

利率债中的价值回复和套利交易



报告日期: 2019年6月13日

利率债良好的流动性给了我们利率债进行量化交易的空间。按照被不合理定价的债券终究会回复到合理水平这一简单逻辑,我们设计了利率债的套利交易策略。

由于国开债的交易活跃程度和流动性都较好,是我们策略验证主要的标的。以债券收益率偏离收益率曲线的程度是否显著超越历史水平作为判断债券是否合理定价的标准,称其为偏离因子。构建以偏离因子最大和偏离因子最小的两组债券的多空组合,实证结果显示可以得到较为稳定的利差收益,并且划分的组数越多,即多空两组债券的偏离因子之间的距离越大时,能够获得更高的利差收益,这代表偏离因子具有较好的单调性。

在分为20组的时候,做多第一组做空最后一组实现年化收益4.2%,夏普2.52,最大回撤1.85%,年均利差变动103BP。债券收益率变动和偏离因子的IC为-8.2%,T检验显著。

偏离因子的时效性在2周左右,当我们将调仓频率从每周降低到每4周时,以1周和2周进行调仓最后的利差收益接近,但当继续降低调仓频率时收益会受到影响。

将选券样本缩小至关键期限最新和次新券时,同样会获得利差收入,但是波动性有一定上升,利差变动的幅度下降。

总体而言,在综合考虑了多种因素和可操作性之后,利用偏离因子进行利率债套利交易的策略是有效的。

★风险提示

量化模型失效风险。

市场极端环境的冲击,比如期限利差短时间内大幅变化。

交易过程中借入卖空的券在需要归还时无法及时买到,造成损失。

★致谢

感谢东方证券研究所金融工程首席分析师朱剑涛老师指导。

李晓辉 资深分析师(金融工程)
从业资格号: F3022611
投资咨询号: Z0013904
Tel: 8621-63325888-1585
Email: xiaohui.li@orientfutures.com

联系人:
朱莹 分析师(金融工程)
从业资格号: F3048185
Tel: 8621-63325888-1588
Email: ying.zhu@orientfutures.com

目录

1、国开债套利的原理	4
2、数据处理和策略介绍.....	4
3、策略实证结果.....	6
4、结论.....	12
5、风险提示.....	12
附录：赫尔米特插值模型.....	13
参考文献：	14

图表目录

图表 1: 截面上国开券的数量	5
图表 2: 新老券交易量区别	5
图表 3: 新老券和利率曲线的偏离程度 (未 Zscore)	5
图表 4: 套利策略净值	6
图表 5: 利差累积变化 (单位: 100BP)	6
图表 6: 收益随着分组数量上升而增加	6
图表 7: 不同分组每年的累积利差变化	7
图表 8: 降低调仓频率对策略的影响	7
图表 9: 多空两组偏离因子差值	8
图表 10: 缩小样本范围的利差变化情况	9
图表 11: 利率在 2016 年末的变化	9
图表 12: 2016 年年末利率曲线的斜率变动幅度大	9
图表 13: 斜率大幅变化对策略收益的影响示例	10
图表 14: 国债套利策略表现	10
图表 15: 国开债不同分组累积利差	11
图表 16: 国债不同分组累积利差	11
图表 17: 国债和金融债的年交易量 (亿)	11

1、利率债套利交易的原理

国开债是利率债中交易最活跃的品种，流动性较好，比较适合用于实现量化的策略模型。我们利用国开债进行套利交易的核心逻辑在于，找到被不合理定价的债券，然后买入被低估的债券同时卖出被高估的债，等价格恢复到合理水平的时候，我们就赚取了这一部分收益。“合理”定价的锚我们选取中债国开债收益率曲线，当某一个债的收益率和利率曲线的偏离程度明显高于历史平均水平时，我们可以认为该债券的价格被低估了，反之则被高估。

中债会公布每个关键期限的到期收益率，但每一个具体的现券的期限一般不是整数，所以我们需要一条连续的收益率曲线，以得到任意期限的债券到期收益率。中债用于拟合收益率曲线的模型为赫尔米特插值模型。中债收益率曲线的数据源包括：银行间债券市场结算数据、银行间债券市场双边报价数据、债券柜台双边报价数据、交易所债券成交数据以及中国债券信息网市场成员收益率的估值数据。

2、数据处理和策略介绍

我们用于验证模型的时间区间为 2014 年 1 月至 2019 年 5 月，获取这一区间的中债国开债到期收益率，频率为周度，拟合收益率曲线。投资的标的为国开债，每一个债的到期收益率和价格选取中债估值数据。债券的筛选标准为：(1) 日成交量超过 1 亿；(2) 上市时间超过 3 个月；(3) 剩余期限大于半年

计算在每个时间点债券自身到期收益率与收益率曲线上对应期限的到期收益率的差值：

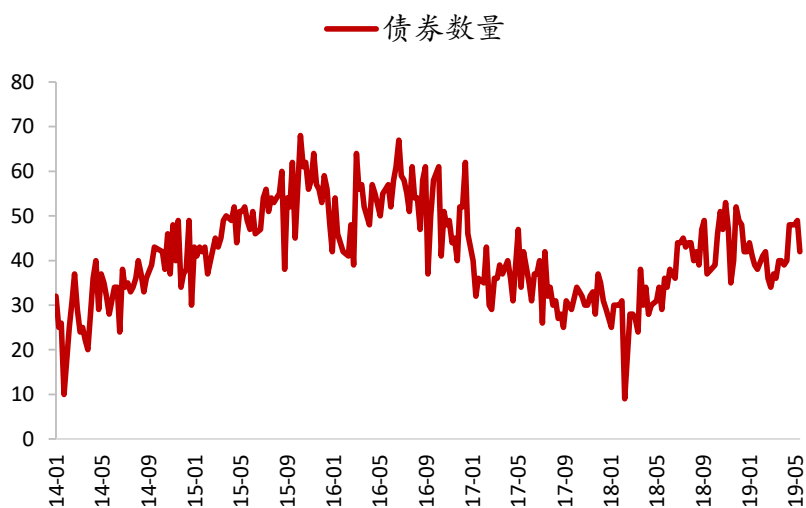
$$\varepsilon_{i,t} = y_{i,t} - y_{i,t}$$

直接用在某一个时间节点上的不同债券的收益率偏离收益率曲线的程度对比来判断该债券是否被高估或者低估显然是不合适的，因为某一些债券可能一直以来收益率就比收益率曲线上隐含的利率要高（比如存在流动性溢价的老券），所以我们将收益率残差在时间序列上进行 ZSCORE，用 t 时刻的偏离减去前三个月的均值，再除以偏离的标准差。

$$z\varepsilon_{i,t} = \frac{\varepsilon_{i,t} - \mu_{\varepsilon}}{\sigma_{\varepsilon}}$$

计算出每一个债券经过标准化之后的收益率偏离程度，为了表述方便，我们叫它偏离因子。按照偏离因子从大到小排列，分为 5 组，做多第一组做空最后一组，每一组内部债券的权重确定方式为等权。用两种方法来展示策略的表现，(1) 计算每一组的久期，以久期比值确定两组的权重，达到总的投资组合久期中性。由于做空最后一组债券，我们以拿到的现金按照 DR007 利率融出计算利息，加总算出策略净值；(2) 直接计算两组债券的利差变化情况，能更加直观体现策略的逻辑：收益率被高估的会下降，收益率被低估的会上升。

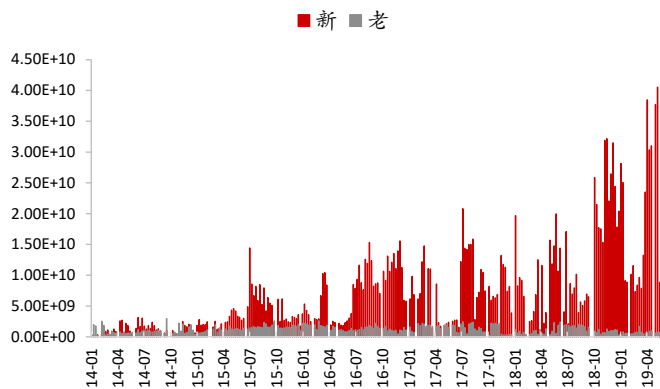
图表 1: 截面上国开券的数量



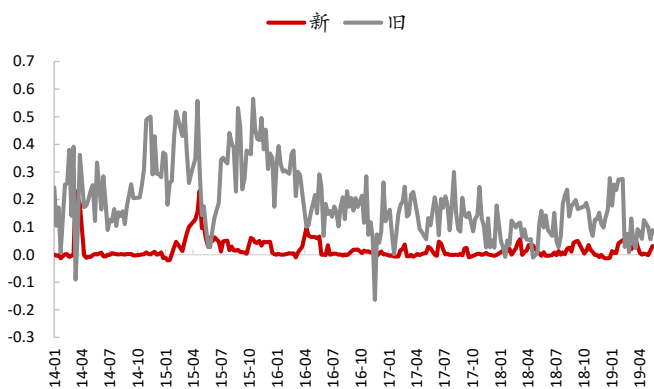
资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

截面上用于实现策略的债券样本数量基本上在 40 只左右, 我们按照上市时间的长短把债券分为十组, 观察最新的券和最老的券对利率曲线的偏离程度和交易量的区别可以看出, 老券的交易量明显低于新券, 且收益率比利率曲线上隐含的利率高, 存在流动性溢价。所以我们在时间序列上对偏离程度进行 Zscore 是必要的。

图表 2: 新老券交易量区别

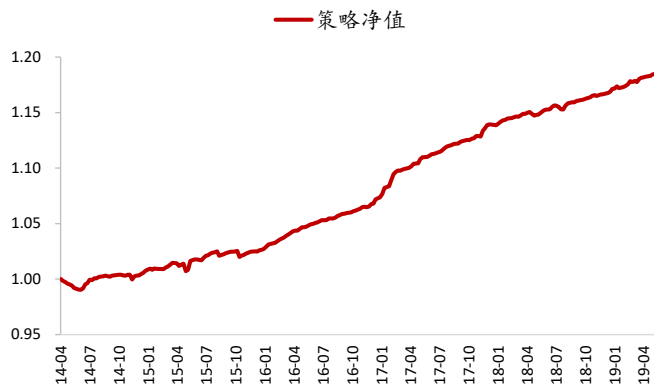


图表 3: 新老券和利率曲线的偏离程度 (未 Zscore)



3、策略实证结果

图表 4: 套利策略净值



资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

图表 5: 利差累积变化 (单位: 100BP)



资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

策略年化收益 3.15%，波动率 0.95%，夏普比率 3.34。空头组合的久期与多头组合的久期平均比值为 1.2，在交易时也较为便利，从策略净值和累积利差（赚了多少钱 BP）表现均可以看出策略比较稳定，收益率不高，但波动率很小。

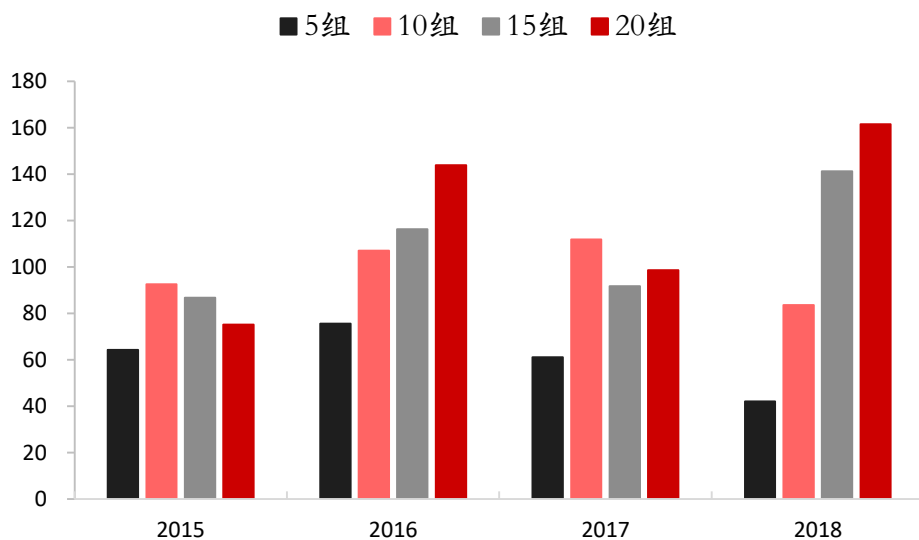
考虑进一步增加分组的数量，即减小每一组中债券的数量对策略表现的影响。如果偏离因子确实具备很好的区分低估和高估的债券的功能，那么当分的组数越大时，以第一组和最后一组进行多空组合的收益就会越高。我们的实证结果验证了这一单调性的存在，当我们将分组从 5 组增加到 20 组时，累积利差逐步增大。当投资组合中包含的债券数量越少时，由于集中度增加，所以组合的波动率上升，造成当分组数量越高时，夏普值越低。分组数量多少对于多空两组平均久期的比值影响不大。统计每一年的利差累积变化可以看出套利策略整体的收益比较稳定

图表 6: 收益随着分组数量上升而增加

	5 组	10 组	15 组	20 组
年化收益	3.15%	3.75%	3.92%	4.20%
夏普	3.34	2.72	2.58	2.52
最大回撤	0.95%	1.64%	1.78%	1.85%
年均可利差变化 (BP)	52	84	90	103
平均久期比例 (空/多)	1.2	1.17	1.18	1.19

资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

图表 7: 不同分组每年的累积利差变化



资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

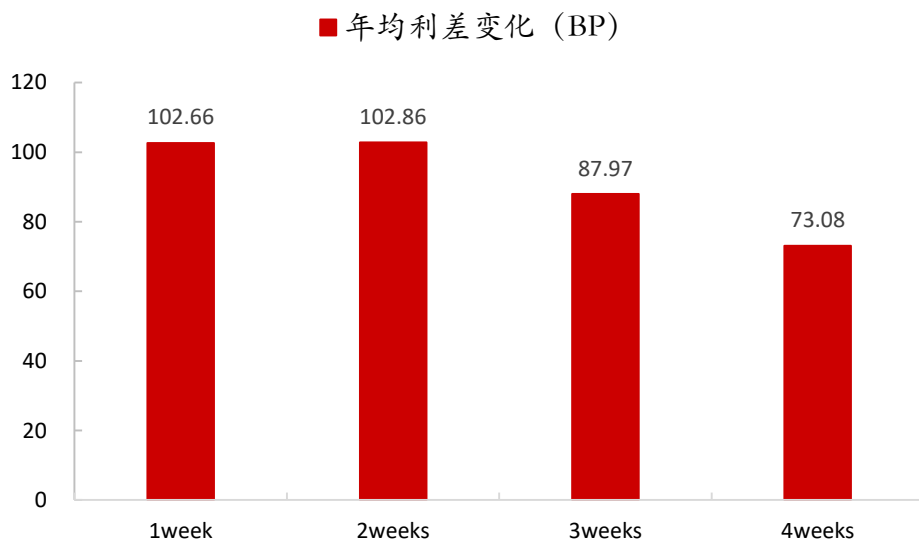
为了验证偏离因子的有效性, 我们还可以计算债券收益率的变动和偏离因子的秩相关性 (IC)。

$corr(\Delta y_t, z\varepsilon_t)$, IC 的均值为-8.2%, t 检验结果显著, p-value 为 1.24×10^{-7} 。

至此, 我们已经验证了偏离因子的有效性, 可进一步探讨调仓频率、选券样本、操作方法等其他方面的因素对策略的影响。

当我们降低交易的频率, 调仓从每周增加到每 4 周, 发现调仓频率为 1 周和 2 周时最后利差的变动幅度相差不大, 但当增加到 3 周和 4 周时, 利差变动幅度减少较多。这意味着偏离因子的时效性在 2 周以内较好。

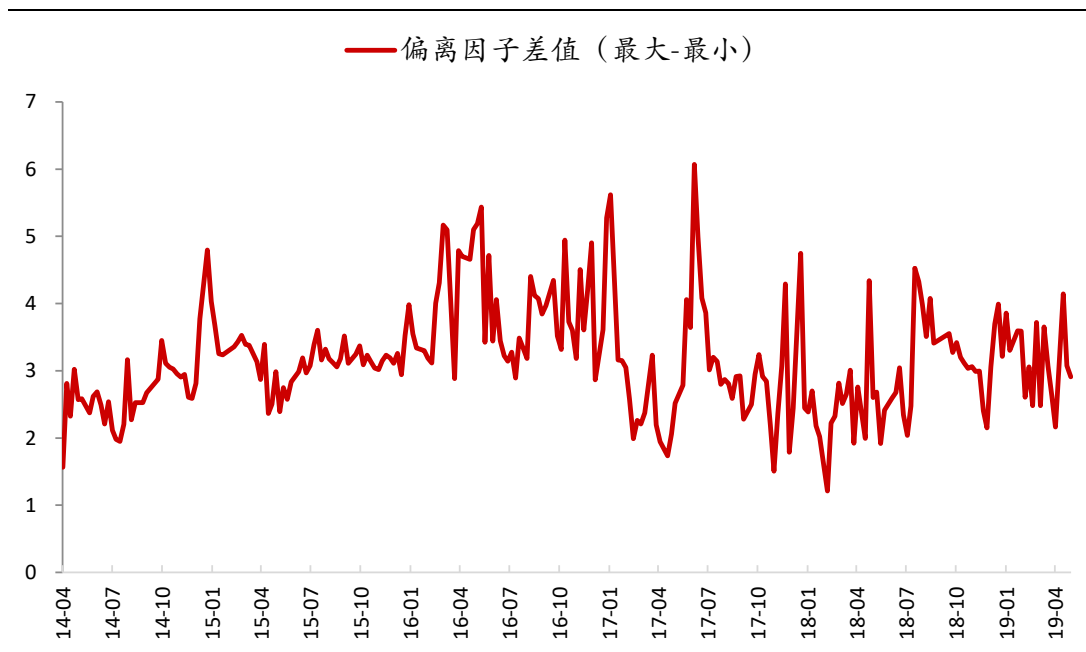
图表 8: 降低调仓频率对策略的影响



资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

我们也可以不严格按照固定的频率进行调仓，而是当多空两组的偏离因子之差达到一个较高水平时再进行交易。前提是多空两组偏离因子之差与利差变动存在相关性，即多空两组的偏离因子之差越大时是否意味着利差变动幅度更大，计算得到二者的相关性达到18.42%。

图表 9: 多空两组偏离因子差值



资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

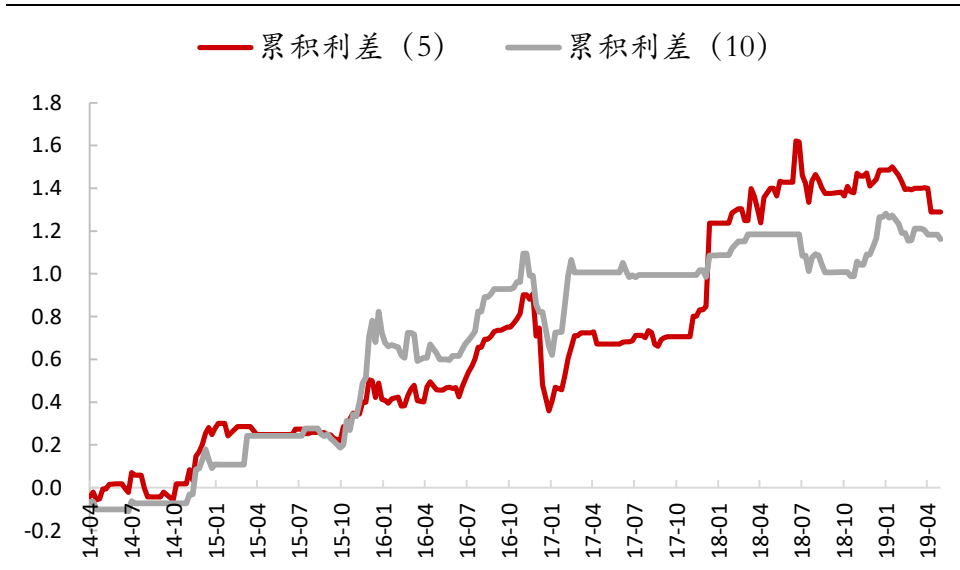
偏离因子的差总体在一定的范围内波动，可以设置阈值，当差值大于阈值时再进行交易，否则不进行交易。比如，当分为 20 组时，我们设置样本均值 2.5 为阈值进行回测，年均利差累积从 103 个 BP 下降到 93BP，但利差变动的标准差从 7.26% 降到了 6.8%。

以上的策略是基于数目比较多的国开现券组合进行测算，一些稍老的券的成交量并不大，一定程度上限制了策略的规模，在实际交易中真正最活跃的券并不多，所以我们考虑进一步缩小券的样本量，选取 1、3、5、7、10 年期最新的 2 只券，一共 10 只券作为样本来检验策略的表现。我们分别考虑同样分为 5 组和 10 组的情况。这里需要注意的问题是，因为一共只有 10 只券，**按照久期匹配进行多空组合需要考虑多空两组的比例，当多空两组的久期比例过高或者过低时在实际交易中会带来不便利**，比如选出多 10 年期，空 1 年期，即意味着需要空 10 倍的 1 年期券，在借券的时候并不容易，且受限于 10 年期头寸的规模，所以当久期比例大于 3 或者小于 1/3 时我们都不进行交易。

选取的样本更少时比较明显的变化是和上文相比累积利差的波动性明显加大，而且分组为 10 组时（做多偏离因子最大的一只，做空偏离因子最小的一只）并没有获得更高的利差收益，这是由于只用两只券进行交易时偶然性更大。我们观察到在 16 年年末策略有一次较大的回撤，这主要是由当时市场的极端情况导致的。在 2016 年 12 月 21 日到 2016 年 12 月 28 日，利率曲线的斜率发生了显著变化。2016 年 10 月到 12 月利率短时间内大幅上行，当时主要的背景是监管趋严，经济数据和金融数据都超预期曲线整体也比较平。在

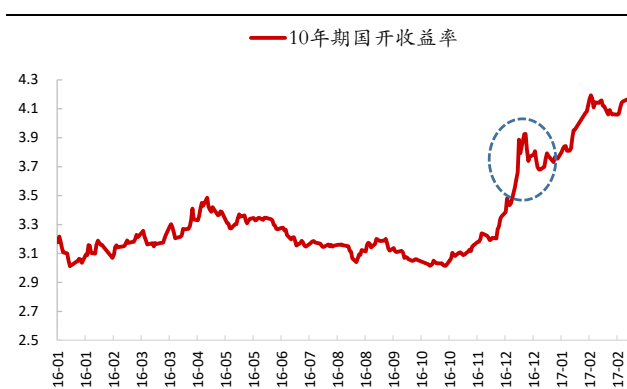
2016 年的最后一个星期利率又迅速下滑，利率曲线显著变陡，导致了我们的策略出现了回撤。

图表 10: 缩小样本范围的利差变化情况



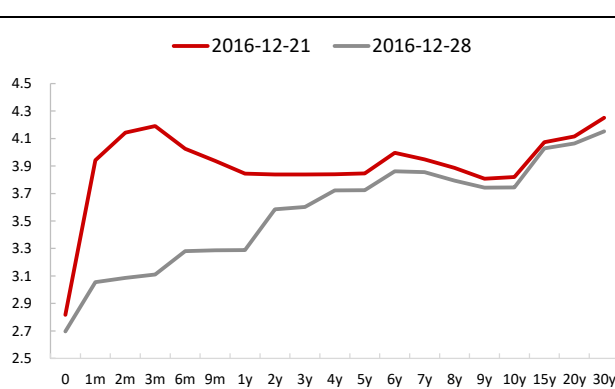
资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

图表 11: 利率在 2016 年末的变化



资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

图表 12: 2016 年年末利率曲线的斜率变动幅度大



资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

策略盈利的核心在于被高估的利率会下降，被低估的会上升，一般利率曲线主要是水平移动，通过对利率曲线进行主成分分析我们也可得知，水平因子可以解释利率曲线 90% 左右，当利率曲线主要是水平移动时，价值回复的出现使得我们赢利。但如果在交易的区间，斜率出现了大幅变动，则有可能出现利差损失。举一个简单的例子来说明：

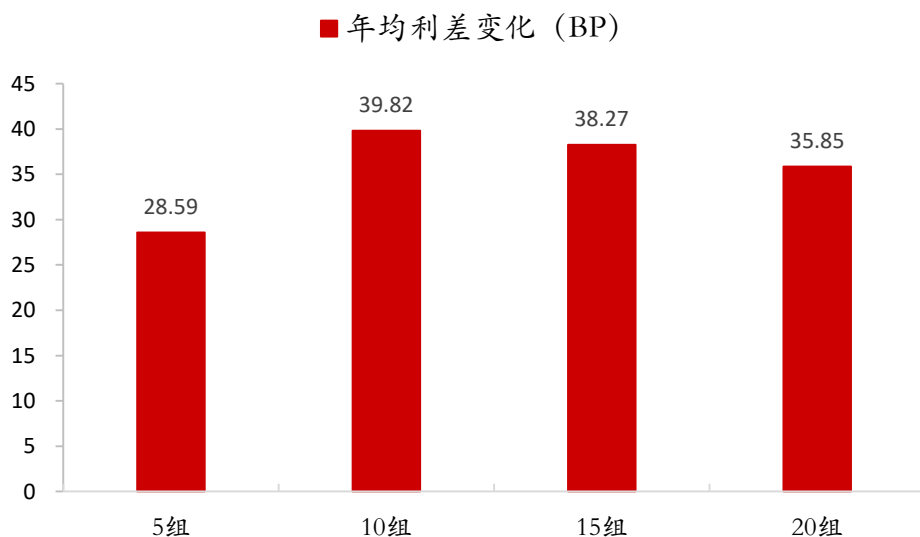
图表 13: 斜率大幅变化对策略收益的影响示例

利率曲线水平移动					
期限	收益率 t_0	利率曲线 t_0	收益率 t_1	利率曲线 t_1	收益
5	2.90%	3.00%	2.80%	2.80%	0.20%
10	4.10%	4.00%	3.80%	3.80%	
利率曲线斜率大幅变动					
5	2.90%	3.00%	2.50%	2.50%	-0.10%
10	4.10%	4.00%	3.80%	3.80%	

资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

假设有两个 5 年和 10 年的券, 他们和利率曲线的偏离程度的历史均值为 0, 所以在 0 时刻 5 年期的收益率被低估了, 10 年期的被高估了, 我们选择做多 10 年做空 5 年期, 在 1 时刻如果利率曲线水平移动, 5 年和 10 年均下降 20 个 BP, 同时两个券恢复到合理水平, 和利率曲线的偏离程度变为 0, 我们获得收益 20 个 BP。由于在大部分时候利率曲线的斜率不会在短时间内大幅变动, 所以我们的策略长期来看是可以盈利的。但是当斜率大幅变动时, 利率曲线斜率的变动幅度超过了债券本身估值均值回复的程度就会造成损失。如例, 利率曲线变陡, 5 年期利率下降了 50 个 BP, 10 年期只下降了 20 个 BP, 债券的估值跟随利率曲线变动并且偏离程度均值回复至 0, 我们损失了 10 个 BP。

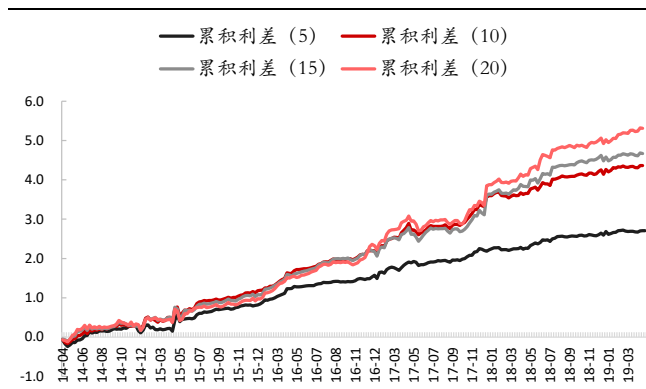
对于国债我们可做相同的策略测算, 我们同样可以获得利差收益, 但是没有呈现出和国开债上一样的好的单调性, 利差收益的幅度也相对更低。

图表 14: 国债套利策略表现


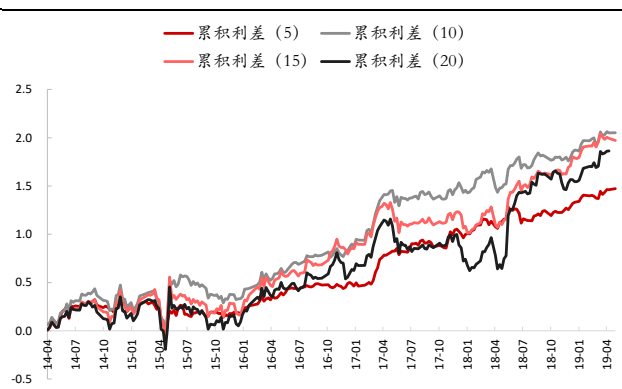
资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

对比国开债和国债在不同分组数目时累积利差的变化可以发现, 对于国开债来说整体单调性明显, 且不同分组的利差收益都比较稳定, 分为 10、15、20 组大约是在再 16 年之后才开始变得差异显著。我们分析造成这样情况的原因是随着时间推移, 国开债交易更加活

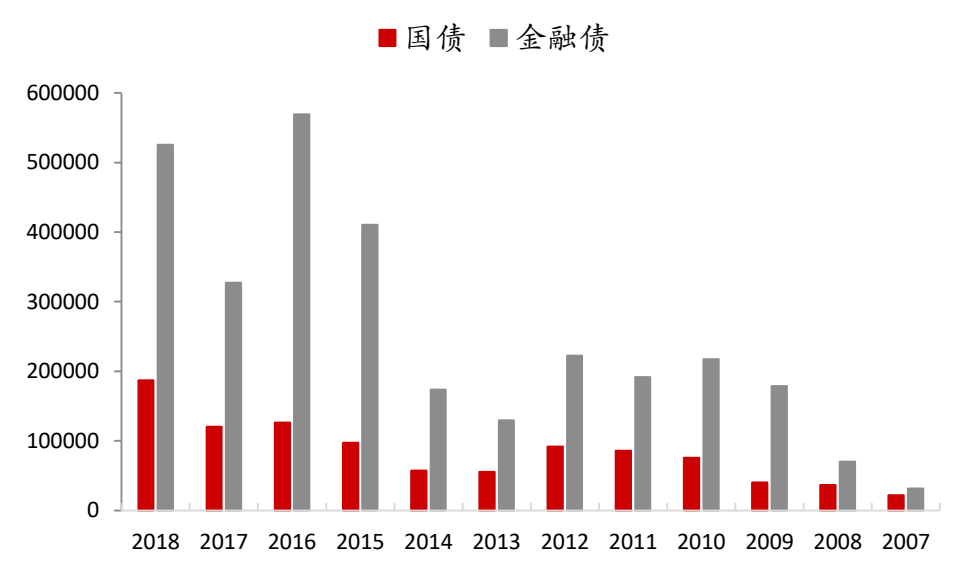
跃，而且随着机构投资者交易策略的丰富和完善，趋使被不合理定价的债券向合理的方向回复。因为如果没有投资者进行这样的交易，不合理的定价会一直存在，我们策略的核心逻辑就无法实现。而对于国债来说，利差收益的波动性明显更大，而且单调性不是非常好，这和国债的流动性没有国开好有一定关系。

图表 15: 国开债不同分组累积利差


资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

图表 16: 国债不同分组累积利差


资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

图表 17: 国债和金融债的年交易量 (亿)


资料来源: Wind, 东证衍生品研究院

我们亦可思考为什么这样的“不合理”定价会出现，从而使得我们策略有盈利的空间。提供一些可能的思路供大家参考，重要的原因是债券交易市场参与者众多，不同的交易者在达成交易时的目的不完全是一样的，或者说一笔交易达成与否不是完全看二级市场上的价格是不是有利可图，有很多其他因素会影响交易。比如某些机构为了快速建仓或者清仓会在偏离合理价格的地方成交，虽然从价格上看上去不划算，但对于他们来说不完成交易造成的损失可能更大。也比如配置户和交易户对于交易价格的要求和敏感度不是完全一样的，造成成交价格的偏差。各家面临的资金成本存在差异也会导致一些交易对一些投资者是划算的，而对另外一些投资者是不划算的。

4、结论

我们以不被合理定价的资产价格终归会回复到合理水平上作为核心逻辑设计了关于利率债的套利策略。由于国开债的交易活跃程度和流动性都较好，是我们策略验证主要的标的。以债券收益率偏离收益率曲线的程度和历史均值对比作为判断债券是否合理定价的标准，将与收益率曲线的偏离程度在时间序列上进行标准化之后得到偏离因子。构建以偏离因子最大和偏离因子最小的两组债券的多空组合，结果可以得到较为稳定的利差收益，并且划分的组数越多，多空两组债券的偏离因子之间的距离越大时，能够获得更高的利差收益，但会从一定程度上增加波动。我们检验了调仓频率为1周、2周、3周和4周时策略收益的变化，结果显示以1周和2周进行调仓最后的利差收益接近，但当继续降低调仓频率时收益会受到影响。总体而言，在综合考虑了多种因素和可操作性之后，利用偏离因子进行利率债套利交易的策略是有效的。

5、风险提示

- 1、量化模型基于历史数据分析得到，未来存在失效的风险，建议投资者紧密跟踪模型表现。
- 2、极端市场环境可能对模型效果造成剧烈冲击，比如短时间内期限利差大幅变化，利率曲线的斜率剧烈变动会造成策略的损失。
- 3、在做空券需要归还时，无法及时买到借入的券，导致收益亏损。

附录：赫尔米特插值模型

设 $0 = x_1 < \dots < x_n = 30$, 已知 $(x_i, y_i) (x_{i+1}, y_{i+1})$, $i, j \in [1, n]$, 求任意 $x_i \leq x \leq x_n$, 对应的 $y(x)$, 则用单调三次 hermite 多项式插值模型, 公式为:

$$y(x) = y_i H_1 + y_{i+1} H_2 + d_i H_3 + d_{i+1} H_4$$

其中:

$$H_1 = 3 \left(\frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} \right)^2 - 2 \left(\frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} \right)^3 ;$$

$$H_2 = 3 \left(\frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \right)^2 - 2 \left(\frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \right)^3 ;$$

$$H_3 = \frac{(x_{i+1} - x)^2}{x_{i+1} - x_i} - \frac{(x_{i+1} - x)^3}{(x_{i+1} - x_i)^2} ;$$

$$H_4 = \frac{(x - x_i)^3}{(x_{i+1} - x_i)^2} - \frac{(x - x_i)^2}{x_{i+1} - x_i}$$

$$d_j = y'(x_j) \quad j = i, i+1$$

$$d_i \text{ 为斜率, 可用数值方法计算, } d_i = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} + \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \right) & \text{if } : 1 < i < n \\ \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right) & \text{if } : i = 1 \\ \left(\frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \right) & \text{if } : i = n \end{cases}$$

x_i : 待偿期限

y_i : 收益率

参考文献:

- [1] Nielsen, Y, and Pungaliya, R.S. “Idiosyncratic returns and relative value in the US Treasury market”
Journal of Empirical Finance, 44 (2017) 125–144

期货走势评级体系（以收盘价的变动幅度为判断标准）

走势评级	短期（1-3个月）	中期（3-6个月）	长期（6-12个月）
强烈认购	上涨 15%以上	上涨 15%以上	上涨 15%以上
认购	上涨 5-15%	上涨 5-15%	上涨 5-15%
震荡	振幅-5%-+5%	振幅-5%-+5%	振幅-5%-+5%
认沽	下跌 5-15%	下跌 5-15%	下跌 5-15%
强烈认沽	下跌 15%以上	下跌 15%以上	下跌 15%以上

上海东证期货有限公司

上海东证期货有限公司成立于2008年,是一家经中国证券监督管理委员会批准的经营期货业务的综合性公司。东证期货是东方证券股份有限公司全资子公司,现在注册资本金为23亿元人民币,员工400余人。

公司主要从事商品期货经纪、金融期货经纪、期货投资咨询、资产管理、基金销售等业务,拥有上海期货交易所、大连商品交易所、郑州商品交易所会员资格,是中国金融期货交易所全面结算会员。目前公司拥有上海东祺投资管理有限公司和东证润和资本管理有限公司两家全资子公司。

东证期货以上海为总部所在地,在大连、北京、太原、郑州、青岛、常州、上海、长沙、广州、宁波、深圳、杭州、西安、成都、厦门、东营、天津、哈尔滨、柳州、重庆等地共设有24家营业部,并在北京、上海、广州、深圳多个经济发达地区拥有82个证券IB分支网点,未来东证期货将形成立足上海、辐射全国的经营网络。

自2008年成立以来,东证期货秉承稳健经营、创新发展的宗旨,坚持市场化、国际化、集团化的发展道路,打造以衍生品风险管理为核心,具有研究和技术两大核心竞争力,为客户提供综合财富管理平台的一流衍生品服务商。

分析师承诺

李晓辉 朱莹

本人具有中国期货业协会授予的期货执业资格或相当的专业胜任能力，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收到任何形式的报酬。

免责声明

本报告由上海东证期货有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本研究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。

本研究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报告之外，绝大多数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投资标的的邀请或向人作出邀请。

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，投资者需自行承担风险。

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他用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东证衍生品研究院，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

东证衍生品研究院

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 2 号楼 22 楼

联系人：梁爽

电话：8621-63325888-1592

传真：8621-33315862

网址：www.orientfutures.com

Email：research@orientfutures.com