



# 中国债券市场时变风险溢价 ——远期利率潜在信息

杨宝臣, 张 涵

天津大学 管理与经济学部, 天津 300072

**摘要:**近年来,中国债券市场发展迅速,在全球债券市场排行中紧跟美国和日本债券市场,已跃居世界第三。与此同时,中国债券市场亟需得到更多的关注和研究。

在2005年之前,中国债券市场被认为符合预期假说,即长短期债券间不存在风险溢价。由于预期假说假设投资者偏好为风险中性,而实际市场中的投资者偏好往往存在较大差异,因而债券市场风险溢价应长期存在。为研究该问题,直接关注零息债券持有期超额收益,力求捕捉风险溢价的时变特性。在Fama-Bliss和Cochrane-Piazzesi溢价预测模型的研究框架下,利用中国远期利率特性,构建远期利率差和远期利率组合两种预测因子。采用两种因子分别对中国债券市场风险溢价进行预测,探讨中国债券风险溢价的时变性。选取2006年至2015年中国零息国债即期利率数据,该区间能够完整覆盖中国债券市场的发展期,并涵盖金融危机时期或货币政策松、紧期。在此基础上,将宏观经济和货币政策代理变量引入预测模型,与远期利率组合进行多元预测对比,揭示远期利率所暗含的经济信息。此外,为充分验证预测结果的鲁棒性,进行多重共线性分析和样本外检验。

研究结果表明,预期假说在中国债券市场不成立,即中国债券市场存在明显的时变风险溢价,并且风险溢价随着期限的增加而升高。研究还发现远期利率组合的预测能力来源于两方面,一方面,自身蕴含了大量的宏观经济和货币政策信息,能够反映出经济状况对风险溢价的影响;另一方面,该组合属于水平型因子,能够很好地解释风险溢价中占比最高的成分,因此优于远期利率差这种斜率型因子,更好地刻画风险溢价中的系统性部分。

准确刻画时变风险溢价不仅可以辅助投资者进行交易决策,而且有利于更精确地构建中国债券理论期限结构。一个合适的利率期限结构能够指导中国政府制定正确的货币政策,有助于促进中国债券市场的发展以及完善中国债券市场结构。

**关键词:**债券风险溢价;时变性;远期利率;宏观经济;鲁棒性

**中图分类号:**F830.91

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1672-0334.2016.06.001

**文章编号:**1672-0334(2016)06-0002-15

## 1 引言

根据WIND资讯终端统计,截至2015年12月,中国债券市场总发行量已达到14.42万亿元人民币,市值突破36.76万亿元人民币,市场规模仅次于美国和日本。作为全球第三大债券市场,中国独特的经济条

件和货币政策,包括长达10年的利率市场化改革,使中国债券市场受到国内外的广泛关注。BAI et al.<sup>[1]</sup>、FAN et al.<sup>[2]</sup>和PILLAI et al.<sup>[3]</sup>对中国债券市场的发展和近况给出综合分析,发现中国债券市场在国际上的影响日益加深。

**收稿日期:**2016-05-24 **修返日期:**2016-08-24

**基金项目:**国家自然科学基金(71171144,71471129,71501140)

**作者简介:**杨宝臣,管理学博士,天津大学管理与经济学部教授,研究方向为金融计量学、金融工程与金融风险管理、固定收益证券管理等,代表性学术成果为“基于利率期限结构预测的债券组合风险管理”,发表在2012年第10期《金融研究》,E-mail:bchyang@tju.edu.cn

张涵,天津大学管理与经济学部博士研究生,研究方向为资产定价和固定收益证券组合优化等,代表性学术成果为“技术分析、主体异质性与资产定价”,已被《管理科学学报》录用,E-mail:zhanghan@tju.edu.cn

早期相关研究曾明确指出中国债券市场符合预期假说,如吴丹等<sup>[4]</sup>的研究。然而吴丹等<sup>[4]</sup>仅验证了2003年至2004年间的市场情况,并且未进行小样本检验,难以证实该研究结果的鲁棒性。但该研究为中国债券市场风险溢价的后续研究提供了重要的理论指导和实证经验。预期假说包括3个等价表述,① $N$ 年期债券到期收益率应等于滚动的未来即期利率预期的平均值,②远期利率应直接体现未来即期利率的增长,③持有期超额收益不能被预测。从第3个表述看,持有期超额收益能够直接代表债券市场的风险溢价。由此本研究从持有期超额收益的可预测性角度对债券风险溢价进行研究。

预期假说认为长短期零息债券间不存在风险溢价,然而根据WIND资讯终端的中国债券市场数据显示,2007年至2015年,2年期~5年期零息债券1年持有期超额收益从0.35%增加至0.76%,可以发现中国债券市场明显存在风险溢价。由此,中国学术界和业界将争论的焦点从溢价的存在性问题转移到时变问题上。捕捉风险溢价的变化趋势不仅利于投资者交易策略的选择,而且能改善现有利率期限结构模型的失配现象,进而对债券进行准确定价。因此,债券市场风险溢价是否具有可预测性、应如何选取预测变量以及预测变量潜在的经济含义都是值得探讨的问题。本研究就上述问题给出明确的答案。

## 2 相关研究评述

中国债券市场虽发展迅速但起步较晚,1981年才发行第一只国债,而美国债券市场已经历了近两个世纪的发展,因此国外债券领域的相关研究对中国能够起到重要的借鉴作用。FAMA et al.<sup>[5]</sup>利用远期利率与短期利率之差(远期利率差)作为预测变量,对2年期~5年期的零息国库券1年持有期超额收益进行预测,发现美国债券市场风险溢价具有可预测性,其 $R^2$ 最高可达到18%,充分体现了远期利率差的预测能力。CAMPBELL et al.<sup>[6]</sup>采用长短期利率差预测未来短期利率变化,间接证明了时变风险溢价的存在。此类研究采用的预测变量均随期限的变化而改变,因此风险溢价的截面趋势不能得以体现。COCHRANE et al.<sup>[7-8]</sup>扩展了上述研究,利用远期利率组合对零息国库券的持有期超额收益进行预测,不仅将 $R^2$ 提升到44%,清晰地解释了系统性时变风险溢价在截面上的变化趋势,而且将该因子纳入利率期限结构,改善了仿射模型的效果。ZHU<sup>[9]</sup>进一步将远期利率组合运用到全球债券市场中,发现利用国际债券市场历史数据获得的远期利率组合能够更有效地预测债券市场溢价,该因子与国际经济活动密切相关。

中国学者也从多个角度对债券市场风险溢价的时变性进行了深入研究。谢赤等<sup>[10]</sup>构建基于Kalman滤波的期限溢价估计模型,检验2001年至2006年上交所即期利率(期限包括3个月~12个月),发现中国存在明显的时变风险溢价;郑振龙等<sup>[11]</sup>选取2004年

至2008年周度数据,利用长短期利率差预测远期利率与未来即期利率间的风险溢价,间接证明了时变风险溢价的存在;李宏瑾<sup>[12]</sup>对预期假说模型进行期限溢价修正,通过引入风险溢价代理变量,验证修正后的预期假说模型适用于中国,进而佐证了中国债券市场存在时变风险溢价。上述研究采用的方法只能间接证实风险溢价的可预测性,未能从持有期超额收益的角度对风险溢价进行最直接的分析。本研究在COCHRANE et al.<sup>[7]</sup>的基础上,通过构建中国远期利率组合,直接对零息债券持有期超额收益进行预测,清晰地给出系统性风险溢价的时变特性和截面趋势。

需要注意的是,在构建远期利率组合时,首先要确定对应远期利率的权系数,该权系数的特性直接关系到远期利率组合的预测能力。在COCHRANE et al.<sup>[7]</sup>的研究中,美国远期利率组合预测能力较强,其系数呈帐篷形。然而在KESSLER et al.<sup>[13]</sup>对国际债券市场的研究中却发现,美国和德国等债券市场的远期利率组合带有波浪形的权系数。由于系数形状的改变,远期利率组合不再具有预测能力。随后SEKKEL<sup>[14]</sup>进行了类似的研究,发现除德国和挪威以外,包括美国在内的国际债券市场均还原了帐篷形的权系数,并且远期利率组合均具有较强的预测能力。通过对比上述研究的具体方法,发现SEKKEL<sup>[14]</sup>所选的预测变量剔除了2年期和4年期对应的远期利率,仅利用3个远期利率进行预测,避免了多重共线性的干扰。关于美国债券市场,KESSLER et al.<sup>[13]</sup>的预测结果明显受到了多重共线性的干扰,从而产生了波浪形权系数。此外,对比德国债券市场的研究结果可以发现,在剔除多重共线性的影响前后,权系数形状并未出现较大变化,由此可知有效的远期利率组合与本国的经济体制密切相关,其中可能蕴含了大量的宏观经济信息。本研究不仅对构建的远期利率组合进行鲁棒性检验,而且通过引入经济因素探讨中国远期利率组合蕴藏的信息。

近10年来,众多学者意识到经济因素与债券市场风险溢价有着密切联系,这些经济因素包括货币政策因素、宏观经济因素和经济环境因素等。关于货币政策因素方面,PIAZZESI<sup>[15]</sup>发现货币政策的改变会直接影响债券到期收益率,并且收益率的变化也会反作用于货币政策的制定。随后ANDERSSON et al.<sup>[16]</sup>以瑞典中央银行为研究对象,分析不同货币政策信息对利率期限结构的影响,认为再回购利率的变化对短期到期收益率的影响程度较高,而执行董事会成员演讲内容则对长期到期收益率有所影响。针对中国债券市场,FAN et al.<sup>[17]</sup>将货币政策代理变量(1年期存款利率)作为状态变量构建了中国债券到期收益率模型;郭涛等<sup>[18]</sup>发现了货币政策与利率期限结构间的关系,即调整存款准备金率能够收回过多的流动性,对市场利率仅有短暂的影响,而调整基准利率能够直接影响利率,尤其是短期利率;黄国平等<sup>[19]</sup>发现货币政策与债券市场间的相互影响较

小,货币政策功能尚未发挥作用。由于此类研究只专注于货币政策与债券到期收益率的关系,因此未能全面地探索经济因素与债券溢价的关系,也未能解释货币政策是否能够直接影响债券风险溢价。关于宏观经济因素方面,JOYCE et al.<sup>[20]</sup>将英国债券市场利率分解为4个部分,包括实际政策利率预期、通货膨胀预期、实际期限溢酬和通货膨胀风险溢价,揭示了通货膨胀因素对债券溢价的作用;WRIGHT<sup>[21]</sup>从另一个角度将远期利率分解为未来短期利率的预期与风险溢价之和,研究通货膨胀对溢价的作用;CREAL et al.<sup>[22]</sup>也发现通货膨胀和经济增长的波动能够直接驱动时变风险溢价的变化;王一鸣等<sup>[23]</sup>针对中国债券市场分析储蓄存款和消费价格指数等宏观因素对债券到期收益率的影响。上述研究虽采用不同的研究方法探讨不同的债券市场活动,但均发现宏观经济因素对债券长短期利率有较程度的影响。在此基础上,部分研究还纳入了经济环境因素。FRICKE et al.<sup>[24]</sup>将持有期超额收益直接分解为期望超额收益和创新,研究结果不仅显示了期望超额收益与宏观经济变量相关,而且发现溢价中的创新部分会受经济环境的影响,尤其在金融危机前后影响程度较高。AUDRINO et al.<sup>[25]</sup>从代表实际通货膨胀的宏观经济因子中提取出水平和波动两组成分,用来预测长期债券的风险溢价,在研究宏观经济因素影响的同时,还发现了该水平和波动成分均与美国经济周期有着很强的相关性。

需要指出的是,LUDVIGSON et al.<sup>[26]</sup>的研究与本研究方法类似,即构建合适的因子并对持有期超额收益进行预测,他们考察了132个美国宏观经济相关指标(不包括货币政策方面)对持有期超额收益的预测能力,发现宏观经济因素对期限溢酬具有较强的预测能力。范龙振等<sup>[27]</sup>和FAN et al.<sup>[28]</sup>针对中国债券市场利用同样的方法研究债券溢价与经济因素的关系,发现持有期超额收益与实际存款利率和通货膨胀率正相关,与实际消费增长率和货币供给量增长负相关;郑振龙等<sup>[29]</sup>首先在国债利率期限结构中分解出了潜藏因子,并采用所构建的潜藏因子直接预测持有期超额收益,发现潜藏因子的预测能力来源于其所暗含的信息,其中包括通货膨胀和宏观流动性信息,而不包括经济增长信息。与上述研究不同,本研究不仅构建系统性预测因子,较完整地刻画中国债券风险溢价的系统性部分,而且首次将远期利率和经济变量同时纳入研究中,揭示中国远期利率组合所隐藏的宏观经济和货币政策信息。

本研究采用远期利率差和远期利率组合两种预测变量探讨中国债券市场风险溢价的时变性和截面趋势。同时,引入多种宏观经济变量和货币政策代理变量,分析相关经济变量对持有期超额收益的预测能力,并发现远期利率的潜在信息。

### 3 时变风险溢价

首先给出风险溢价的3类定义以及持有期超额

收益与远期利率差和远期利率组合的相关关系。在此基础上,简述本研究遵循的研究方法,包括Fama-Bliss 风险溢价预测模型<sup>[5]</sup>和基于远期利率组合的Cochrane-Piazzesi 预测模型<sup>[7]</sup>,并分析两类模型的特性。

#### 3.1 风险溢价定义

零息债券的风险溢价通常采用到期收益率溢价、远期利率溢价和持有期超额收益3种方式表示。到期收益率溢价为长期零息债券的到期收益率与未来短期债券滚动到期收益率的平均期望之差,即

$$ye_t^N = y_t^N - \frac{1}{N} E_t(y_t^1 + y_{t+1}^1 + y_{t+2}^1 + \dots + y_{t+N-1}^1) \quad (1)$$

其中,上标为债券到期期限,1为1年期债券, $N$ 为 $N$ 年期债券; $t$ 为交易时刻; $ye_t^N$ 为 $t$ 时刻长短期债券的到期收益率溢价; $y_t^N$ 为 $t$ 时刻 $N$ 期零息债券连续复利式到期收益率; $E(\cdot)$ 为条件期望算子。 $y_t^N$ 的定义式为

$$y_t^N = -\frac{p_t^N}{N}$$

其中, $p_t^N$ 为 $N$ 期零息债券的对数价格。

远期利率溢价为远期利率与未来即期利率预期的差,即

$$fe_t^N = f_t^N - E_t(y_{t+N}^1) \quad (2)$$

其中, $fe_t^N$ 为远期利率溢价; $f_t^N$ 为 $t$ 时刻 $N$ 期债券的对数远期利率,表示在 $t$ 时刻锁定 $(t+N-1)$ 时刻的短期利率,即 $f_t^N = p_{t+N-1}^{N-1} - p_t^N$ 。根据相应的起始端、持续期和结束端,远期利率通常具有3种等价的定义方式,如期限为3的债券远期利率可以表示为 $f_t^2$ (起始端)、 $f_t^{2-3}$ (持续期)和 $f_t^3$ (结束端)。为避免混淆,本研究均采用结束端进行定义。

持有期超额收益为债券持有期收益与短期利率的差,即

$$E_t(hre_{t+1}^N) = E_t(hr_{t+1}^N) - y_t^1 \quad (3)$$

其中, $hre_{t+1}^N$ 为持有期超额收益; $hr_{t+1}^N$ 为 $N$ 期零息国债的持有期收益(持有期为1期),即 $hr_{t+1}^N = p_{t+1}^{N-1} - p_t^N$ 。

#### 3.2 远期利率预测作用

依据(1)式~(3)式可以将预期理论表示为如下3种形式,即

$$y_t^N = \frac{1}{N} E_t(y_t^1 + y_{t+1}^1 + y_{t+2}^1 + \dots + y_{t+N-1}^1) \quad (4)$$

$$f_t^N = E_t(y_{t+N}^1) \quad (5)$$

$$E_t(hre_{t+1}^N) = 0 \quad (6)$$

从(5)式和(6)式可以看出,预期理论认为远期利率的增长能够完全反映即期利率在未来的增长趋势,并且持有期超额收益不能被预测。由此,多数研究都采用远期利率作为预测变量,从未来即期利率或持有期超额收益的角度对债券风险溢价进行研究。本研究遵循FAMA et al.<sup>[5]</sup>和COCHRANE et al.<sup>[7]</sup>的研究,分别采用远期利率差和远期利率组合对持有期超额收益进行预测。

##### (1) 远期利率差

依据债券到期收益率和持有期收益的定义以及持有期超额收益的定义(3)式可以得到

$$hre_{i+1}^N = N(y_i^N - y_{i+1}^{N-1}) + y_{i+1}^{N-1} - y_i^1 \quad (7)$$

则期限为2的零息债券持有期超额收益可以表示为

$$hre_{i+1}^2 = -(y_{i+1}^1 - y_i^1) + (f_i^2 - y_i^1) \quad (8)$$

两边同时取期望,则

$$E_i(hre_{i+1}^2) = -E_i(y_{i+1}^1 - y_i^1) + (f_i^2 - y_i^1) \quad (9)$$

由此可知,在期限为2时,如果远期利率差( $f_i^2 - y_i^1$ )能够完全预测未来即期利率,即远期利率的增加意味着在未来对应时刻的即期利率也会增加,则预期假说成立,持有期超额收益不存在;反之,则远期利率能够直接预测持有期超额收益的变化,这表示零息债券间存在时变风险溢价。因此,用远期利率差可以同时从到期收益率溢价和持有期超额收益两方面检验债券时变风险溢价。Fama-Bliss预测方程为

$$hre_{i+1}^n = \alpha + \beta_{FB1}^n (f_i^n - y_i^1) + \varepsilon_{i+1}^n \quad (10)$$

$$y_{i+n-1}^1 - y_i^1 = \alpha + \beta_{FB2}^n (f_i^n - y_i^1) + \varepsilon_{i+1}^n \quad (10)$$

$$n = 2, 3, \dots, N$$

其中, $\alpha$ 为回归截距项, $\beta_{FB1}^n$ 和 $\beta_{FB2}^n$ 为回归系数, $\varepsilon_{i+1}^n$ 为残差项, $y_{i+n-1}^1 - y_i^1$ 为未来即期利率的增长。

#### (2) 远期利率组合

持有期超额收益与远期利率可以建立如下关系,即

$$\begin{aligned} hre_{i+1}^N &= p_{i+1}^{N-1} - p_i^N + p_i^1 \\ &= p_{i+1}^{N-1} + [-p_i^N + p_i^{N-1}] + [-p_i^{N-1} + p_i^{N-2}] + \dots + \\ &\quad [-p_i^2 + p_i^1] \\ &= p_{i+1}^{N-1} + f_i^2 + f_i^3 + \dots + f_i^N \end{aligned} \quad (11)$$

由(11)式发现, $N$ 期债券的持有期超额收益与所有远期利率都相关。因此利用多个远期利率构建远期利率组合,能够有效地运用来自远期利率期限结构中的有用信息,从而对持有期超额收益进行预测。构建远期利率组合,首先利用多个远期利率对各期限债券的持有期超额收益进行多元回归,即

$$hre_{i+1}^n = \beta_0^n + \beta_1^n y_i^1 + \beta_2^n f_i^2 + \dots + \beta_N^n f_i^N + \varepsilon_{i+1}^n \quad (12)$$

其中, $\beta_N^n$ 为回归系数。(12)式中将所有远期利率作为预测变量,检验任意期限的回归系数是否存在某种相似性。若存在明显的相似性,则可以构建远期利率组合,其权系数的确定取决于下式,即

$$\begin{aligned} \overline{hre}_{i+1} &= \gamma_0 + \gamma_1 y_i^1 + \gamma_2 f_i^2 + \dots + \gamma_N f_i^N + \overline{\varepsilon}_{i+1} \\ &= \gamma^T f_i + \overline{\varepsilon}_{i+1} \end{aligned} \quad (13)$$

其中, $\overline{hre}_{i+1}$ 为平均持有期超额收益, $\overline{hre}_{i+1} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N hre_{i+1}^n$ ;  $\gamma$ 为远期利率权系数向量, $\gamma = [\gamma_0 \ \gamma_1 \ \gamma_2 \ \dots \ \gamma_N]$ ;  $f_i$ 为远期利率向量, $f_i = [1 \ y_i^1 \ f_i^2 \ \dots \ f_i^N]^T$ ;  $\gamma^T f_i$ 为远期利率组合; $\overline{\varepsilon}_{i+1}$ 为回归残差。 $\gamma^T f_i$ 对应的持有期超额收益预测方程为

$$hre_{i+1}^n = b_n (\gamma^T f_i) + \varepsilon_{i+1}^n \quad (14)$$

其中, $b_n$ 为回归系数。

远期利率差和远期利率组合各自拥有不同的特点,前者利用对应期限的远期利率预测持有期超额收益,不能探讨长期债券是否对短期债券的影响。Fama-Bliss回归侧重验证预期假说是否适用于债券市

场,难以刻画风险溢价的系统性部分。虽然该方法能够体现短期时远期利率、未来即期利率和持有期超额收益三者间的关系,但在长期时上述关系则不成立。后者侧重于刻画债券间的系统性风险,对于任意债券收益预测均采用唯一预测变量,能够通过 $b_n$ 体现零息债券风险溢价随期限变化的趋势。此外,远期利率差属于斜率型变量,而远期利率组合属于水平型变量,通过对比两种预测结果,能够从水平层面和斜率层面了解风险溢价的可预测性。

## 4 实证分析

### 4.1 样本描述

本研究选用中债零息国债的即期利率和持有期超额收益作为研究对象,数据频率为月度。债券期限间隔设为1个季度,总计20个不同期限的国债,其中超额收益的持有期为1个季度。关于债券收益的持有期选择,国外研究通常选用1个季度或1年持有期。由于受到数据的限制,中国的研究一般采用较短的持有期,包括7天、1个月或1个季度。由于价格需要一定的时间对市场信息做出反应,依据持有期收益定义可知,过短的持有期会造成持有期收益过小,不利于验证债券间的风险溢价。然而若选用1年作为持有期,则会失去较高频率段的信息。因此,本研究选用1个季度作为债券的持有期,即期利率样本区间为2006年3月至2015年9月,涵盖了货币政策松、紧时期和金融危机时期。依据定义式获得持有期超额收益样本区间为2006年6月至2015年9月。利率均转化为连续复利形式并经过年化处理。此外,选取CPI同比增长率作为通货膨胀变量,记为CPI;用社会消费品零售总额同比增长率衡量消费增长,记为CG;用货币供应量 $M_1$ 增长率衡量货币冲击,记为 $M_1$ ;用1年期存款利率作为货币政策的代理变量,记为DR。数据全部来源于WIND资讯金融终端。

表1给出对样本数据的描述性统计结果,(A)~(C)部分给出即期利率、远期利率和持有期超额收益的相关描述性统计,(D)部分给出相关经济变量的描述性统计,两部分均包括均值、标准差、偏度、峰度、1阶~4阶自相关系数以及JB统计量和ADF统计量。表1中,变量上标为期限,4、8、12、16和20为季度个数,分别对应1年~5年时间长度。经验证,其余期限债券均具有相似的结果。需要特别指出的是,本研究只报告了期限为4个季度(1年期)、8个季度(2年期)、12个季度(3年期)、16个季度(4年期)和20个季度(5年期)期限的5个零息国债的相关描述性统计结果。其原因包括两方面:一方面,为了充分体现风险溢价的截面趋势,同时避免相关表格过于冗长;另一方面,为了与已有相关研究保持一致,以进行对比研究。由表1可知,即期利率和远期利率的偏度值近似于0,即期利率和短期债券远期利率的峰度值在2左右,长期债券远期利率峰度值更接近于3。即期利率和远期利率的JB统计量均相对较小,验证了即期利率和远期利率符合正态分布。而债券持有期超

额收益的偏度值均在1附近,峰度值较高,呈现尖峰厚尾特征,JB统计量也说明了超额收益不符合正态分布。此外,从1阶~4阶自相关系数可知,即期利率和远期利率1阶自相关性很高,能够达到80%~90%,即使是4阶自相关系数也能保持在30%~60%的较高水平上,因此该两组数据表现出较强的自相关性;ADF统计量较小,表示即期利率和远期利率为非平稳序列。而持有期超额收益自相关性较弱,3阶和4阶自相关系数均在0附近;ADF统计量相对较高,检验结果显示该组时间序列在1%置信度下为平稳序列。相关经济变量中消费增长与1年期存款利率均呈现非正态分布特征。综上,由于多组数据的特性差异较大,部分时间序列呈现非正态分

布和非平稳性特征,因此不能直接采用OLS进行实证研究。根据样本描述结果,本研究均采用广义矩估计,并采用Hansen-Hodrick法<sup>[30]</sup>修正标准差,采用Newey-West法<sup>[31]</sup>修正 $\chi^2$ 统计量,以解决回归中可能产生的序列自相关和异方差问题。

#### 4.2 预测结果分析

##### (1) 远期利率差

由(9)式可知,远期利率、持有期超额收益和未来即期利率增长三者间存在一定的关系,因此利用远期利率差能够从两方面验证中国债券市场的时变风险溢价。由于期限间隔为一个季度,而本研究所需验证的债券期限为1年~5年,因此预测方程(10)式具体形式为

表1 样本数据描述性统计结果

Table 1 Results of the Sample Data Description Statistics

	基本描述				自相关系数				统计量	
	均值/%	标准差/%	偏度	峰度	1阶	2阶	3阶	4阶	JB	ADF
(A) 即期利率										
$y_t^1$	2.06(0.07)	0.70	0.04	2.38	0.72	0.60	0.54	0.44	1.85	-4.11***
$y_t^4$	2.63(0.08)	0.80	-0.33	2.12	0.93	0.82	0.72	0.63	5.58*	-1.82
$y_t^8$	2.84(0.07)	0.75	-0.34	2.21	0.94	0.85	0.75	0.66	5.14*	-1.81
$y_t^{12}$	3.02(0.06)	0.67	-0.24	2.30	0.94	0.84	0.72	0.61	3.40	-2.00
$y_t^{16}$	3.18(0.06)	0.61	-0.12	2.25	0.93	0.82	0.70	0.58	2.92	-2.07
$y_t^{20}$	3.28(0.05)	0.55	0.03	2.08	0.92	0.81	0.67	0.55	3.95	-2.18
(B) 远期利率										
$f_t^4$	3.20(0.10)	1.08	0.07	2.08	0.84	0.76	0.68	0.59	4.06	-3.00**
$f_t^8$	3.22(0.07)	0.72	-0.26	2.37	0.92	0.81	0.72	0.61	3.11	-2.28
$f_t^{12}$	3.49(0.06)	0.60	-0.08	2.64	0.84	0.69	0.51	0.36	0.72	-2.81*
$f_t^{16}$	3.78(0.05)	0.57	0.34	3.15	0.85	0.65	0.45	0.32	2.25	-3.03**
$f_t^{20}$	3.79(0.05)	0.51	0.44	2.96	0.74	0.59	0.41	0.33	3.55	-4.01***
(C) 持有期超额收益										
$hre_t^4$	1.12(0.19)	1.97	0.79	4.08	0.73	0.40	0.11	0.01	17.18***	-4.09***
$hre_t^8$	1.05(0.35)	3.71	1.06	5.38	0.77	0.39	0.06	-0.03	47.43***	-3.77***
$hre_t^{12}$	1.24(0.51)	5.38	1.08	6.14	0.78	0.40	0.08	-0.02	67.59***	-3.68***
$hre_t^{16}$	1.47(0.66)	6.98	0.98	5.99	0.78	0.40	0.07	-0.04	59.64***	-3.64***
$hre_t^{20}$	1.44(0.79)	8.35	0.78	5.80	0.77	0.40	0.05	-0.06	47.92***	-3.76***
(D) 宏观经济和货币政策变量										
CPI	2.98(0.22)	2.28	0.32	3.00	0.95	0.90	0.83	0.73	1.88	-1.55
CG	13.05(0.22)	2.31	0.72	2.65	0.74	0.74	0.70	0.66	10.37***	-3.94***
$M_1$	-0.20(0.40)	4.12	0.34	3.04	0.68	0.56	0.31	0.32	2.12	-4.56***
DR	2.93(0.06)	0.59	0.54	2.43	0.95	0.87	0.79	0.69	6.98**	-1.20

注:\*为在10%的水平上显著,\*\*为在5%的水平上显著,\*\*\*为在1%的水平上显著;括号内数据为标准误差。下同。

表2 基于远期利率差的预测结果  
Table 2 Forecast Result Based on Forward Spreads

期限	持有期超额收益				未来即期利率增长			
	$\alpha$	$\beta_{FB_1}^n$	$R^2$	$\chi^2$	$\alpha$	$\beta_{FB_2}^n$	$R^2$	$\chi^2$
4(1年)	-0.25 (0.26)	1.19 (0.24)	0.28	30.17 <0.00>	0.05 (0.30)	-0.03 (0.23)	0.001	0.02 <87.83>
8(2年)	-0.01 (0.95)	0.92 (0.58)	0.02	2.61 <10.61>	0.18 (0.51)	-0.12 (0.55)	0.004	0.06 <81.00>
12(3年)	0.01 (1.56)	0.86 (0.71)	0.01	1.62 <20.36>	-0.84 (-0.17)	0.67 (0.02)	0.20	13.92 <0.02>
16(4年)	-0.51 (2.29)	1.14 (1.01)	0.02	1.49 <22.28>	-0.98 (0.27)	0.66 (0.06)	0.29	121.21 <0.00>
20(5年)	-0.37 (2.79)	1.04 (1.33)	0.01	0.71 <40.03>	-1.56 (0.27)	0.97 (0.12)	0.57	51.24 <0.00>

注:圆括号中的数据为标准误差,角括号中的数据为p值,下同。

$$\begin{aligned}
 hre_{i+1}^n &= \alpha + \beta_{FB_1}^n (f_i^n - y_i^1) + \varepsilon_{i+1}^n \\
 y_{i+n-1}^1 - y_i^1 &= \alpha + \beta_{FB_2}^n (f_i^n - y_i^1) + \varepsilon_{i+n-1}^n \\
 n &= 4, 8, 12, 16, 20
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

(15)式表示采用远期利率差作为自变量分别对持有期超额收益和未来即期利率增长进行预测。表2给出对应期限的预测结果,包括回归系数 $\beta_{FB_1}^n$ 和 $\beta_{FB_2}^n$ 、 $R^2$ 和 $\chi^2$ 的结果。

对比表2中 $\beta_{FB_1}^n$ 和 $\beta_{FB_2}^n$ 的结果可知,期限为1年时, $\beta_{FB_1}^4$ 为1.19,且经过Newey-West法修正后的 $\chi^2$ 为30.17,表明回归系数显著不为零; $R^2$ 为0.28,说明持有期超额收益能够很好地被远期利率差预测。在对应的未来即期利率增长预测中, $\beta_{FB_2}^4$ 仅为-0.03且未通过显著性检验,同时 $R^2$ 几乎为零,说明中国债券市场未来即期利率的变动在短期不能由远期利率差预测。随着期限的增加,远期利率差对超额收益的预测能力下降,在5年期时, $R^2$ 仅为0.01。反之,在长期时远期利率差能很好地预测未来即期利率增长。在3年期~5年期, $\beta_{FB_2}^n$ 由0.67增加至0.97,几乎接近于1,同时 $\chi^2$ 也从13.92上升为51.24,从而验证了回归系数的显著性。另外 $R^2$ 增加了0.37,在5年期时达到0.57。从整体趋势看,基于远期利率差的结果说明中国债券市场在短期存在明显的时变风险溢价,而在长期时无明显风险溢价。

观察表2的前两行,发现1年期债券的预测结果给出了另一种暗示。在超额收益预测结果中, $R^2$ 的最大值仅为0.28,这意味着远期利率差只能预测部分收益变化,仍有超过三分之二的波动性未得到解释。远期利率差是远期利率与短期利率的差值,这类变量仅蕴含了“斜率”层面上的信息,难以较好地预测来自超额收益“水平”部分的波动性。通过特征根分解发现,中国持有期超额收益中“水平”成分占比最高,达到76%,而斜率成分只占14%,其余成分总和

为10%,因此仅预测“斜率”成分难以体现完整的风险溢价。因此,该预测结果并不能完全真实地体现中国实际债券市场风险溢价的时变性和截面趋势。

(2)远期利率组合

远期利率组合将所有对应期限的远期利率进行加权,所包含的信息量远大于远期利率差。构建远期利率组合首先根据(12)式进行多元回归,验证各期限债券收益的回归系数 $\beta$ 是否具有类似的变化趋势。但由于所选债券以季度为期限间隔,因此会产生20个不同期限所对应的远期利率,导致预测方程中的自变量过多。为减少自变量数量并保证不失去主要的信息,最终选择期限为1、4、8、12、16、20个季度的债券所对应的远期利率,即 $y_i^1, f_i^4, f_i^8, f_i^{12}, f_i^{16}$ 和 $f_i^{20}$ 作为自变量。预测方程的具体形式为

$$\begin{aligned}
 hre_{i+1}^n &= \beta_0^n + \beta_1^n y_i^1 + \beta_2^n f_i^4 + \beta_3^n f_i^8 + \beta_4^n f_i^{12} + \beta_5^n f_i^{16} + \\
 &\quad \beta_6^n f_i^{20} + \varepsilon_{i+1}^n \\
 n &= 4, 8, 12, 16, 20
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

基于多个远期利率对持有期超额收益的预测结果见表3。在1年期债券收益的预测中, $R^2$ 达到了0.48,与基于远期利率差的预测结果相比,提高了将近一倍。对比表2和表3的整体趋势可以看出,长期债券收益不能被远期利率差所预测,但能够很好地被多个远期利率预测。在5年期时, $\chi^2$ 为23.10,表示回归系数 $\beta_1^{20} \sim \beta_6^{20}$ 显著联合不为零,同时 $R^2$ 达到0.21(表2中为0.01)。结果表明,采用远期利率直接预测债券收益能够更好地呈现中国债券市场的风险溢价时变性。在表3中,横向对比 $\beta_1^n \sim \beta_6^n$ ,可以看出回归系数呈波浪形变化趋势,纵向对比每一列的回归系数(如 $\beta_1^4 \sim \beta_1^{20}$ ),则发现系数绝对值基本随着期限的增加而升高。对应表3中第3列~第8列的回归结果,图1(a)给出更直观的系数变化图。由图1(a)能够明显看出各期限债券的回归系数具有相同的变化趋势,均呈波浪形,并且期限越长,这一趋势越明显。因此利用这

表3 基于多个远期利率的预测结果  
Table 3 Forecast Result Based on Multiple Forward Rates

期限	$\beta_0^n$	$\beta_1^n$	$\beta_2^n$	$\beta_3^n$	$\beta_4^n$	$\beta_5^n$	$\beta_6^n$	$R^2$	$\chi^2$
4(1年)	-1.48 (0.88)	0.21 (0.30)	2.14 (0.41)	-2.19 (0.48)	0.64 (0.62)	-0.39 (0.71)	0.43 (0.43)	0.48	88.68 <0.00>
8(2年)	-2.47 (2.23)	-0.03 (0.71)	2.88 (1.00)	-2.39 (1.14)	0.76 (1.03)	-0.87 (1.36)	0.71 (0.99)	0.27	25.10 <0.00>
12(3年)	-5.99 (3.59)	-0.41 (1.08)	3.33 (1.53)	-3.18 (1.76)	3.30 (1.32)	-1.77 (1.82)	0.73 (1.45)	0.23	24.84 <0.00>
16(4年)	-11.42 (4.91)	-0.83 (1.40)	3.46 (1.95)	-2.87 (2.26)	2.67 (1.64)	0.66 (2.30)	0.24 (1.85)	0.22	28.19 <0.00>
20(5年)	-19.36 (6.43)	-0.68 (1.76)	3.44 (2.18)	-2.99 (2.86)	2.80 (2.12)	0.30 (2.57)	2.60 (2.16)	0.21	23.10 <0.00>

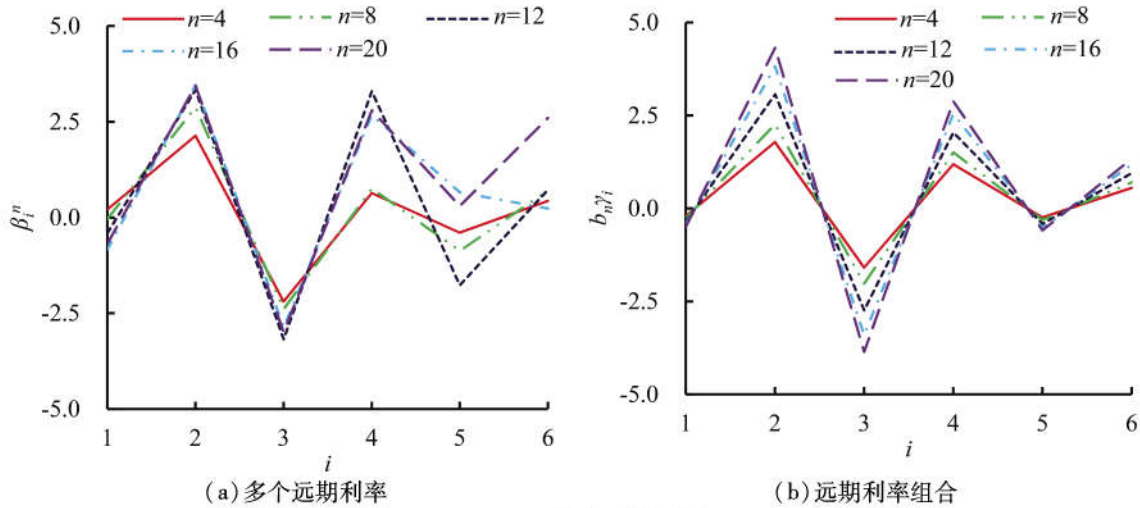


图1 回归系数对比  
Figure 1 Comparison with Regression Loadings

表4 系数估计结果  
Table 4 Loading Estimates Results

系数	$\gamma_0$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\gamma_5$	$\gamma_6$	$R^2$	$\chi^2$
结果	-8.14 (3.45)	-0.35 (1.03)	3.05 (1.40)	-2.72 (1.62)	2.03 (1.28)	-0.41 (1.71)	0.94 (1.34)	0.24	26.00 <0.00>

一趋势可以构建适用于中国债券市场的远期利率组合。

根据(16)式将所需预测的债券持有期超额收益加权平均,即

$$\overline{hre}_{i+1} = \frac{1}{5} (hre_{i+1}^4 + hre_{i+1}^8 + hre_{i+1}^{12} + hre_{i+1}^{16} + hre_{i+1}^{20}) \quad (17)$$

利用远期利率对平均超额收益进行预测,即

$$\begin{aligned} \overline{hre}_{i+1} &= \gamma_0 + \gamma_1 y_i^1 + \gamma_2 f_i^4 + \gamma_3 f_i^8 + \gamma_4 f_i^{12} + \gamma_5 f_i^{16} + \\ &\quad \gamma_6 f_i^{20} + \bar{\varepsilon}_{i+1} \\ &= \boldsymbol{\gamma}^T \mathbf{f}_i + \bar{\varepsilon}_{i+1} \end{aligned} \quad (18)$$

其中,  $\boldsymbol{\gamma} = [\gamma_0 \ \gamma_1 \ \gamma_2 \ \dots \ \gamma_6]^T$

$$\mathbf{f}_i = [1 \ y_i^1 \ f_i^4 \ f_i^8 \ f_i^{12} \ f_i^{16} \ f_i^{20}]^T$$

表4给出 $\boldsymbol{\gamma}$ 的估计结果。以表4中的 $\boldsymbol{\gamma}$ 值作为对应远期利率的权重系数,构建远期利率组合。预测方程(14)式的具体形式为

$$hre_{i+1}^n = b_n (\boldsymbol{\gamma}^T \mathbf{f}_i) + \varepsilon_{i+1} \quad n = 4, 8, 12, 16, 20 \quad (19)$$

其中,  $\boldsymbol{\gamma}^T \mathbf{f}_i$  为预测变量。

表5给出基于远期利率组合的预测结果,同时还包括表2和表3中 $R^2$ 和 $\chi^2$ 值,用以进行对比。

图1(b)给出1年期~5年期债券对应的  $b_n [\gamma_1 \ \gamma_2 \ \gamma_3 \ \gamma_4 \ \gamma_5 \ \gamma_6]$  结果。由表5中  $b_4 \sim b_{20}$  的实证

结果可知,1年期~5年期零息债券均具有明显的时变溢价,并且期限越长,溢价越高。在1年期时,系数 $b_1$ 为0.58且显著,这一结果与基于多个远期利率和基于远期利率差的预测结果一致。对比 $R^2$ 发现,相对于多元预测, $R^2$ 减小了0.11,但高于基于远期利率差的预测结果( $R^2=0.28$ )。在短期时,预测结果未超过多元预测效果,但仅用单一预测变量 $R^2$ 仍可以达到0.37,同时还避免了多元回归中的问题。针对3年期~5年期债券, $R^2$ 与多元预测中的 $R^2$ 几乎相同。对比图1(a)与图1(b)可知,远期利率组合的系数变化趋势与多元预测中的 $\beta_i^*$ 相一致。除 $f_t^5$ 的回归系数差异较大以外,其余变量的回归系数基本相同。实证结果说明远期利率组合单一预测变量弥补了远期利率差和远期利率多变量的不足,能够有效地预测中国债券市场的时变风险溢价。

4.3 对比分析

为了更好地对比远期利率组合和远期利率差所代表的水平型变量和斜率型变量对中国债券市场风险溢价的预测效果,图2给出预测出的持有期超额收益时间序列和中国零息国债实际平均持有期超额收益的时间序列。根据 $\gamma^T f_t$ 的高低在图2中用点线标

注出几个典型的波峰和波谷,标注顺序依次为2006年5月、2006年7月、2007年11月、2008年3月、2008年9月、2008年12月、2011年8月、2011年12月、2013年12月和2014年1月。与前8个日期对应的远期利率曲线见图3。

观察图2中的整体趋势,发现利用远期利率差预测出的超额收益时间序列较为平缓,而基于远期利率组合获得的超额收益序列波动性较高。在2013年12月至2014年1月期间,远期利率差与远期利率组合预测结果一致,正确地体现了持有期超额收益的变化趋势,其中远期利率组合的预测准确度较高。在2006年5月至2006年7月期间,实际市场的持有期超额收益呈现上升趋势,利用远期利率组合获得的预测结果在该区间内也体现了正确的变化趋势,而远期利率差的预测结果则没有体现收益的增加。同样在2007年11月至2008年3月、2008年9月至2008年12月和2011年8月至2011年12月期间,实际持有期超额收益均大幅下跌,远期利率组合的预测结果与实际收益变化趋势相符,虽波动幅度并非完全吻合,但与远期利率差结果相比已经在较大程度上正确地预测了实际收益变化。

表5 基于远期利率组合的预测结果  
Table 5 Forecast Results Based on Forward Rate Portfolio

期限	远期利率组合			多个远期利率		远期利率差	
	$b_n$	标准差	$R^2$	$R^2$	$\chi^2$	$R^2$	$\chi^2$
4(1年)	0.58***	(0.08)	0.37	0.48	88.68***	0.28	30.17***
8(2年)	0.74***	(0.20)	0.23	0.27	25.10***	0.02	2.61
12(3年)	1.01***	(0.31)	0.22	0.23	24.84***	0.01	1.62
16(4年)	1.25***	(0.42)	0.21	0.22	28.19***	0.02	1.49
20(5年)	1.42***	(0.50)	0.20	0.21	23.10***	0.01	0.71

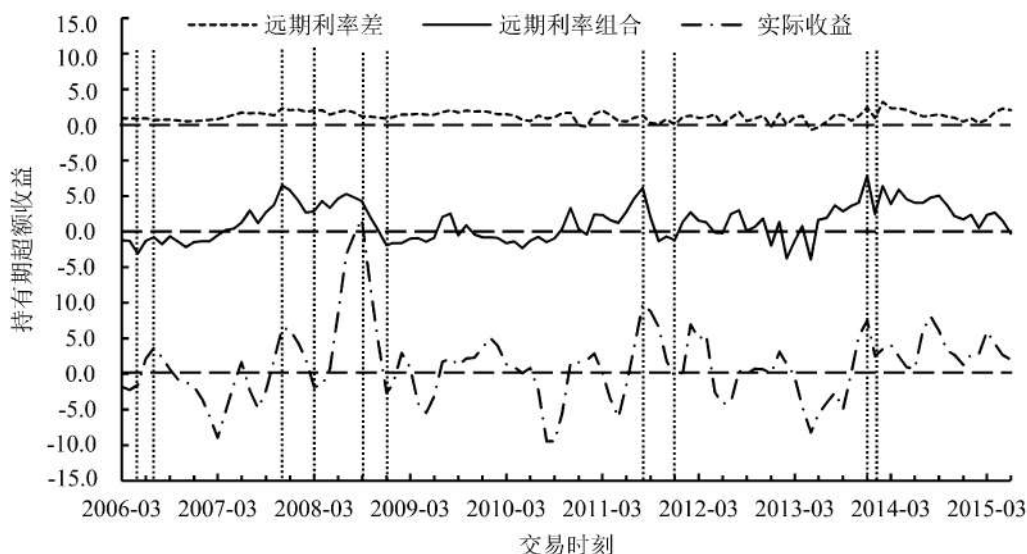


图2 预测结果与实际收益对比结果  
Figure 2 Comparison Results with Forecasts and Ex-post Returns



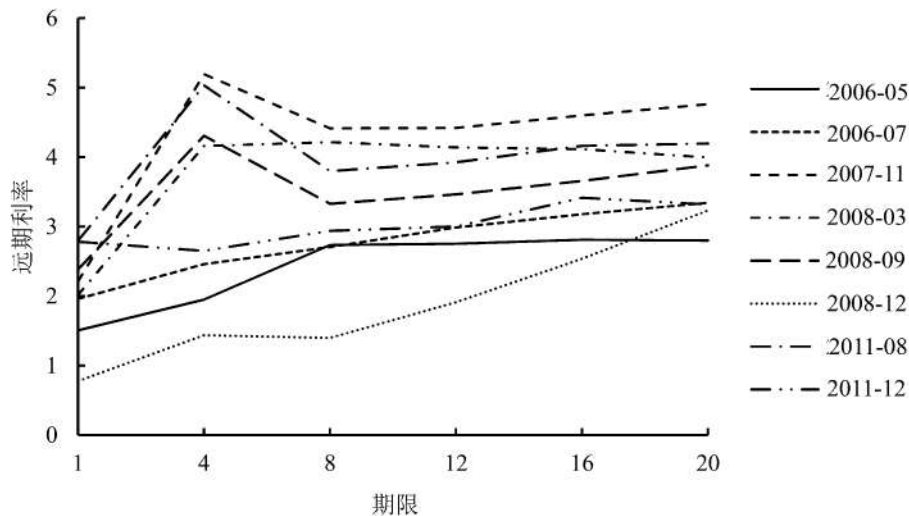


图3 特定日期的远期利率曲线

Figure 3 Forward Rate Curves on Specific Date

在中国债券市场中,两种方法的预测结果差异较大,其原因在于中国远期利率曲线具有的独特性。由图3可知,中国债券市场中远期利率基本随期限增加而升高,但在短期时会出现突变现象,与图1中远期利率权系数的形状相对应。在美国债券市场中,COCHRANE et al.<sup>[7]</sup>给出帐篷形的远期利率期限结构图,与帐篷形的远期利率权系数相对应。采用远期利率差作为预测变量,在预测长期债券持有期超额收益时无法将短期突变现象所蕴含的信息包含在内,因此对于长期债券,其预测能力骤降。而远期利率组合则利用短期和长期债券的所有信息对收益进行预测,因而预测精度大幅度提升。远期利率曲线呈现出轻微的波浪形特点,远期利率组合的权系数也呈相应的波浪形状,因而加权后的远期利率组合能够放大远期利率曲线的特性。例如2006年5月短期利率 $y_t^1$ 和5年期对应的远期利率 $f_t^{20}$ 分别为1.51和2.80,远期利率差为1.29;2006年7月 $y_t^1 = 1.96$ 且 $f_t^{20} = 3.34$ ,远期利率差为1.38。近乎相同的远期利率差使预测结果难以区分2006年5月和2006年7月两个时间内的持有期超额收益。而 $\gamma^T f_t$ 能够充分利用2006年5月的波浪形远期利率,使 $\gamma^T f_t$ 在该时刻处于较高的位置,而在2006年7月通过系数与反波浪形远期利率的抵消作用,降低了 $\gamma^T f_t$ 。因而远期利率组合可以准确地预测出在2006年5月至7月间持有期超额收益的上升趋势。由于远期利率组合包含了远期利率期限结构中的重要信息,而期限结构又与经济因素相关,因此后文将进一步验证远期利率组合与经济因素的关系。

## 5 鲁棒性检验

实证结果表明中国长短期零息债券间存在明显的时变风险溢价,并且采用远期利率组合能够较好地预测持有期超额收益变化趋势。中国远期利率组合的权系数形状与美国不同。关于美国的研究中,

COCHRANE et al.<sup>[7]</sup>得到了帐篷形的权系数。随后SEKKEL<sup>[14]</sup>的研究确认了由帐篷形权系数进行加权后的远期利率组合能够有效预测美国债券市场时变溢价,而KESSLER et al.<sup>[13]</sup>获得的波浪形加权系数则被认为是受到了多重共线性的影响,无法构造有效的预测因子。关于中国债券市场,由图1可知,远期利率的权系数为波浪形,因此需要进一步通过多重共线性检验确认远期利率组合中的权系数是否有效。若有效,证明中国具有不同于美国等债券市场的远期利率组合,而导致各国间远期利率组合不同的原因则与各国经济因素相关。此外,还需要通过样本外检验,验证预测结果的鲁棒性。

### 5.1 多重共线性检验

构建远期利率组合首先需要进行多元回归,而回归结果可能会受到多重共线性的干扰,导致图1所示的形状失效,形状的失效会直接影响预测变量的构建和预测能力。一方面,如果不同期限债券的回归结果不具有统一趋势,则无法构建远期利率组合;另一方面,回归系数的形状直接关系到远期利率组合中远期利率对应的权系数,从而影响风险溢价的预测结果。

为验证图1中的结果是否含有多重共线性的影响,根据(16)式利用逐一剔除变量的方法进行检验。分别剔除多元回归中的自变量 $f_t^{20}$ 、 $f_t^{16}$ 、 $f_t^{12}$ 、 $f_t^8$ 、 $f_t^4$ 和 $y_t^1$ ,依次进行6组检验,并以表2为基准对比各组系数变化情况,从而检验所构建的远期利率组合的有效性。图4给出6组检验中的远期利率系数变化趋势图,图4(a)~(f)依次为分别剔除了 $f_t^{20} \sim y_t^1$ 的结果。与图1(a)中的结果相比较,图4(e)中 $f_t^8$ 的系数出现了不一致的现象,可知 $f_t^4$ 与其他远期利率所组成的空间存在一定的相关性。但其余5组验证结果均与图1(a)一致,总体表明持有期超额收益预测结果仅受到很小的多重共线性的影响,其各期限债券的回归系数存在统一趋势并且呈波浪形,因而所构建的远期

利率组合有效。

### 5.2 样本外检验

为验证预测结果的鲁棒性,利用子样本对远期利率组合的预测结果进行两组样本外检验。第1组为等分样本检验,将全样本区间等量划分为2006年6月至2011年6月和2011年7月至2015年9月两个子样本区间;第2组按照经济环境划分样本,将2007年至2009年市场泡沫和金融危机时期划分出来,用以检验市场状况对预测结果的影响,每组验证过程需要经过两步。

第1步,以远期利率作为预测变量、平均持有期超额收益作为被预测变量,即

$$\overline{hre}_{t+1} = \gamma^T f_t + \varepsilon_{t+1} \quad (20)$$

由(20)式获得在不同样本区间内的回归系数 $\gamma$ ,用以验证远期利率加权系数是否会因样本的差异而有较大的改变。

第2步,采用全样本预测中获得的 $\gamma$ 对各子样本区间所对应的远期利率进行加权,并依据预测方程  $\overline{hre}_{t+1} = b(\gamma^T f_t) + \varepsilon_{t+1}$  (21) 获得系数 $b$ 。将 $b$ 与1相比较,能够检验远期利率组合的预测能力是否受到经济环境的影响。

表6给出样本外检验结果。第1行为表4中的结果,用以作为样本外检验的对比基准;第2行和第3行为等分样本(样本1)检验结果;后3行对应按经济环境划分的样本(样本2)检验结果。图5给出对应表6中 $\gamma$ 的变化趋势。由各子样本对应的 $\gamma$ 结果可知, $\gamma$

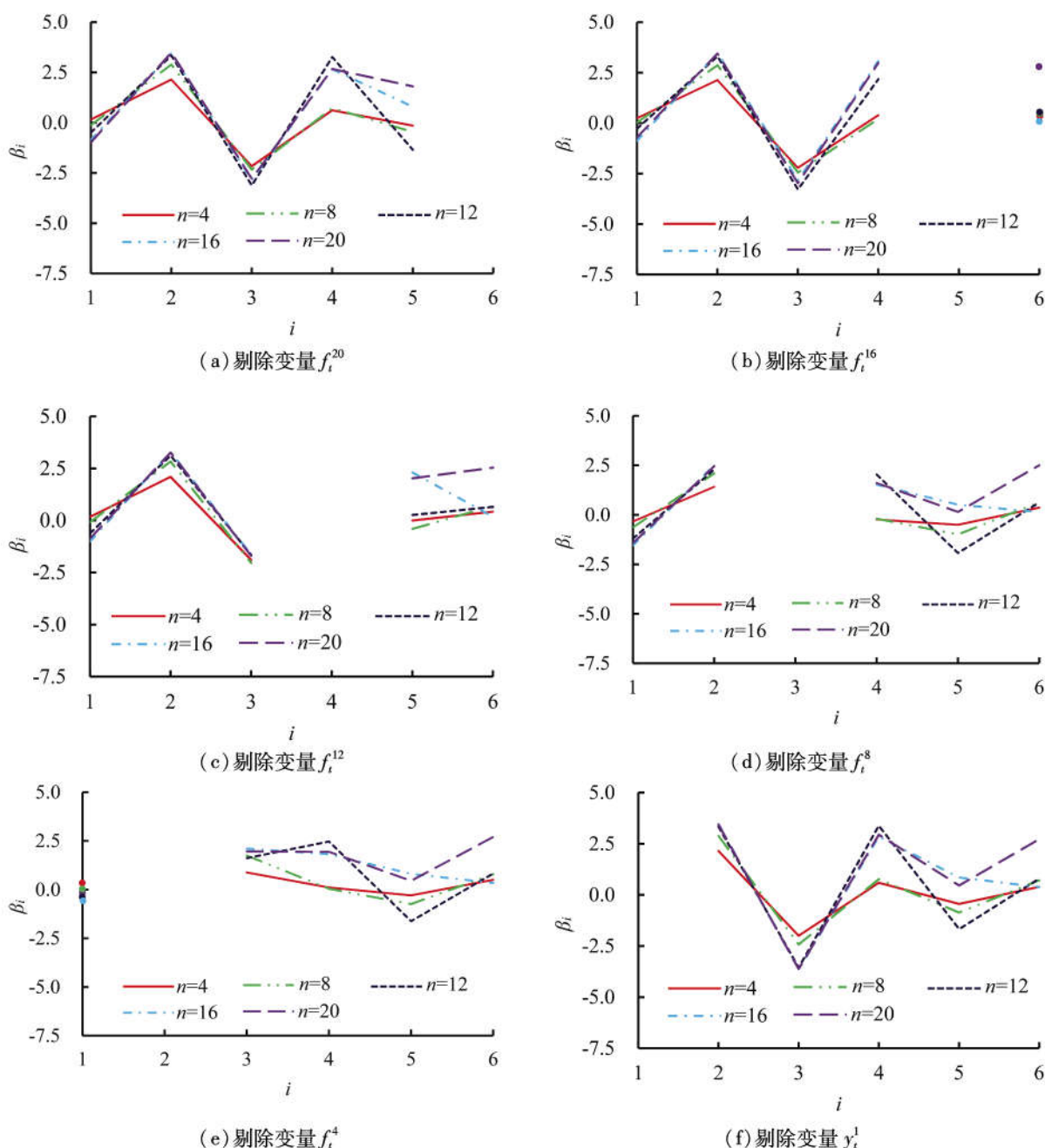


图4 多重共线性检验结果  
Figure 4 Multicollinearity Test Results

呈现的波浪形状基本一致,但波动幅度有所差异。在金融危机时期,  $\gamma$  呈现出较陡的波浪形,但两种检验方法均得到了较高的  $R^2$ ,说明远期利率组合的预测能力并未受到剧烈波动的市场环境的影响。此外,对比两类检验方法可以发现,利用全样本  $\gamma$  加权的远期利率组合对平均超额收益进行预测时,  $R^2$  均有所下降,尤其在2009年12月至2013年3月期间  $R^2$  突降为0.09。这是由于该时期远期利率期限结构与全样本期间有所差别(图5(b)),因此加权后的远期利率组合受到一定的影响,使预测能力有所下降。但相对于远期利率差的预测结果,远期利率组合依然具有绝对优势。样本外验证结果证明了远期利率组合预测结果具有很强的鲁棒性,其预测能力更多的来源于实际利率期限结构所含有的信息。

## 6 远期利率潜在信息

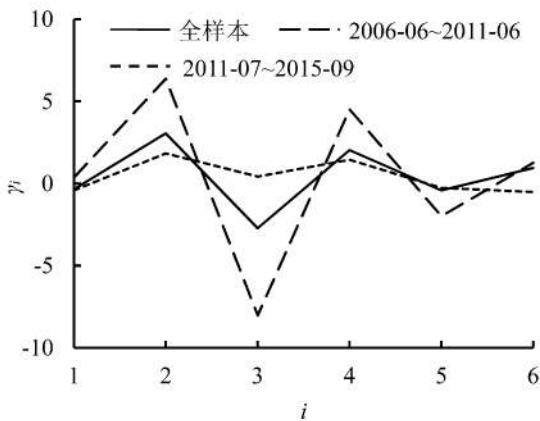
宏观经济和货币政策会直接或间接地影响债券

利率期限结构,一方面通过影响未来即期利率,另一方面通过影响持有期超额收益,与债券时变风险溢价建立了密切的关联。因此,需要探讨宏观经济和货币政策信息是否蕴含在远期利率组合内,从而验证经济变量的预测能力以及远期利率所包含的潜在信息。

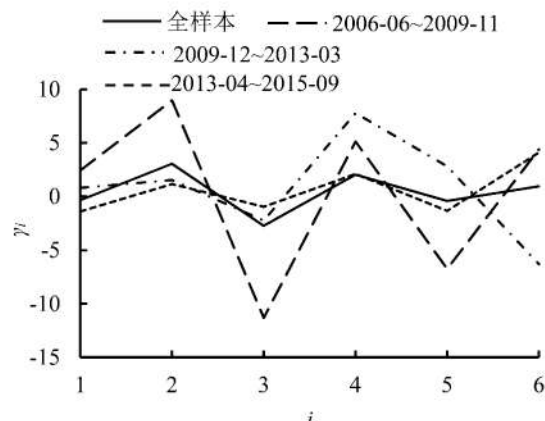
表7给出远期利率组合与各经济变量间的相关系数。 $\gamma^T f_i$  与  $DR$  的相关系数为0.60,表明二者间的相关性最高;与  $CPI$  也具有较高的相关性,相关系数为0.41;与  $M_1$  和  $CG$  呈负相关性,相关系数分别为-0.22和-0.30。为了更清晰地体现远期利率组合与经济变量的关系,图6给出远期利率组合与  $CPI$  和  $M_1$  的时间序列对比。为了避免因曲线较多而产生混淆,图6仅包含  $CPI$  和  $M_1$  的时间序列,  $DR$  和  $CG$  也具有类似的趋势。由图6(a)可知,远期利率组合与  $CPI$  走势一致。尤其在2007年末至2008年初,中国通货膨胀较严重,  $CPI$  达到最高值,远期利率组合在同一时期也

表6 样本外检验结果  
Table 6 Out-of-sample Test Results

样本区间	$f_i$								$\gamma^T f_i$	
	$\gamma_0$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\gamma_5$	$\gamma_6$	$R^2$	$b$	$R^2$
2006-06 ~ 2015-09	-8.14	-0.35	3.05	-2.72	2.03	-0.41	0.94	0.24	1.00	0.24
等分样本(样本1)										
2006-06 ~ 2011-06	-6.15	0.37	6.38	-8.03	4.52	-1.98	1.26	0.34	1.34	0.29
2011-07 ~ 2015-09	-8.08	-0.41	1.83	0.43	1.44	-0.26	-0.51	0.23	0.75	0.19
按经济环境划分样本(样本2)										
2006-06 ~ 2009-11	-4.56	2.45	8.96	-11.31	5.13	-6.74	4.40	0.51	1.45	0.35
2009-12 ~ 2013-03	-11.68	0.82	1.54	-2.23	7.78	2.82	-6.30	0.46	0.75	0.09
2013-04 ~ 2015-09	-13.92	-1.39	1.17	-0.95	2.10	-1.33	4.11	0.37	0.73	0.27



(a) 样本1



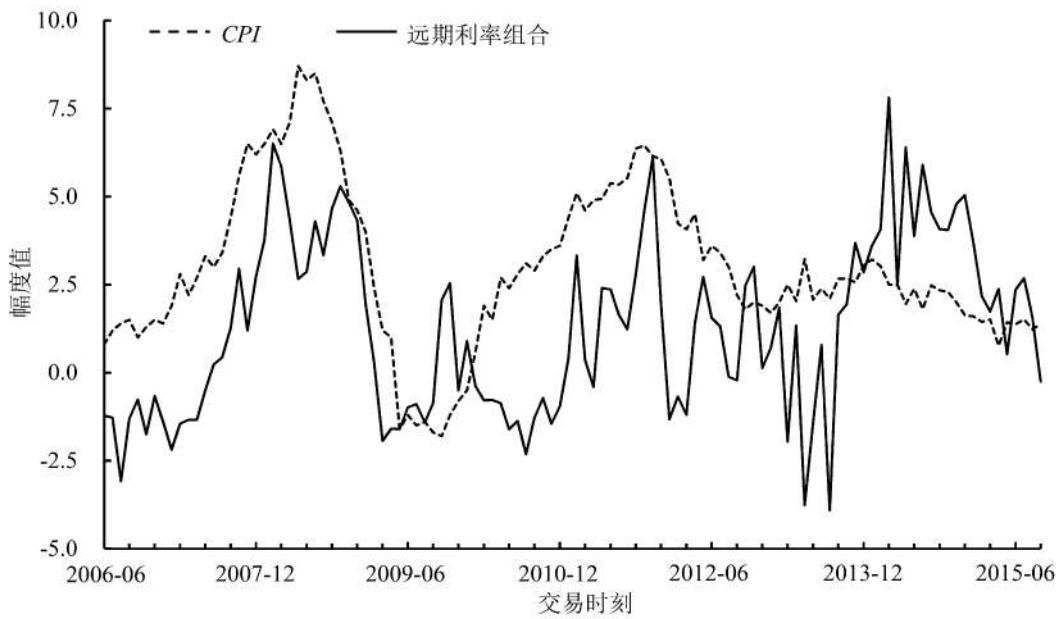
(b) 样本2

图5 样本外检验结果对比  
Figure 5 Comparison of Out-of-sample Test Results

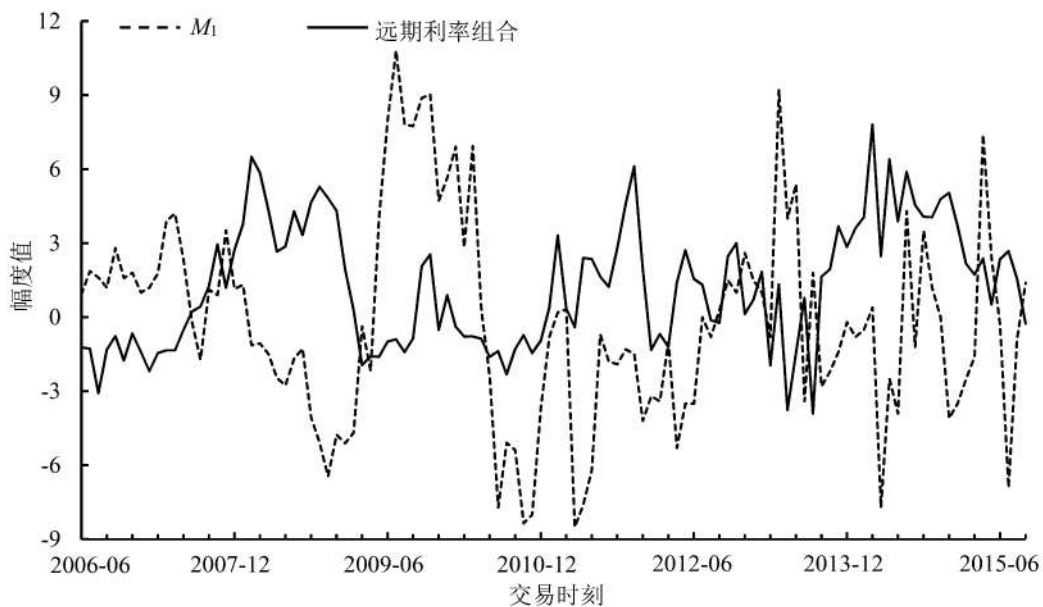
**表7 远期利率组合与经济变量间的相关系数**  
**Table 7 Correlation Coefficients between the Forward Rate Portfolio and Economic Variables**

	$\gamma^T f_t$	<i>CPI</i>	$M_1$	<i>CG</i>	<i>DR</i>
$\gamma^T f_t$	1.00				
<i>CPI</i>	0.41	1.00			
$M_1$	-0.22	-0.53	1.00		
<i>CG</i>	-0.30	-0.27	0.15	1.00	
<i>DR</i>	0.60	0.79	-0.33	-0.30	1.00

处于较高的位置。而在2008年至2009年金融危机时期,远期利率组合较低,同样反映出了处于波谷期的*CPI*。远期利率组合收益变化符合中国通货膨胀周期变化,但其波动频率较高,表明除通货膨胀外还存在其他影响远期利率组合的因素。由图6(b)可知,远期利率组合的变化频率与 $M_1$ 的变化频率相似,且二者呈现明显的负相关性。经济变量与远期利率组合间较高的相关性对于债券风险溢价的预测有着重要意义,一方面,宏观经济和货币政策相关变量有可能帮助预测持有期超额收益;另一方面,若相关经济变量不能预测收益,其所代表的宏观经济和货币政策信息则隐含在远期利率组合中。



(a)远期利率组合与*CPI*时间序列



(b)远期利率组合与 $M_1$ 时间序列

**图6 预测变量的时间序列对比**

**Figure 6 Comparison with Time-series of Forecast Variables**

表8 经济变量预测结果  
Table 8 Forecast Results Based on Economic Variables

回归序号	$\gamma^T f_i$	CPI	$M_1$	CG	DR	$R^2$
1		0.40(1.54)				0.03
2	1.04(3.77)	-0.05(-0.21)				0.24
3			-0.28(-1.14)			-0.01
4	0.95(3.83)		-0.14(-0.85)			0.25
5				0.10(1.28)		0.01
6	0.97(3.85)			0.02(0.26)		0.24
7					0.54(1.61)	0.04
8	0.98(3.92)				0.04(0.15)	0.24

注:括号中的数据为t值。

为检验远期利率组合的信息含量,分别利用通货膨胀率、货币冲击、货币政策调控变量和消费增长预测零息国债平均持有期超额收益。此外,再将远期利率组合与单一经济变量同时作为预测变量,对平均持有期超额收益进行预测。表8给出预测结果。第一行结果显示仅依靠通货膨胀率进行预测,只获得0.03的 $R^2$ ,回归系数仅为0.40,且不显著。使用单一经济变量对收益进行预测, $R^2$ 最高仅为0.04(见表8的第7行)。较低的 $R^2$ 以及不显著的系数说明经济变量的预测能力微弱。纵向对比 $\gamma^T f_i$ 的系数,均在1附近,表示远期利率组合的预测能力并没受到任何影响。但相关经济变量CPI的系数从0.40降至-0.05, $M_1$ 的系数绝对值也从0.28降至0.14,CG和DR的系数均大幅下降,系数的降低说明远期利率组合能够替代经济变量对超额收益的预测作用。远期利率组合像一面镜子反映出了宏观经济和货币政策的相关信息,因而能够有效地预测中国零息债券间的风险溢价,并且能够体现出中国债券市场时变风险溢价的截面趋势。

## 7 结论

本研究利用远期利率所包含的信息对零息国债持有期超额收益进行预测,探讨中国债券溢价的时变特性,并通过构建远期利率组合进一步捕捉债券风险溢价中的系统性部分。此外,对比分析远期利率差和远期利率组合的预测结果,研究结果如下。

(1)采用远期利率差预测持有期超额收益在短期时具有较好的预测效果, $R^2$ 达到0.28,证实预期假说在中国债券市场不成立。

(2)远期利率组合相对于远期利率差具有更强的预测能力,其 $R^2$ 可以达到0.48,即使在金融危机时期仍然具有较强的鲁棒性。远期利率组合的优势来源于中国债券市场利率期限结构的特性,中国利率期限结构在水平层面变化差异较大,而在斜率层面变化较小。远期利率组合属于水平因子,能够涵盖水平层面的信息,进而更好地刻画债券风险溢价,而

远期利率差属于斜率因子,丢失了水平层面的信息。

(3)远期利率组合能够捕捉到中国债券市场系统性风险部分,并且显示了风险溢价的时变性以及截面趋势,即溢价随着期限的增加而升高。

(4)中国远期利率期限结构与美国等国家存在明显的区别,因此使中国远期利率组合具有独特的波浪形加权系数。独特的远期利率组合蕴含了大量的中国宏观经济和货币政策信息,反映了中国经济状况,从而能准确地对债券风险溢价进行预测。

远期利率组合能够有效地预测持有期超额收益,这一特性能够为投资者提供更好的交易策略引导。此外,持有期超额收益并未体现在当前的利率期限结构中,而是未来利率期限结构中的重要组成部分,因此远期利率组合的预测性为构建中国利率期限结构提供了新的重要依据,对中国货币政策的完善能够起到一定的启示作用。本研究尚存在不足之处,未能给出基于远期利率组合预测的利率期限结构研究方法,因此将在后续研究中进一步完善。

## 参考文献:

- [1] BAI J, FLEMING M, HORAN C. *The microstructure of China's government bond market*. New York: Federal Reserve Bank of New York, 2013.
- [2] FAN L, JIANG F, ZHOU G. The Chinese bond market: risk, return, and opportunities. *The Journal of Portfolio Management*, 2015, 41(5): 110-126.
- [3] PILLAI S, LI L, HUANG H. *FAQ: China's bond market*. New York: Goldman Sachs Global Liquidity Management, 2015.
- [4] 吴丹, 谢赤. 中国银行间国债利率期限结构的预期理论检验. *管理学报*, 2005, 2(5): 536-541. WU Dan, XIE Chi. Test of the expectations theory of the term structure of treasury market among China banks. *Chinese Journal of Management*, 2005, 2(5): 536-541. (in Chinese)
- [5] FAMA E F, BLISS R R. The information in long-ma-

- turity forward rates. *The American Economic Review*, 1987, 77(4): 680-692.
- [6] CAMPBELL J Y, SHILLER R J. Yield spreads and interest rate movements: a bird's eye view. *The Review of Economic Studies*, 1991, 58(3): 495-514.
- [7] COCHRANE J H, PIAZZESI M. Bond risk premia. *The American Economic Review*, 2005, 95(1): 138-160.
- [8] COCHRANE J H, PIAZZESI M. *Decomposing the yield curve*. Stanford: Hoover Institution at Stanford University, 2009.
- [9] ZHU X. Out-of-sample bond risk premium predictions: a global common factor. *Journal of International Money and Finance*, 2015, 51: 155-173.
- [10] 谢赤, 陈晖, 何源. 基于理性期望的利率期限结构预期理论与期限溢价. *系统管理学报*, 2008, 17(3): 283-289.
- XIE Chi, CHEN Hui, HE Yuan. Study on the expectation hypotheses theory of term structure and term premiums based on rational expectation. *Journal of Systems & Management*, 2008, 17(3): 283-289. (in Chinese)
- [11] 郑振龙, 吴颖玲. 中国利率期限溢价: 后验信息法与先验信息法. *金融研究*, 2009(10): 68-82.
- ZHENG Zhenlong, WU Yingling. Interest rate risk premium: ex-post and ex-ante methods. *Journal of Financial Research*, 2009(10): 68-82. (in Chinese)
- [12] 李宏瑾. 利率期限结构的远期利率预测作用: 经期限溢价修正的预期假说检验. *金融研究*, 2012(8): 97-110.
- LI Hongjin. The forecast ability of forward rates in the term structure: an empirical study on the expectation hypothesis with term premium revised. *Journal of Financial Research*, 2012(8): 97-110. (in Chinese)
- [13] KESSLER S, SCHERER B. Varying risk premia in international bond markets. *Journal of Banking & Finance*, 2009, 33(8): 1361-1375.
- [14] SEKKEL R. International evidence on bond risk premia. *Journal of Banking & Finance*, 2011, 35(1): 174-181.
- [15] PIAZZESI M. Bond yields and the federal reserve. *Journal of Political Economy*, 2005, 113(2): 311-344.
- [16] ANDERSSON M, DILLÉN H, SELLIN P. Monetary policy signaling and movements in the term structure of interest rates. *Journal of Monetary Economics*, 2006, 53(8): 1815-1855.
- [17] FAN L, JOHANSSON A C. China's official rates and bond yields. *Journal of Banking & Finance*, 2010, 34(5): 996-1007.
- [18] 郭涛, 宋德勇. 中国利率期限结构的货币政策含义. *经济研究*, 2008, 43(3): 39-47.
- GUO Tao, SONG Deyong. Meanings of the term structure of interest rates for monetary policy in China. *Economic Research Journal*, 2008, 43(3): 39-47. (in Chinese)
- [19] 黄国平, 李捷, 程寨华. 证券投资基金、资本市场及货币政策传导机制. *管理科学*, 2016, 29(3): 136-147.
- HUANG Guoping, LI Jie, CHENG Zhaihua. Securities investment fund, capital markets and conduction mechanism of monetary policy in China. *Journal of Management Science*, 2016, 29(3): 136-147. (in Chinese)
- [20] JOYCE M A S, LILDHOLDT P, SORENSEN S. Extracting inflation expectations and inflation risk premia from the term structure: a joint model of the UK nominal and real yield curves. *Journal of Banking & Finance*, 2010, 34(2): 281-294.
- [21] WRIGHT J H. Term premia and inflation uncertainty: empirical evidence from an international panel dataset. *The American Economic Review*, 2011, 101(4): 1514-1534.
- [22] CREAL D D, WU J C. *Bond risk premia in consumption-based models*. Chicago IL: University of Chicago Booth School of Business Research, 2016.
- [23] 王一鸣, 李剑峰. 我国债券市场收益率曲线影响因素的实证分析. *金融研究*, 2005(1): 111-124.
- WANG Yiming, LI Jianfeng. Empirical analysis of the influence factors on yield curve in Chinese bond market. *Journal of Financial Research*, 2005(1): 111-124. (in Chinese)
- [24] FRICKE C, MENKHOFF L. Financial conditions, macroeconomic factors and disaggregated bond excess returns. *Journal of Banking & Finance*, 2015, 58: 80-94.
- [25] AUDRINO F, CORSI F, FILIPOVA K. Bond risk premia forecasting: a simple approach for extracting macroeconomic information from a panel of indicators. *Economic Reviews*, 2016, 35(2): 232-256.
- [26] LUDVIGSON S C, NG S. Macro factors in bond risk premia. *The Review of Financial Studies*, 2009, 22(12): 5027-5067.
- [27] 范龙振, 张处. 中国债券市场债券风险溢价的宏观因素影响分析. *管理科学学报*, 2009, 12(6): 116-124, 149.
- FAN Longzhen, ZHANG Chu. Explanation of macro economic variables on bond risk premia in China. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(6): 116-124, 149. (in Chinese)
- [28] FAN L, TIAN S, ZHANG C. Why are excess returns on China's treasury bonds so predictable? The role

- of the monetary system. *Journal of Banking & Finance*, 2012, 36(1): 239–248.
- [29] 郑振龙, 廖木英, 陈蓉, 等. 潜藏因子的信息含量: 来自中国国债市场的证据. *系统工程理论与实践*, 2016, 36(1): 44–54.  
ZHENG Zhenlong, LIAO Muying, CHEN Rong, et al. Information content of the hidden factor: evidence from the China's treasury bond market. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2016, 36(1): 44–54.
- (in Chinese)
- [30] HANSEN L P. Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica*, 1982, 50(4): 1029–1054.
- [31] NEWEY W K, WEST K D. A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 1987, 55(3): 703–708.

## Time-varying Risk Premia in Chinese Bond Market: Latent Information in the Forward Rates

YANG Baochen, ZHANG Han

College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China

**Abstract:** In recent years, Chinese bond market has grown rapidly. Aside from US and Japanese bond markets, Chinese bond market becomes the third largest bond market in the worldwide, and calls for more attention for the further study.

Before 2005, it was considered that the expectation hypothesis succeeded in Chinese bond market, and there was no risk premia between the long-term and short-term bonds. Since the real investor preference obeys risk neutral, which expectation hypothesis assumes, the risk premia should exist in the bond market. To investigate this, this work pays attention to the holding period return of default-free zero-coupon bond and tries to capture the time-varying feature of the risk premia. Based on the Fama-Bliss and Cochrane-Piazzesi regressions, this work constructs two types of forecasting factors including the forward spreads and forward rate portfolio, using the feature of forward rates in China. To investigate the bond time-varying risk premia, this work uses the two factors to predict the risk premia respectively. The date from 2006 to 2015 covers the developing periods of Chinese bond market including the financial crisis episodes. Furthermore, this work exams the economic information hidden behind the forward rate by introducing some proxy variables of macroeconomy and monetary policy into the forecasting model. To check the robustness of these outcomes, this work tests the multicollinearity issue and out-of-sample performance.

The results show that the expectation hypothesis fails in China, namely, the risk premia exist and obviously increase in maturities. In addition, we find two main reasons to explain the forecast power of the forward rate portfolio; This portfolio holds substantial latent information of macroeconomy and monetary policy which affect the risk premia; a level factor that can explain the largest component of risk premia, and this portfolio is superior to the forward spread for capturing the systematic part of risk premia.

Capturing bond risk premia more precisely can not only help to make right trading decision for investors, but also help to build a more accurate term structure of Chinese bond market. Consequently, an appropriate term structure will guide the Chinese government to make a correct monetary policy, so as to promote the bond market development as well as improve the bond market structure in China.

**Keywords:** bond risk premia; time-variability; forward rates; macro-economy; robustness

**Received Date:** May 24<sup>th</sup>, 2016    **Accepted Date:** August 24<sup>th</sup>, 2016

**Funded Project:** Supported by the National Natural Science Foundation of China(71171144, 71471129, 71501140)

**Biography:** YANG Baochen, doctor in management, is a professor in the College of Management and Economics at Tianjin University. His research interests include financial econometrics, financial engineering and financial risk management, and fixed income security management. His representative paper titled “Risk management of bond portfolio based on interest rates term structure forecasting” was published in the *Journal of Financial Research* (Issue 10, 2012). E-mail: bchyang@tju.edu.cn

ZHANG Han is a Ph. D candidate in the College of Management and Economics at Tianjin University. Her research interests cover asset pricing and fixed income security portfolio optimization. Her representative paper titled “Technical analysis, agent heterogeneity and asset pricing” was accepted by the *Journal of Management Sciences in China*. E-mail: zhanghan@tju.edu.cn □