	SI	VCP1	VR	VIVA	VM2	VSI
$\mu$	1.10E-05	3.49E-06	2.37E-05	3.60E-06	-9.54E-06	1.21E-05	3.14E-05	2.61E-05	2.70E-05	8.71E-06
	(76.69%)	(92.42%)	(52.31%)	(91.77%)	(79.54%)	(73.89%)	(38.26%)	(47.88%)	(45.65%)	(81.88%)
$\alpha$	0.7010	0.6655	0.4343	0.3119	0.7201	0.4456	0.7451	0.7600	0.6606	0.6089
	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)
$\beta$	0.2989	0.3345	0.5657	0.6881	0.2799	0.5544	0.2550	0.2400	0.3394	0.3911
	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)
$m$	-0.0623	-0.9998	-0.3835	-6.5667	-0.6272	-0.5424	-0.5910	-0.7513	-0.6913	-0.6565
	(99.27%)	(77.76%)	(92.58%)	(54.31%)	(86.49%)	(73.87%)	(66.67%)	(84.01%)	(48.38%)	(98.66%)
$\theta$	0.0111	0.2400	0.0421	0.0046	14.6501	0.0154	0.0537	0.027	0.0151	15.8328
	(85.10%)	(9.61%)	(23.89%)	(76.18%)	(0.00%)	(3.03%)	(0.00%)	(0.00%)	(1.11%)	(0.00%)
$w$	9.6679	14.64	16.56	1.0744	5.6579	4.1491	10.5102	8.1193	6.1624	15.9879
	(90.45%)	(48.73%)	(58.08%)	(94.76%)	(0.05%)	(18.09%)	(0.21%)	(19.40%)	(8.67%)	(76.90%)
BIC	-10.9150	-10.9317	-10.8489	-10.9908	-10.8100	-10.8677	-10.8304	-10.9020	-10.9167	-10.9735
LLF	-7653.1096	-7664.7384	-8046.5323	-7811.1071	-7926.734	-8060.4303	-7593.9800	-7524.0089	-7654.2388	-7573.1859
K	53	53	49	52	50	54	53	54	53	54

注: 括号内表示的参数  $T$  统计量的  $P$  值。其中 \*\*\* 表示在 1% 的显著性水平下显著, \*\* 表示在 5% 的显著性水平下显著, \* 表示在 10% 的显著性水平下显著。

##### (三) 低频宏观经济变量对债券收益率波动影响分析

在 GARCH-MIDAS 模型的检验过程中,  $CPI$  水平值对债券收益率波动的影响不显著, 而  $CPI$  波动率却与债券收益率波动显著正相关, 说明影响债券收益率波动的不是当期  $CPI$  的大小而是  $CPI$  的波动率。与  $CPI$  类似,  $IVA$  和  $M2$  的水平值对债券收益率的波动也不显著, 但  $IVA$  和  $M2$  的波动率对债券收益率影响显著, 在  $IVA$  和  $M2$  波动幅度较大的时期, 债券收益率波动也比较大。 $R$  的水平值在 10% 的水平上显著为正, 说明当期市场利率的水平值对债券收益率波动是有影响的。 $R$  的波动率对债券收益率波动影响是显著的, 即在金融市场中, 利率波动幅度的大小会显著影响债券收益率波动。

##### (四) 高频宏观经济变量对债券收益率波动影响分析

在本文选取的变量中, 上证综合股票指数的对数收益率是高频经济变量。在  $SI$  水平值的 GARCH-MIDAS 模型中,  $\theta$  在 1% 的水平上显著为正。本文使用的上证综指日度收盘价格的对数收益率。在  $SI$  波动率的 GARCH-MIDAS 模型上, 高频上证综指数日度数据的波动率与债券收益率也是显著的正相关, 说明在股票市场收益率大幅波动时, 债券市场的收益率波动也很大。

表 2 GARCH-MIDAS 模型的参数估计结果

	CPI	R	IVA	M2	SI	VCP1	VR	VIVA	VM2	VSI	RV
$H_{in}$	0.0174	0.0169	0.0176	0.0210	0.0212	0.0181	0.0193	0.0203	0.0207	0.0196	0.0193
$H_{out}$	0.0146	0.0112	0.0132	0.0010	0.0132	0.1252	0.0167	0.0160	0.0098	0.0125	0.0125

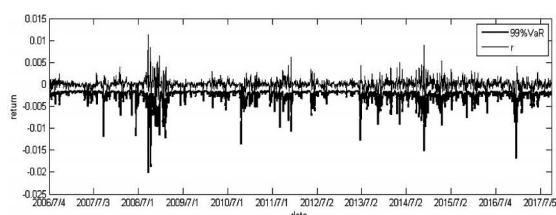


图 1 模型估计出的在险价值与收益率

##### (五) 债券市场的风险测量

$H_{in}$  和  $H_{out}$  分别表示样本内拟合和样本外预测在 99% 置信水平下在险价值  $VaR$  的后验测试失败比率的估计值。选择的是 99% 的置信水平, 所以模型中失败的比例越接近 1%, 说明该模型的  $VaR$  预测能力越强。由表 2 中看出, 样本外预测的  $H$  值除  $M2$  外均比较接近 1%, 说明该模型对于债券市场的风险预测效果非常好。

本文通过  $VaR$  来量化债券市场的风险。 $VaR$  是指在市场的正常波动下, 某一金融资产或投资组合在未来特定的一段时间内和一定的置信水平下可能发生的最小损失。图 1 给出了债券收益率与 99% $VaR$  值, 可以

看出在 2008 年附近,模型估计出的在险价值最低,说明在当期的金融市场存在很大的风险,市场中的投资者预期可接受的最大损失值比正常时期更高。VaR 越接近 0 并且波动幅度越小,说明当期金融市场越稳定。

### 五、结论与建议

本文从模型的分析结果中可以得到利率的水平值和波动率都是影响债券收益率波动的显著变量,也说明了利率是金融市场中最敏感的因素。同样,股票市场价格的水平值和波动率也显著影响债券收益率波动,说明金融资产之间的价格联系非常紧密。该模型对于宏观经济具有很好的解释能力,对债券市场的风险评估也更加精确。基于模型的解释结果,对我国未来的债券市场发展提出一些建议:

1.推进债券市场和股票市场的均衡发展。股票市场和债券市场是我国金融市场的重要支柱,加快建设债券市场子市场和股票市场子市场之间的流通,确保资金能合理的在不同市场之间及时流动。改变目前我国的债券市场投资过于集中在某些金融机构,大力发展机构投资者,使得我国的债券市场的投资更加匀称。为我国金融市场的平稳发展做出更大贡献。

2.加快推进我国利率市场化的进程。首先,国家

能积极配合支持我国金融市场自由化,适当放松利率管制,让金融市场能依据市场信息自动调节利率。推进利率市场化从某一角度来说就是增加我国债券市场的活跃度,只有市场足够活跃才能保证利率市场化的形成。

3.准确度量金融风险,提高防范债券风险意识。我国金融市场中依旧存在通货膨胀的风险,稳定好通货膨胀就能相对稳定我国的债券价格,央行可以通过公开业务出售债券以减少市场中的货币流量,使我国债券市场稳健发展。

参考文献:

- [1] Duffee, Gregory R., Information in (and not in) the term structure [C], 2009 WFA Annual Meetings.
- [2] 王柏程. 国债价格影响因素的理论与实证研究[D]. 南开大学, 2013.
- [3] Engle R F, Ghysels E, Sohn B. Stock market volatility and macroeconomic fundamentals [J]. Review of Economics and Statistics, 2013(3).
- [4] Girardin E, Joyeux R. Macro fundamentals as a source of stock market volatility in China: A GARCH-MIDAS approach [J]. Economic Modelling, 2013(6).
- [5] 郑挺国、尚玉皇. 基于宏观基本面的股市波动度量与预测[J]. 世界经济, 2014(12).
- [6] Kang W, Ratti R A, Yoon K H. The impact of oil price shocks on U.S. bond market returns[J]. Energy Economics, 2014.
- [7] Duyvesteyn J, Martens M, Verwijmeren P. Political risk and expected government bond returns[J]. Journal of Empirical Finance, 2016.
- [8] 杜玉林. 利率市场化背景下国债价格波动范围的研究[J]. 价格理论与实践, 2016(7).
- [9] Altavilla C, Giannone D, Modugno M. Low Frequency Effects of Macroeconomic News on Government Bond Yields [J]. Journal of Monetary Economics, 2017(3).
- [10] Wei Y, Yu Q, Liu J, et al. Hot money and China's stock market volatility: Further evidence using the GARCH-MIDAS model[J]. Physica A Statistical Mechanics & Its Applications, 2018.

(作者单位: 中国矿业大学)

## Research on bond market yield fluctuation and risk measurement

——Based on GARCH-MIDAS model analysis

**Abstract:** The bond market is an important supplement to China's financial market. The fluctuation of its yield has an important impact on China's financial market. This paper analyzes the fluctuation of the yield of China's bond market by using the generalized autoregressive conditional heteroscedasticity model (GARCH-MIDAS). The results show that among all the variables, the interest rate level and the Shanghai Composite Index closing price logarithmic rate of return The level value has a significant impact on bond market yield volatility, while at the volatility level, the volatility of all variables has a significant impact on bond yield volatility. Through the risk research on China's bond market, we can find that the period of higher yield risk is higher relative to the return or the loss is more serious, which is better to match the characteristics of high-risk and high-yield in China's bond market.

**Keywords:** Bond Yield; Bond Market Risk; GARCH-MIDAS; Mixing Data