

## 跨品种无风险利率曲线构建与应用

## —— 宏观固收量化系列研究之（二）

## 研究结论

- 利率曲线包含投资者对未来的预期，当期的期限结构信息可以用于利率走势的预测研判。之前基于中债国债、国开债单品种利率曲线研究发现，预测能力确实存在，但都只能预测一年后的长期变化，短线难预测的原因可能在于单品种利率曲线短端数据可靠性不高。
- 即期利率曲线需要借助数学模型从债券价格数据中估算提取。中债国债即期利率曲线计算用到的成分券数量多、久期分布均匀，但价格数据很大一部分来自于银行间报价和市场成员估值数据，噪音因素较多，高波动的短端利率估算准确度受到较大影响。
- 银行间质押回购、国债、国开债信用资质接近，综合银行间市场、证券交易所的交易价格数据，剔除交易量低、收益率异常的数据记录，借助 Neilson-Siegel 模型，并融入税率、流动性溢价对国开债定价的影响，可以估算得到一条跨品种的无风险利率曲线。
- 跨品种利率曲线和国债利率曲线相比，长期走势基本一致，但短端和中端利率的波动明显高于国债曲线；高波动回购利率的加入、成分券数量有限、市场价格数据噪音等都是造成这种现象的可能原因。在个别时点，例如 2013.06.20 钱荒时，跨品种利率曲线的短端反应更敏感，更能反映当时市场的真实情况。
- 跨品种利率曲线的 NS 模型参数可用 VAR 方法建模，预测未来三个月的曲线变动。利率曲线整体变动无法预测，但长端关键期限利率的可预测性在统计上显著，方向准确率接近七成；而单品种国债利率曲线短期预测完全不可行。
- 用 Cochrane(2005)的方法提取当期利率曲线的即期和远期利率信息，再通过 IVX 回归的方式可以预测不同期限零息债未来三个月的风险溢价（BRP），5、7、10 三个期限的 BRP 样本外可预测性显著，方向准确性也有七成；对比单品种国债利率曲线，预测能力明显提升。
- 任何利率债组合，可用三个不同期限的零息债券复制，使得两者的久期和凸性匹配，再预测复制组合零息券 BRP 的变化就可以研判利率债组合的走势。我们用不同久期的中债国债总财富指数做了测试，跨品种利率曲线对指数未来三个月涨跌幅的预测能力也非常显著，方向准确性接近八成。
- 跨品种利率曲线通过一些处理也可以用到国开债的投资分析上。实证发现，它对未来三个月国开债长端利率变化、长端零息债 BRP、国开债指数涨跌幅也有显著预测能力。
- 基于模型的定量预测，可以设计债券指数的久期轮动策略，相对等权策略基准，轮动策略的年化收益增强幅度在 100bps 以上，年度只需做 1-2 次调仓，实操可行。

## 风险提示

- 量化模型失效风险
- 市场极端环境的冲击



东方证券  
ORIENT SECURITIES

报告发布日期

2020 年 02 月 27 日

证券分析师

朱剑涛

021-63325888\*6077

zhujiantao@orientsec.com.cn

执业证书编号：S0860515060001

## 相关报告

利率曲线：可预测与不可预测的成分	2019-12-09
A 股风险溢价（ERP）	2019-08-30

东方证券股份有限公司经相关主管机关核准具备证券投资咨询业务资格，据此开展发布证券研究报告业务。

东方证券股份有限公司及其关联机构在法律许可的范围内正在或将要与本研究报告所分析的企业发展业务关系。因此，投资者应当考虑到本公司可能存在对报告的客观性产生影响的利益冲突，不应视本证券研究报告为作出投资决策的唯一因素。

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

点击进入 <http://www.hibor.com.cn>

## 目 录

一、跨品种构建利率曲线的必要性 .....	4
二、跨品种无风险利率曲线 .....	4
2.1 单品种利率曲线分析 .....	4
2.2 跨品种利率曲线构建方法 .....	5
2.3 利率曲线对比分析 .....	8
三、利率曲线的相关预测 .....	10
3.1 曲线整体的预测 .....	10
3.2 关键期限风险溢价的预测 .....	12
3.3 国债指数的预测 .....	13
3.4 国债久期轮动策略 .....	14
3.5 国开债上的运用 .....	15
四、总结 .....	16
风险提示 .....	16
参考文献 .....	16
附录 .....	17

## 图表目录

图 1: 中债国债利率曲线成分券各个剩余期限区间的券数量 .....	5
图 2: 中债国债利率曲线成分券不同价格数据来源的数量占比 .....	5
图 3: 银行间质押回购日均成交额变化 (月度) .....	6
图 4: 银行间不同期限质押式回购的成交额占比 .....	6
图 5: 用于构建利率曲线的各利率品种的券数量 .....	7
图 6: 用于构建利率曲线的债券久期区间分布占比 .....	7
图 7: 平均即期利率曲线 (2007.01-2019.12) .....	8
图 8: 不同利率曲线三个月即期利率走势 .....	9
图 9: 不同利率曲线一年即期利率走势 .....	9
图 10: 不同利率曲线五年即期利率走势 .....	9
图 11: 不同利率曲线十年即期利率走势 .....	9
图 12: 国开债相对国债流动性溢价 $\delta$ 随时间的变化 .....	10
图 13: 跨品种利率曲线十年即期利率季度变动真实值与预测值对比 .....	11
图 14: 跨品种利率曲线十年期零息债未来三个月 BRP 真实值与预测值对比 .....	12
图 15: 中债国债总财富指数 (5-7 年) 未来三个月涨跌幅真实值与预测值对比 .....	13
图 16: 国债总财富指数 (5-7 年) 与 (1-3 年) 未来三个月涨跌幅差额真实值与预测值对比 .....	14
图 17: 国债总财富指数 (5-7 年) 与 (1-3 年) 久期轮动策略表现 .....	14
图 18: 国开债总财富指数 (5-7 年) 与 (1-3 年) 未来三个月涨跌幅差额真实值与预测值对比 .....	15
图 19: 国开债总财富指数 (5-7 年) 与 (1-3 年) 久期轮动策略表现 .....	15
表 1: 不同机构、不同账户债券投资税率差异 .....	6
表 2: 利率曲线未来三个月变动样本外预测结果 .....	11
表 3: 关键期限零息债券未来三个月 BRP 样本外预测结果 .....	12
表 4: 不同久期中债国债总财富指数未来三个月涨跌幅样本外预测结果 .....	13
表 5: 利率曲线未来六个月变动样本外预测结果 .....	17
表 6: 利率曲线未来一年变动样本外预测结果 .....	17
表 7: 关键期限零息债券未来六个月 BRP 样本外预测结果 .....	17
表 8: 关键期限零息债券未来一年 BRP 样本外预测结果 .....	18

## 一、跨品种构建利率曲线的必要性

利率主流分析方法是“增长+通胀”的基本面框架，但这里的基本面更多指的是未来的基本面信息；如果想做定量分析，需要等相关经济数据发表，时间上会有滞后，投资者对未来基本面的预期可能已经通过债券交易反映到利率期限结构中；如果投资者的预期正确，那么提取当期的利率期限结构信息有可能准确预测未来市场走势。

我们在前一篇专题报告《利率曲线：可预测与不可预测成分》中，基于中债国债和国开债即期利率曲线做了实证，发现：

- 1) 利率曲线整体变化的短、中、长期预测都不太可行，但个别关键期限点利率未来一年的长线变化有较强可预测性。
- 2) 提取当期利率期限的即期和远期利率数据，可以预测长久期零息债相对一年期零息债未来一年的超额收益，也就是**债券风险溢价（BRP）**；
- 3) 利率债组合可以采用多个久期的零息债复制，使得组合久期和凸性匹配；通过分析零息债 BRP 的变化来定量分析利率债组合。

上述研究结论的一个不足之处在于模型的预测能力都体现在“一年后”这个较长的窗口上，但投资者也关心短期（例如：一个季度）的市场变化。**模型短线难预测的一个可能重要原因是，国债和国开债利率曲线短端数据的可靠性不高。**从下文分析可知，中债利率曲线的价格数据来源有很多不确定性，短端利率波动大，更容易受数据噪音影响，数学模型拟合得到的短端利率不能完全真实反映市场情况。基于不可靠数据算出的短期 BRP，例如十年期零息国债相对三个月零息国债的超额收益，可靠性也不高，预测难度大。**因此我们想综合利用多个流动性好的利率品种，使得市场交易数据尽可能覆盖利率曲线的各个期限区间，获得更可靠的即期利率数据，用于利率市场短线分析。**

## 二、跨品种无风险利率曲线

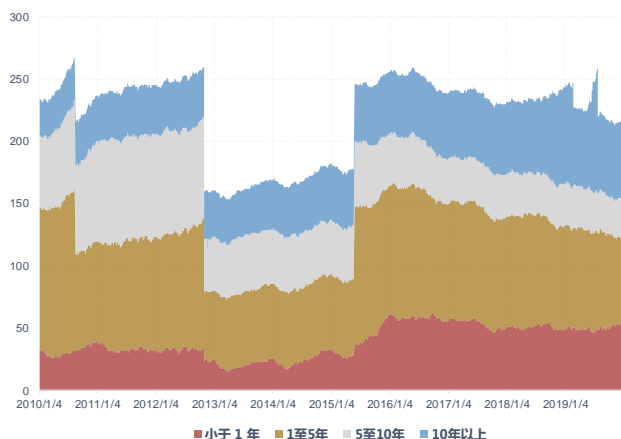
### 2.1 单品种利率曲线分析

即期利率曲线不可完全观测，需要借助数学模型从市场上零息债券、付息债券的价格数据中拟合出来。根据中登公司信息部 2008 年 7 月发布的材料，构建利率曲线用到的债券价格数据有四个来源：银行间市场、柜台市场、证券交易所、市场成员（银行、基金等 70 家机构）提供的估值。我们从 wind 底层数据库提取了中债国债即期利率曲线每个交易日用到的成分券信息做统计分析，结果如图 1、2 所示。

2010.01.01-2019.12.31 期间，成分券的数量除了 2013 和 2014 年，其余年份都在 200 只以上，且剩余期限区间分布均匀，剩余期限在 1-5 年的券数量最多。成分券只用到了银行间市场和柜台市场的国债，不包括交易所市场，2011.09.05 后只用了银行间市场国债数据。图 2 中的“其它”数据来源占比最高，在 80%左右，主要包括两个：银行间报价和市场成员估值。基于目前已有的数据我们无法把这两者区分开，但这两者的价格数据噪音都比较大。银行间报价的买卖价差大，报价不能准确反映市场成交意愿；各个市

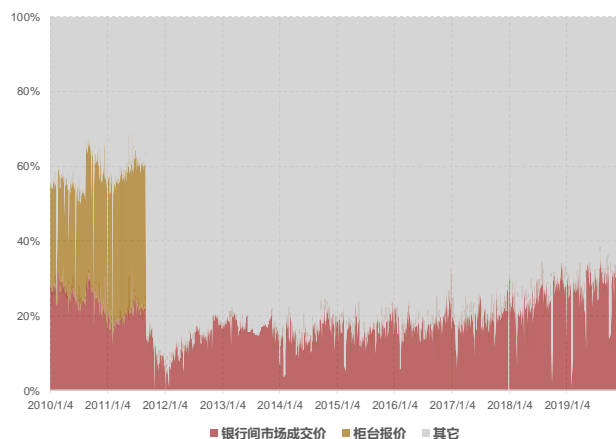
场成员的估值方法可能有差异，削弱了价格数据的可比性，相关工作岗位人员的变更还可能带来估值方法前后的不一致，不确定性较高。这些数据噪音都会影响即期利率曲线数学模型的参数估计，波动率大的短端利率受到的影响更多，结果可靠性降低。

图 1：中债国债利率曲线成分券各个剩余期限区间的券数量



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 2：中债国债利率曲线成分券不同价格数据来源的数量占比



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

## 2.2 跨品种利率曲线构建方法

利率单品种的交易数据较少，所以我们考虑选取多个信用资质接近国债的利率产品，合并交易数据估算无风险利率曲线，但这里有不少细节问题需要处理，本报告采用了国债、国开债和银行间质押式回购三个品种。

首先，国债采用的是 wind filesync 数据库收录的银行间市场和证券交易所的收盘价数据，剔除成交额小于 100 万、到期收益率异常的条目；同时考虑到短剩余期限国债异常交易数据较多，对利率模型参数比较敏感，且短端利率可以由流动性更好的银行间质押回购估算，所以也剔除了剩余期限小于三个月的债券。

其次，国开债的数据来源、剔除标准和国债保持一致。虽然国开债信用等级接近国债，但税收政策、流动性溢价造成两者收益率有显著差别。债券投资涉及的税种主要是针对票息的所得税和针对买卖价差的营业税，但不同机构、同一机构配置户与交易户享有的税率有明显差别，赵(2015) 做了一个汇总（这里引用列于表 1），并根据不同机构、账户持仓额度估算政策性金融债投资者最近十年的理论税率都在 25%-30%之间。另一个常用税率估算指标是隐含税率：

$$\text{隐含税率} = 1 - \text{国债收益率} / \text{国开债收益率}$$

但这个指标容易受市场因素影响，波动较大。直觉上讲，如果税率政策和投资者结构没有频繁、剧烈的变动，投资者的平均税率水平应该变动比较平缓，隐含税率用于国开债定价并不合适。

表 1：不同机构、不同账户债券投资税率差异

		持有到期	卖出交易
一般 金融机构	国债	免税	免税
	政策性金融债	利息 × 25% ( 所得税 )	利息 × 30.5% (25% 所得税 + 5.5% 营业税及附加税 )
基金	国债	免税	免税
	政策性金融债	免税	免税
亏损 农信社	国债	免税	免税
	政策性金融债	免税	利息 × 5.5% ( 营业税及附加税 )

资料来源：东方证券研究所 & 赵（2015）

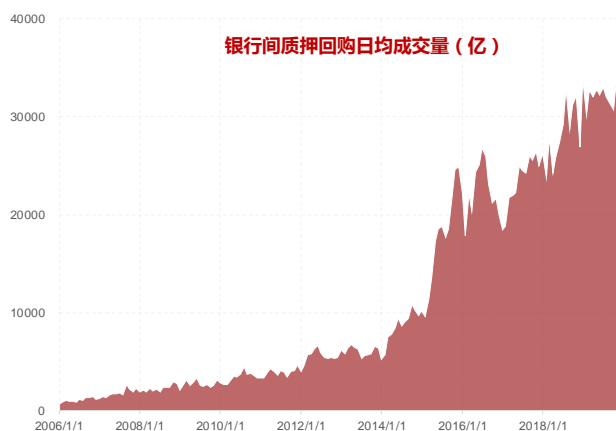
国开债和国债税收政策、流动性的差别主要反映在国开债的定价方法上，国开债我们采用如下定价公式：

$$P_0 = \frac{C_1(1-x)}{\exp((r_0^{\tau_1} + \delta) \cdot \tau_1)} + \dots + \frac{C_k(1-x)}{\exp((r_0^{\tau_k} + \delta) \cdot \tau_k)} + \frac{par}{\exp((r_0^T + \delta) \cdot T)}$$

其中  $T$  为债券期限， $par$  为面值， $\{C_1, \dots, C_k\}$  是未来将支付的  $k$  期票息，支付时点对应为  $\{\tau_1, \dots, \tau_k\}$ ， $r_0^{\tau_k}$  为当前时点期限为  $\tau_k$  的即期利率； $x$  为所得税税率，参考上文分析，这里统一设置为 25%； $\delta$  为国开债流动性溢价，上述公式中所有期限的国开债相对国债的流动性溢价都一样，可以近似视作不同期限流动性溢价的平均值。

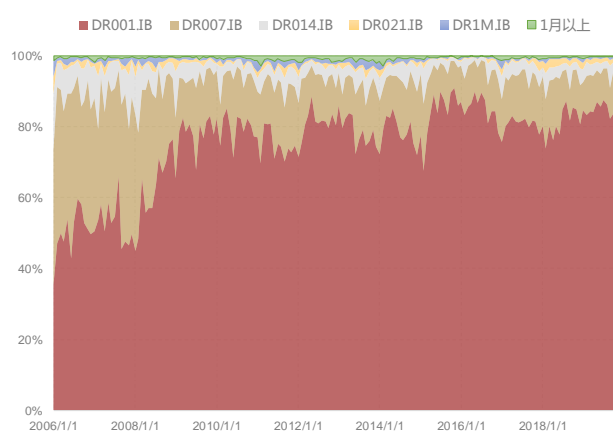
银行间质押回购我们选取了四个期限 7 天、1 个月、3 个月、六个月。需要注意的是回购利率数据在 2014.12.15 之前是全市场加权，之后是在存款类机构间加权，后者信用等级更高，但历史数据相对较短。

图 3：银行间质押回购日均成交额变化（月度）



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 4：银行间不同期限质押式回购的成交额占比

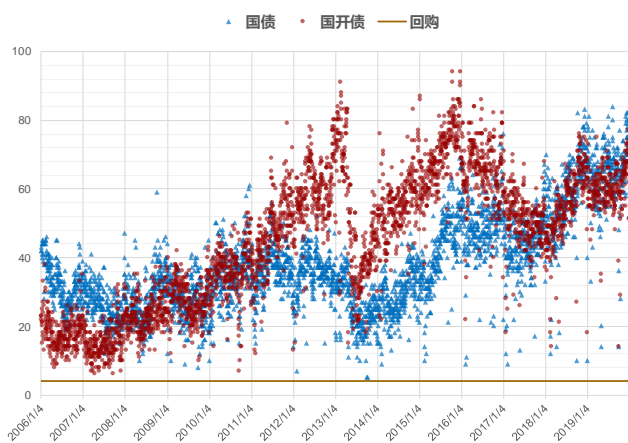


资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯



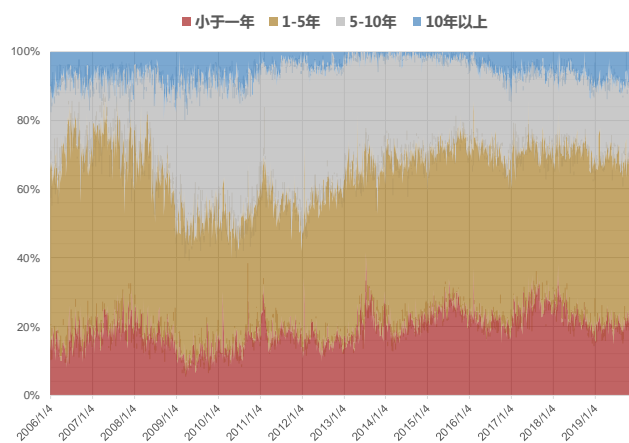
按照上述规则，我们计算跨品种利率曲线用到的成分券数量和久期区间分布占比如下图所示。早期市场债券交易不活跃，06、07、08 三年的成分券数量大概在 50 只左右，从 2014 年开始稳定在 80 只以上，最近两年稳定在 100 只以上。价格数据平均 80% 来自于银行间市场，国债和国开债数量最近两年基本相当。从久期分布看，久期在 1-5 年的券占比最高，平均达到 46%；其次为 5-10 年（平均占比 28.5%）和 1 年以下（平均占比 19.8%）；久期十年以上的券最少，只占 5.6%，模型估算出来的利率曲线，十年以上期限的利率数据可靠性比较低。

图 5：用于构建利率曲线的各利率品种的券数量



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 6：用于构建利率曲线的债券久期区间分布占比



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

考虑到成分券的数量比较有限，且很多券流动性一般，价格数据质量不高，因此利率模型我们还是采用参数敏感性较低的 Neilson-Siegel 模型（简称 NS 模型），而没有使用参数敏感度较高的多项式样条方法。后者在有高质量价格数据的前提下能刻画更多利率曲线的细节，适合用于建立随机微分方程描述利率的动态变化特征；而本文的研究目标是利率曲线的季度变动趋势，局部细节的丧失影响有限。模型的数学表达式如下：

$$y_t^{(\tau)} = a_t + b_t \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot \tau}}{\lambda \cdot \tau} + c_t \cdot e^{-\lambda \cdot \tau}$$

为了进一步降低参数敏感性，我们限定  $\lambda = 0.59776$ ，和上篇专题报告保持一致。

模型参数  $\{a_t, b_t, c_t\}$  和国开债流动性溢价  $\delta$  通过拟合真实价格数据估算得到，也就是求解下列最优化问题：

$$\min_{a_t, b_t, c_t, \delta} \sum_{i=1}^N w_i \left( \hat{P}_t^{(i)}(a_t, b_t, c_t, \delta) - P_t^{(i)} \right)^2$$

其中， $P_t^{(i)}$  是 t 日债券 i 的真实市场价格， $\hat{P}_t^{(i)}(a_t, b_t, c_t, \delta)$  则是基于现金流折现模型给出的理论价格，国开债定价采用上文介绍的定价方法考虑税收和流动性溢价， $w_i$  是赋予债券 i 的权重。因为同样的收益率变动幅度，久期长的债券价格变化幅度更大，所以如果上述优化问题的各个债券采取等权，长久期债券的数据影响会更大；为了修正这个影

响一种常用做法是取  $w_i = \left(\frac{1}{d_i}\right)^2$ ， $d_i$  是债券  $i$  的修正久期。我们尝试过这种方法，但由于长久期的券数量并不是很多，这种加权方式会让优化问题中短久期券的权重过高，影响利率曲线的使用效果，因此本文采取的是拟合到期收益率的方法，也就是求解：

$$\min_{a_t, b_t, c_t, \delta} \sum_{i=1}^N w_i \left( \hat{y}_t^{(i)}(a_t, b_t, c_t, \delta) - y_t^{(i)} \right)^2$$

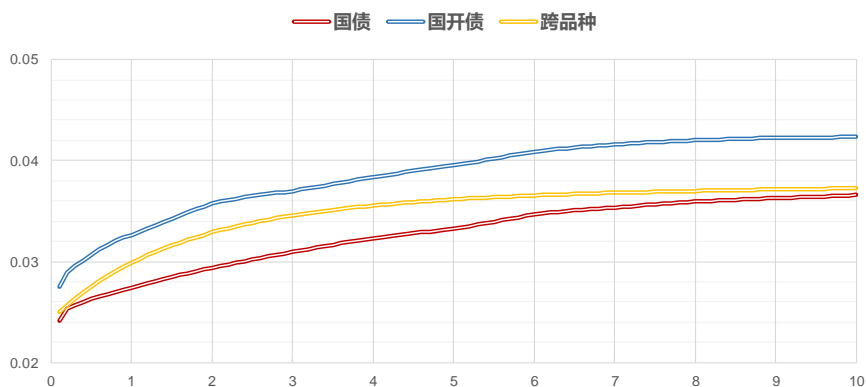
其中  $y_t^{(i)}$  是债券  $i$  按照市场价格算出来的到期收益率， $\hat{y}_t^{(i)}(a_t, b_t, c_t, \delta)$  是按模型计算出来的到期收益率，个券按成交额分档设置权重，参数需满足一定的约束条件。

以上的利率曲线估算过程仅在成分券数量大于等于 40 的交易日进行，如果成分券数量少于 40，则不作计算，采用前一个交易日的数值。

## 2.3 利率曲线对比分析

本节将对跨品种利率曲线和传统单品种利率曲线的差异。首先我们把 2007.01.01-2019.12.31 期间各个期限即期利率的每日数值进行平均得到平均即期利率曲线，如图 7 所示。由于回购利率数值上高于国债利率曲线拟合出来的同期短端利率，因此跨品种构建的无风险利率曲线相对国债利率曲线而言，短端和中端利率有所抬升，长短利率相差不大。但这并不意味着跨品种曲线短端利率一直高于国债利率曲线，事实上最近几年由于成分券数量的增多，回购利率在跨品种利率曲线构建过程中的权重在减小，短端利率的估算要服从长久期债券的定价，使得近两年跨品种利率曲线短端利率要低于国债利率曲线（图 8）。

图 7：平均即期利率曲线（2007.01-2019.12）



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

从图 8-图 11 可以看到，跨品种利率曲线几个关键期限利率长期走势和国债利率曲线基本一致，但是短端和中端利率的波动明显高于国债利率曲线；高波动回购利率的加入、成分券数量有限、市场价格数据噪音等都是造成这种现象的可能原因。在个别时点，例如 2013.06.20 钱荒时（图 8 中加红圈的数据点），跨品种利率曲线的短端反应更敏感，更能反映当时市场的真实情况。



图 8：不同利率曲线三个月即期利率走势



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 9：不同利率曲线一年即期利率走势比



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 10：不同利率曲线五年即期利率走势



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

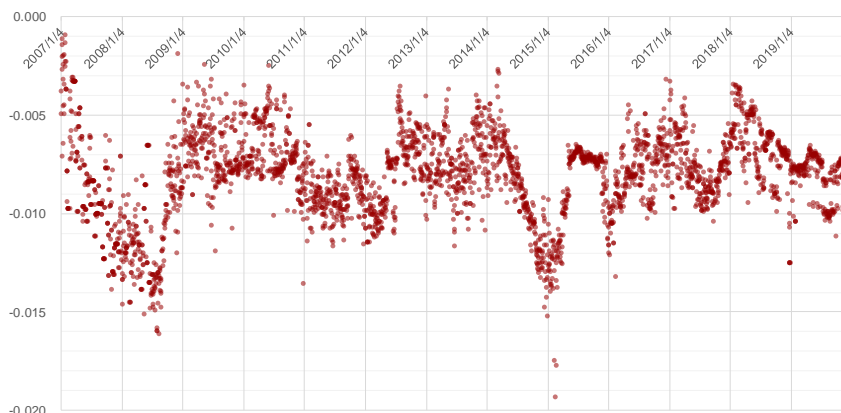
图 11：不同利率曲线十年即期利率走势比



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

最后看一下模型估算出来的国开债相对国债的流动性溢价参数 $\delta$ 的变化（图 12），流动性更好的品种投资者愿意出更高的价格持有，收益率降低，所以 $\delta$ 都是负值；流动性数值的大小和税率设置有关，税率设置的越高，计算出的流动性溢价绝对值越大，数值越小。模型算出来的流动性溢价平均在-80bp左右，主观感觉绝对值偏高，说明之前设置的25%税率有可能偏高，关于税率这一块的更精确分析有待后续跟进。

图 12: 国开债相对国债流动性溢价  $\delta$  随时间的变化



资料来源: 东方证券研究所 & Wind 资讯

## 三、利率曲线的相关预测

### 3.1 曲线整体的预测

用 Nelson-Siegel 模型做利率建模的一个好处在于, 整条利率曲线可以用  $\{a_t, b_t, c_t\}$  三个参数; 如果能准确预测三个参数未来的变化, 也就相当于预测了整条利率曲线的变化。我们在上篇专题报告中测试过多种方法, 本报告只采用 Diebold(2006) 推荐的 VAR(Vector Auto Regression) 对  $\{a_t, b_t, c_t\}$  建模并做预测。历史数据区间为 2007.01.01 到 2019.12.31, 每十个交易日抽取一个数据样本, 样本外时间段从 2012.01.10 开始, 采用扩张窗口 (expanding window) 方法动态估计模型参数。

在评判模型样本外预测效果时, 我们以随机游走模型为基准(该模型认为  $\{a_t, b_t, c_t\}$  未来的变化值都是零)计算样本外 Rsquared 算式如下:

$$OOS = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{y}_t - y_t)^2}{\sum_{t=1}^T y_t^2}$$

其中  $y_t$  是真实值,  $\hat{y}_t$  是预测值。然后用 Diebold(1995) 的 DM test 检验上述五个模型与随机游走模型的预测值 MSE (Mean Squared Error) 在统计上是否有显著差异; 另外还统计了模型的方向预测准确率, 预测正确的时候,  $y_t$  的平均绝对值大小和预测错误时的平均绝对值大小, 以及两者的比例 (PL ratio)。

未来三个月的预测结果如表 2 所示, 样本外预测效果显著强于随机游走模型的数据做了加粗处理。未来六个月和一年的预测结果参考附录, 需要注意的是, 由于长线预测重叠抽样的原因 (参考 Boudoukh(2005)), 长线预测的 Rsquared 会明显高于短线, 但这并一定能说明长线比短线好预测。

表 2 把中债国债即期利率曲线和跨品种利率曲线的样本外预测结果做了对比。当  $\{\Delta a, \Delta b, \Delta c\}$  三个参数的变化值在样本外预测效果都显著时，我们认为利率曲线是可以做整体预测的。从表 2 结果看，三个月短线时间，两条利率曲线都不可以做整体预测；相对而言，跨品种利率曲线局部可预测性更强， $\Delta a$  和长端关键期限（7 年、10 年）利率变动都有显著预测效果。

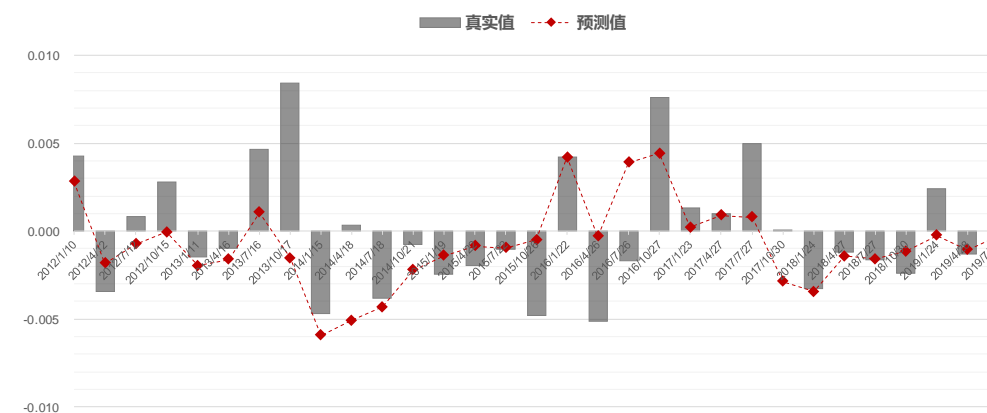
**表 2：利率曲线未来三个月变动样本外预测结果**

利率曲线	评价指标	预测目标：NS模型参数			预测目标：关键期限利率变动					
		$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta c$	0.25	1	3	5	7	10
跨品种	OOS	0.226	0.229	0.888	0.195	0.060	0.057	0.133	0.158	0.175
	DM test pvalue	0.018	0.124	0.311	0.251	0.377	0.401	0.115	0.080	0.061
	Hit Ratio	74.7%	57.2%	70.1%	54.1%	54.6%	55.2%	67.5%	67.0%	68.6%
	真实平均变动（正确）	0.0030	0.0084	0.0031	0.0056	0.0042	0.0028	0.0028	0.0029	0.0030
	真实平均变动（错误）	0.0015	0.0031	0.0010	0.0039	0.0029	0.0023	0.0020	0.0017	0.0015
	PL ratio	2.00	2.67	3.07	1.44	1.46	1.21	1.42	1.71	2.03
国债	OOS	-0.167	-0.076	-0.124	-0.003	-0.210	-0.314	-0.176	-0.069	-0.025
	DM test pvalue	0.082	0.398	0.276	0.961	0.008	0.000	0.017	0.244	0.662
	Hit Ratio	51.5%	61.3%	59.3%	58.8%	52.1%	54.1%	59.8%	57.7%	58.2%
	真实平均变动（正确）	0.0027	0.0044	0.0075	0.0040	0.0030	0.0023	0.0021	0.0024	0.0021
	真实平均变动（错误）	0.0025	0.0044	0.0055	0.0040	0.0033	0.0027	0.0025	0.0020	0.0021
	PL ratio	1.07	1.00	1.35	0.98	0.90	0.85	0.82	1.21	1.03

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 13 展示了模型对跨品种利率曲线十年期即期利率未来一个季度变化值的预测效果，其中黑色柱子代表对应时点未来三个月（61 个交易日）十年期即期利率的真实变化值，红色虚线为模型预测值，可以看到模型对 2014、2015、2018 的利率下行，以及 2017 的利率上行把握比较准确。

**图 13：跨品种利率曲线十年期利率季度变动真实值与预测值对比**



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

## 3.2 关键期限风险溢价的预测

由于利率曲线不可完全预测，所以也就无法通过现金流折现计算债券价格的方式来判断利率债组合的价值变化。因此，我们在上篇报告中建议采取另一种方式来近似分析利率债组合，即：用三个零息债券复制利率债组合，使零息债组合和利率债组合的久期和凸性相等，然后再预测长长期零息债的风险溢价 BRP，进而得到利率债组合收益的预测。因此，模型如果能预测一些关键期限点的 BRP，那么利率债组合也可以做定量分析。

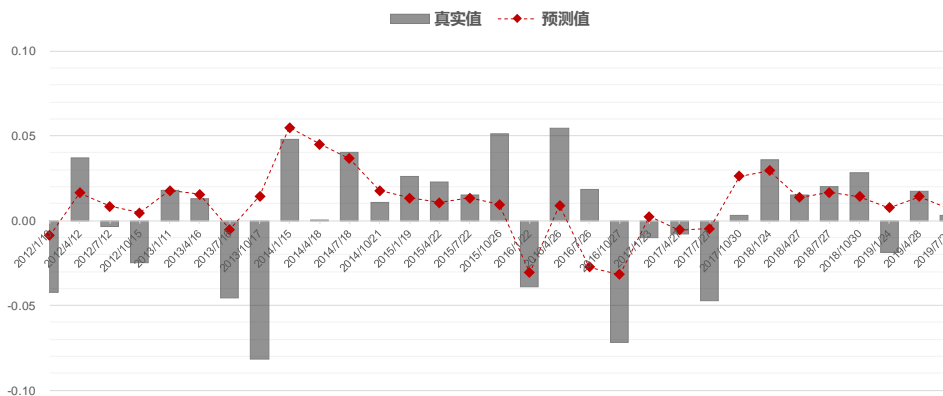
本节使用的是 Cochrane(2005)的做法，从当期利率曲线中提取即期和远期利率，通过线性回归的方式预测 BRP。线性回归采用 Kostakis(2015)提出的 IVX 方法，来处理利率数据持续性、因变量重叠抽样带来的小样本偏差问题。历史数据时间段设置和上节 VAR 模型一致。从表 3 可以看到，跨品种利率曲线 5、7、10 三个长期限零息债的季度 BRP 可预测性很强，方向准确率达到七成。图 14 展示了 10 年期 BRP 的预测效果。

表 3：关键期限零息债券未来三个月 BRP 样本外预测结果

利率曲线	评价指标	预测目标：关键期限BRP						
		0.5	1	2	3	5	7	10
跨品种	OOS	0.154	-0.024	-0.069	0.016	<b>0.139</b>	<b>0.174</b>	<b>0.192</b>
	DM test pvalue	0.361	0.836	0.202	0.740	<b>0.034</b>	<b>0.014</b>	<b>0.011</b>
	Hit Ratio	72.7%	72.2%	71.6%	72.2%	<b>69.6%</b>	<b>71.1%</b>	<b>72.7%</b>
	真实平均变动（正确）	0.0015	0.0035	0.0063	0.0088	<b>0.0149</b>	<b>0.0212</b>	<b>0.0293</b>
	真实平均变动（错误）	0.0012	0.0034	0.0058	0.0076	<b>0.0090</b>	<b>0.0098</b>	<b>0.0146</b>
	PL ratio	1.22	1.03	1.10	1.15	<b>1.65</b>	<b>2.17</b>	<b>2.01</b>
国债	OOS	<b>0.091</b>	-0.017	-0.277	-0.239	-0.162	-0.372	-0.287
	DM test pvalue	<b>0.039</b>	0.739	0.024	0.013	0.024	0.001	0.004
	Hit Ratio	<b>63.4%</b>	59.8%	66.5%	61.9%	51.5%	58.8%	51.0%
	真实平均变动（正确）	<b>0.0011</b>	0.0026	0.0053	0.0076	0.0126	0.0162	0.0228
	真实平均变动（错误）	<b>0.0009</b>	0.0025	0.0056	0.0077	0.0095	0.0147	0.0189
	PL ratio	<b>1.18</b>	1.00	0.94	0.98	1.33	1.11	1.20

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 14：跨品种利率曲线十年期零息债未来三个月 BRP 真实值与预测值对比



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

### 3.3 国债指数的预测

如前所述，即期利率曲线是从债券市场价格中拟合得到，是一个利率分析工具，不能直接从市场上观测，不同数学模型拟合出的即期利率会有差别，算是比较“虚”的概念。为了证明这个“虚”的概念能够运用到利率债投资实务中，本节把模型预测目标改为不同久期的中债国债总财富指数未来三个月涨跌幅。不过严格的讲，债券指数也有虚的成分，因为指数成分券众多，不是都有交易，很多券得采用估值数据，而债券估值又依赖于即期利率曲线；但由于指数成分券数量多，模型差异对指数整体的影响相对较小。

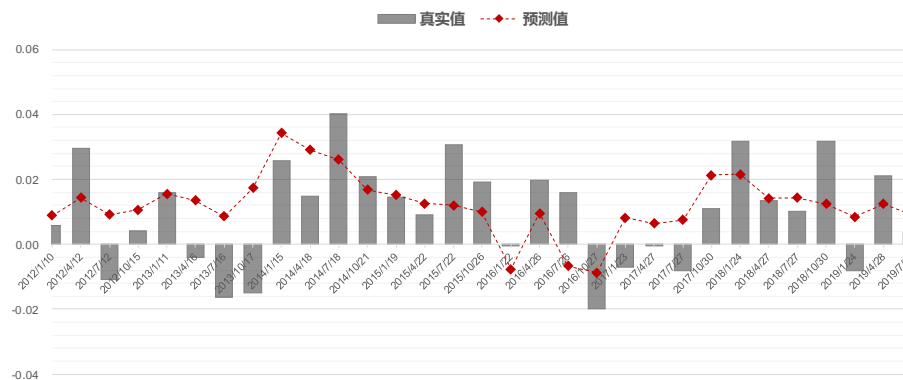
为了分析利率债指数，我们可以用零息债券复制利率债组合，使得复制组合和指数的久期、凸性匹配，具体方法参考上篇专题。如果指数的久期是 2.1，常规的选择会用 1 年期和三年期零息债券来复制，但事实也可以用 7 年期和 10 年期零息债券通过多空组合的方式来实现；而且从上一节可以看到，短线 BRP 的可预测性主要集中在长端，因此下文统一用三个月、7 年、10 年三个零息债券来复制债券指数。从表 4 和图 15 可以看到，模型的样本外预测效果非常显著，方向准确率在八成左右。

表 4：不同久期中债国债总财富指数未来三个月涨跌幅样本外预测结果

利率曲线	评价指标	预测目标：中债国债总财富指数涨跌幅		
		1-3年	3-5年	5-7年
跨品种	OOS	0.112	0.103	0.118
	DM test pvalue	0.000	0.000	0.000
	Hit Ratio	87.6%	80.4%	77.8%
	真实平均变动（正确）	0.0102	0.0133	0.0165
	真实平均变动（错误）	0.0034	0.0079	0.0103
	PL ratio	2.97	1.69	1.61

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 15：中债国债总财富指数（5-7 年）未来三个月涨跌幅真实值与预测值对比

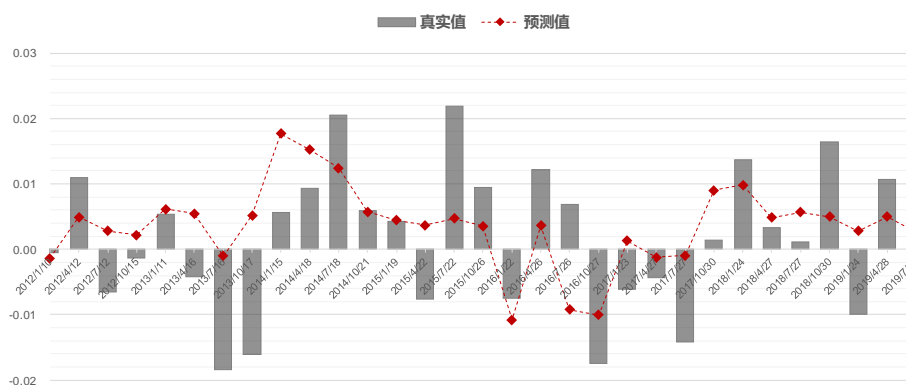


资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

### 3.4 国债久期轮动策略

基于模型对国债指数收益的预测，我们可以设计一个久期轮动策略。假设轮动的标的是国债总财富指数（5-7 年）和（1-3 年），每隔三个月用模型预测两个指数未来收益率的差额（图 16）；如果差额大于 10bps，买入 5-7 年指数；如果差额小于 -10bps，买入 1-3 年指数；如果差额在 -10bps 与 10bps 中间，则持仓不变。业绩比较基准是两个指数等权策略。轮动策略绩效如图 17 所示，可以看到策略增效明显，收益年化提升 100bps，风险略微增大；年度只需做 1-2 次调仓，实操可行。

图 16：国债总财富指数（5-7 年）与（1-3 年）未来三个月涨跌幅差额真实值与预测值对比



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 17：国债总财富指数（5-7 年）与（1-3 年）久期轮动策略表现



	年化收益	信息比	最大回撤
基准	3.61%	2.85	-2.95%
久期轮动	4.61%	2.62	-3.25%

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

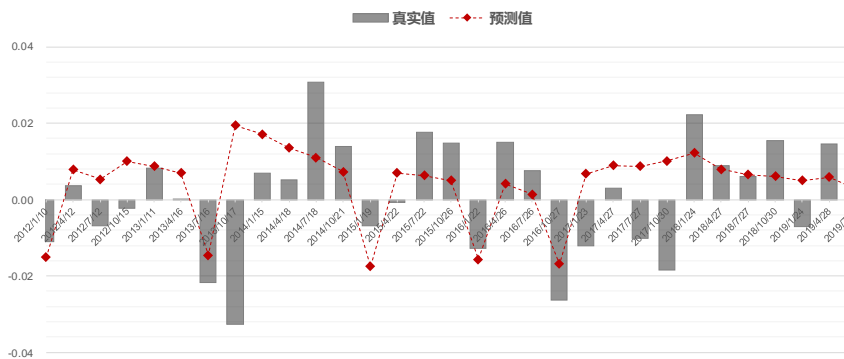


### 3.5 国开债上的运用

把跨品种无风险利率曲线运用到国开债上要麻烦一些，因为两者的同期限利率之间没有简单的一一对应关系。我们的解决方案是用估算出来的跨品种利率曲线给国开债定价（考虑税收、流动性溢价因素），把模型价格当做市场价格，推算出国开债即期利率曲线；这样得到的国开债即期利率曲线和跨品种利率曲线在国开债定价上近似相符。

重复上文的分析，我们发现跨品种分析获得的国开债利率曲线和单品种国开债利率曲线相比，长端利率、长端 BRP 的短线可预测性更高，方向准确率都在七成以上。本节只展示中债国开债总财富指数（1-3 年）和（5-7 年）久期轮动策略的结果，策略设置与国债指数相同，可以看到策略依然非常显著的增强效果。

图 18：国开债总财富指数（5-7 年）与（1-3 年）未来三个月涨跌幅差额真实值与预测值对比



资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

图 19：国开债总财富指数（5-7 年）与（1-3 年）久期轮动策略表现



	年化收益	信息比	最大回撤
基准	4.29%	3.03	-3.55%
久期轮动	5.42%	2.75	-3.96%

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

## 四、总结

利率曲线包含投资者对未来宏观、市场的预期，当期的期限结构信息可以用于利率走势的预测研判。单品种利率曲线构建过程中，由于交易活跃的债券数量有限，用到了许多“市场性”不够的价格数据，不能准确反映市场波动，适用于利率产品获得稳定估值，但不适用于利率市场短线波动分析。综合回购、国债、国开债多个品种的市场交易数据，能够获得信息含量更高的无风险利率曲线，可用于国债、国开债的季度短线分析，实证效果不错，模型的未来表现我们将持续跟踪。

## 风险提示

1. 量化模型基于历史数据分析得到，未来存在失效风险，建议投资者紧跟模型表现。
2. 极端市场环境可能对模型效果造成剧烈冲击，导致收益亏损。

## 参考文献

- [1]. Boudoukh, J., Richardson, M.P., Whitelaw, R., (2005), "The Myth of Long-Horizon Predictability", Review of Financial Studies, 21(4): 1577-1605
- [2]. Cochrane, J.H., Piazzesi, M., (2005), "Bond risk premia", American Economic Review, 95:138-160.
- [3]. Diebold, F.X., Li, C., (2006), "Forecasting the term structure of government bond yields", Journal of Econometrics, 130:337-364.
- [4]. Diebold, F.X., Mariano, R.S., (1995), "Comparing predictive accuracy". Journal of Business and Economic Statistics, 13:253-263.
- [5]. Kostakis, A., Magdalinos, T., Stamatogiannis, P., (2015). "Robust Econometric Inference for Stock Return Predictability," Review of Financial Studies, Society for Financial Studies, 28(5): 1506-1553
- [6]. 赵璐媛, (2015), "国债和政策性金融债利差分析", 中债专题研究, 2015(4): 31-40.
- [7]. 赵凌, (2008), "中债收益率曲线和中债估值编制方法及使用说明", 香港, ppt.

## 附录

表 5：利率曲线未来六个月变动样本外预测结果

利率曲线	评价指标	预测目标：NS模型参数			预测目标：关键期限利率变动					
		$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta c$	0.25	1	3	5	7	10
跨品种	OOS	0.370	0.219	0.867	0.055	0.000	0.120	0.214	0.256	0.288
	DM test pvalue	0.000	0.018	0.306	0.489	0.996	0.056	0.003	0.001	0.001
	Hit Ratio	75.5%	62.8%	75.0%	56.9%	61.2%	56.9%	62.8%	69.1%	70.2%
	真实平均变动（正确）	0.0040	0.0087	0.0030	0.0071	0.0053	0.0043	0.0041	0.0039	0.0039
	真实平均变动（错误）	0.0023	0.0037	0.0012	0.0048	0.0040	0.0032	0.0028	0.0027	0.0025
	PL ratio	1.69	2.35	2.50	1.50	1.33	1.35	1.45	1.46	1.58
国债	OOS	-0.083	-0.335	-0.547	-0.313	-0.410	-0.360	-0.132	0.016	0.084
	DM test pvalue	0.352	0.010	0.000	0.003	0.000	0.000	0.066	0.776	0.140
	Hit Ratio	55.9%	54.8%	56.9%	58.0%	58.5%	55.9%	60.6%	62.2%	58.5%
	真实平均变动（正确）	0.0040	0.0062	0.0076	0.0048	0.0038	0.0032	0.0030	0.0033	0.0035
	真实平均变动（错误）	0.0028	0.0043	0.0063	0.0051	0.0048	0.0040	0.0039	0.0031	0.0025
	PL ratio	1.43	1.45	1.20	0.94	0.79	0.81	0.76	1.06	1.39

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

表 6：利率曲线未来一年变动样本外预测结果

利率曲线	评价指标	预测目标：NS模型参数			预测目标：关键期限利率变动					
		$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta c$	0.25	1	3	5	7	10
跨品种	OOS	0.458	0.391	0.894	0.296	0.260	0.316	0.366	0.391	0.410
	DM test pvalue	0.000	0.015	0.298	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Hit Ratio	82.3%	58.9%	72.0%	70.3%	69.1%	66.9%	68.6%	70.9%	73.7%
	真实平均变动（正确）	0.0057	0.0102	0.0036	0.0108	0.0089	0.0071	0.0064	0.0064	0.0062
	真实平均变动（错误）	0.0043	0.0052	0.0012	0.0056	0.0056	0.0055	0.0055	0.0048	0.0044
	PL ratio	1.34	1.96	3.13	1.93	1.58	1.29	1.18	1.31	1.41
国债	OOS	0.158	-0.870	-0.860	-0.251	-0.271	-0.059	0.152	0.274	0.345
	DM test pvalue	0.100	0.000	0.000	0.008	0.004	0.411	0.004	0.000	0.000
	Hit Ratio	64.6%	63.4%	48.6%	58.3%	55.4%	56.0%	70.3%	70.9%	66.9%
	真实平均变动（正确）	0.0054	0.0063	0.0078	0.0066	0.0063	0.0060	0.0060	0.0055	0.0058
	真实平均变动（错误）	0.0040	0.0056	0.0066	0.0076	0.0071	0.0065	0.0057	0.0053	0.0047
	PL ratio	1.35	1.14	1.19	0.88	0.89	0.92	1.06	1.03	1.24

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

表 7：关键期限零息债券未来六个月 BRP 样本外预测结果

利率曲线	评价指标	预测目标：关键期限BRP							
		0.5	1	2	3	5	7	10	
跨品种	OOS		0.104	0.040	0.086	0.163	0.197	0.223	
	DM test pvalue		0.111	0.611	0.203	0.017	0.005	0.003	
	Hit Ratio		79.8%	75.5%	75.5%	73.9%	75.0%	73.9%	
	真实平均变动（正确）		0.0040	0.0093	0.0134	0.0202	0.0281	0.0409	
	真实平均变动（错误）		0.0031	0.0071	0.0094	0.0158	0.0186	0.0211	
	PL ratio		1.28	1.31	1.42	1.28	1.51	1.93	
国债	OOS		0.031	-0.113	-0.079	-0.104	-0.087	-0.089	
	DM test pvalue		0.608	0.140	0.242	0.218	0.292	0.262	
	Hit Ratio		67.6%	61.7%	63.3%	55.9%	57.4%	53.7%	
	真实平均变动（正确）		0.0027	0.0070	0.0107	0.0191	0.0258	0.0351	
	真实平均变动（错误）		0.0020	0.0064	0.0102	0.0138	0.0186	0.0261	
	PL ratio		1.31	1.09	1.05	1.38	1.39	1.35	

资料来源：东方证券研究所 & Wind 资讯

表 8：关键期限零息债券未来一年 BRP 样本外预测结果

利率曲线	评价指标	预测目标：关键期限BRP						
		0.5	1	2	3	5	7	10
跨品种	OOS			0.355	0.365	0.406	0.425	0.438
	DM test pvalue			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Hit Ratio			79.4%	76.6%	80.6%	81.1%	80.6%
	真实平均变动（正确）			0.0109	0.0183	0.0298	0.0409	0.0585
	真实平均变动（错误）			0.0052	0.0097	0.0196	0.0289	0.0399
	PL ratio			2.07	1.88	1.52	1.42	1.47
国债	OOS			0.186	0.230	0.287	0.317	0.138
	DM test pvalue			0.044	0.015	0.001	0.000	0.166
	Hit Ratio			78.3%	75.4%	70.9%	73.1%	61.7%
	真实平均变动（正确）			0.0081	0.0156	0.0267	0.0351	0.0526
	真实平均变动（错误）			0.0054	0.0104	0.0243	0.0365	0.0451
	PL ratio			1.52	1.51	1.10	0.96	1.17

资料来源：东方证券研究所 &amp; Wind 资讯

## 分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

## 投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

### 公司投资评级的量化标准

买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；

增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

### 行业投资评级的量化标准：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

## 免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

## 东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：[www.dfzq.com.cn](http://www.dfzq.com.cn)