

国债期货交易研究报告

作者

- 许鋆 32120190153947
- 杨弘毅 32120190153948
- 陈仪桢 32120191150647

前言

国债期货是一种操作简单且应用成熟的利率风险管理工具，经过30多年的发展，已逐步成为全球最主要的金融期货品种，其套保套利和价格发现功能也早已被国际金融市场实践和认可。我国的国债期货试点其实最早可以追溯到1992年，由于现券市场存量规模和流动性的限制，合约设计的一些缺陷和期货市场的不规范，以及“327”国债期货事件导致我国国债期货在1995年被宣停，直到2013年的9月6日中金所重新推出5年期的国债期货合约。

时至今日，我国的国债市场的发行规模、交易规模等都较当年的情况发生了根本性的改变，成熟的市场环境已经十分适宜国债期货上市和发展。2019年，作为基础性利率风险管理工具市场，我国国债期货市场总体运行平稳，成交量和持仓量显著增加，呈现出机构投资者参与度上升、市场流动性明显提高及期货与现货价格联动紧密等特点。我国国债期货市场积极主动适应市场发展需求，成功推出国债期货期转现交易（Exchange for Physicals, EFP），成功引入做市商制度，持续优化国债期货合约和规则，在促进市场发展方面发挥了重要作用。

我们使用Wind实时行情API，使用Excel和Python两种实现方法对5年期和10年期国债期货的CTD券的变化，对IRR、基差、BNOC、期权价值等指标进行实时监控，并使用Python对过去1年半时间的历史数据进行了分析，重点研究了国债期货CTD券的久期、IRR、基差、期权价值与YTM、剩余到期时间的关系，以及最近6个期货交割月期货市场的变化。主要发现CTD券的选取规则与YTM的大小存在明显关系，当YTM在3%左右时以中久期债券当担CTD券，当YTM下降时，CTD券久期也会下降，逐步切换为低久期债券。基差随着剩余到期的减少（尤其是邻近到期）会逐步收敛，期权价值、BNOC也会随着剩余期限的减少（确定性逐步增加）而逐渐归零，同时期权价值与YTM的波动水平（波动率）存在正相关关系。

交易策略方面，我们设计了“期现套利”和“跨期套利”两种交易策略，使用最近1年半的数据进行了回测。5年期和10年期国债的“期现套利”累计收益率分别为1.75%和2.2%（年化分别1.17%和1.47%）。5年期和10年期期货的“跨期策略”年化收益分别有3%和10%。

本文后续安排如下：第一部分介绍了实时行情监控程序的开发思路和实现方法，第二部分对过去一年半的国债期货市场的的数据进行分析，第三部分介绍了期现套利的逻辑和回测结果，第四部分介绍了跨期套利的思路和结果分析，最后总结本报告。

一、实时行情监控程序说明

我们通过Wind的实时行情API调用实时行情数据，使用excel和python两种方法实现对国债期货的CTD券以及基差、BNOC、IRR、理论价格、期权价格等指标的实时监控。

1、数据

1. 国债期货的实时行情（wind的wsq模块），获取国债期货的最新成交价（因为国债期货价格变化相对较慢且小，国债期货套利属于低频策略，无需使用实时对手价作为开平仓信号）；
2. 可交割券信息，我们使用w.wset功能获取当日所有的五年期、十年期国债期货对应的可交割券代码，由于同一只国债同时在沪深交易所和银行间市场交易，而银行间市场是国债的主要交易场所，国债的交易主要以场外成交为主，因此我们只选择银行间的国债进入我们的计算；
3. 国债的行情，由于国债的报价及其不活跃，实时行情极容易出现盘口为空的报价，而盘口为空不代表债券价格为0，因此我们使用T-1日的债券的中债估值的净价和全价作为国债的行情数据；
4. 无风险利率，国债期货的到期期限在1年以内，我们使用shibor作为无风险利率，每日获取开盘前的shibor实时价格，使用线性插值的方法获取期货对应剩余期限的无风险利率。

2、实现方法

实现方法一：Python

使用pandas、numpy和datetime等库实现。每日运行程序无需进行任何设置即可自动实时生成国债期货的CTD券以及相应指标的监控。我们实时获取所有国债期货的可交割券，计算其IRR、BNOC、Carry等指标，并根据IRR排序得到CTD券。

下图是程序运行的截图，默认设置是每30s刷新一次（频率可以调整），使用系统当前时间戳判断当前时间是否为交易时间，如果是交易时间则自动推送信息，否则程序停止。

wind_code	bond_code	IRR	Basis	BNOC	carry	F_theory
T2006.CFE	190006.IB	0.059749	-0.124862	-0.207331	0.082468	101.555536
T2009.CFE	180019.IB	0.015141	0.619696	0.014258	0.605438	101.156286
T2012.CFE	190006.IB	0.011475	1.192353	0.262399	0.929954	100.821520
TF2006.CFE	190013.IB	0.044818	-0.070538	-0.134051	0.063514	103.229531
TF2009.CFE	190013.IB	0.004439	0.766807	0.334577	0.432231	102.839271
TF2012.CFE	200005.IB	0.006177	0.770042	0.513547	0.256496	102.608860
wind_code	bond_code	IRR	Basis	BNOC	carry	F_theory
T2006.CFE	190006.IB	0.059749	-0.124862	-0.207331	0.082468	101.555536
T2009.CFE	180019.IB	0.015141	0.619696	0.014258	0.605438	101.156286
T2012.CFE	190006.IB	0.011475	1.192353	0.262399	0.929954	100.821520
TF2006.CFE	190013.IB	0.044818	-0.070538	-0.134051	0.063514	103.229531
TF2009.CFE	190013.IB	0.004439	0.766807	0.334577	0.432231	102.839271
TF2012.CFE	200005.IB	0.006177	0.770042	0.513547	0.256496	102.608860

实现方法二：Excel

Excel相比于python具有可视化效果好的优势，可以根据自己的需要随时订阅各类行情信息，因此我们使用Excel做了与python相同的监控界面（经过比对，计算结果与上图python版本的结果完全一致）。excel版本无需输入任何参数信息，只需要在新券上市的时候，对工作底稿的索引范围进行调整即可。下图为实现界面。

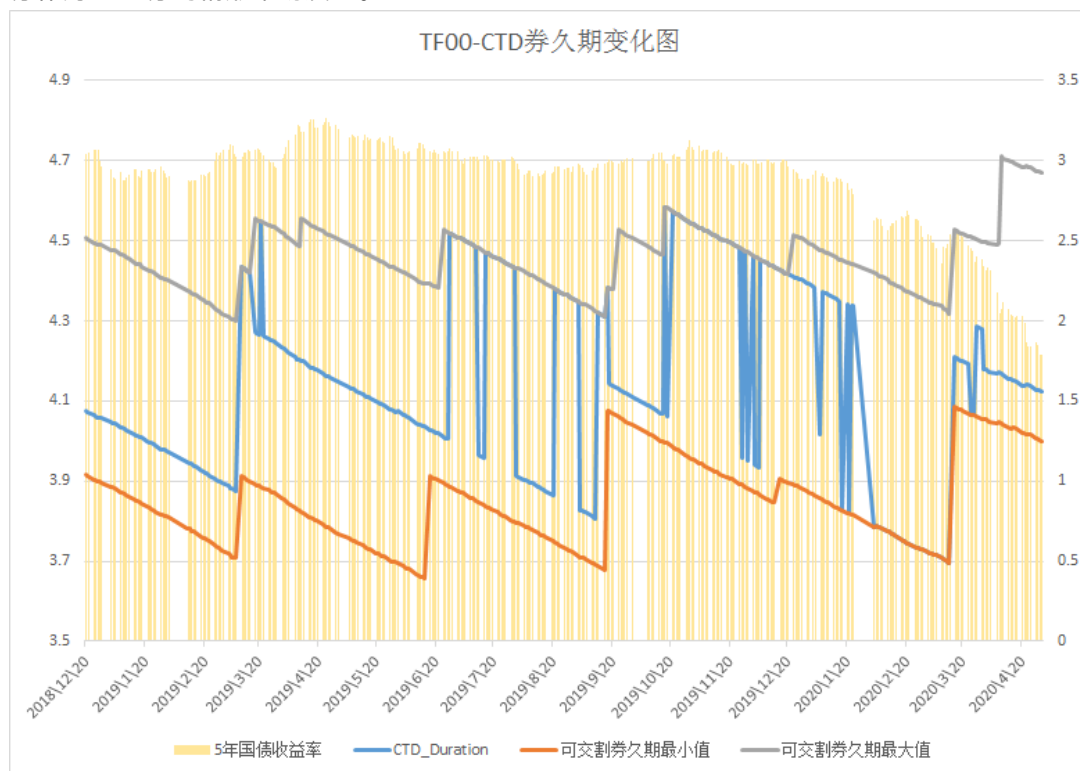
CTD券监控							
期货代码	最新价	最后交割日	CTD券	CTD券IRR	CTD券基差	CTD券BNOC	CTD券理论远期价格
TF2006	103.39	2020-06-17	190013.IB	4.48%	-0.07	-0.13	103.23
TF2009	102.53	2020-09-16	190013.IB	0.44%	0.77	0.33	102.84
TF2012	102.09	2020-12-16	200005.IB	0.62%	0.77	0.51	102.61
T2006	101.79	2020-06-17	190006.IB	5.97%	-0.12	-0.21	101.56
T2009	101.18	2020-09-16	180019.IB	1.51%	0.62	0.01	101.16
T2012	100.61	2020-12-16	190006.IB	1.15%	1.19	0.26	100.83

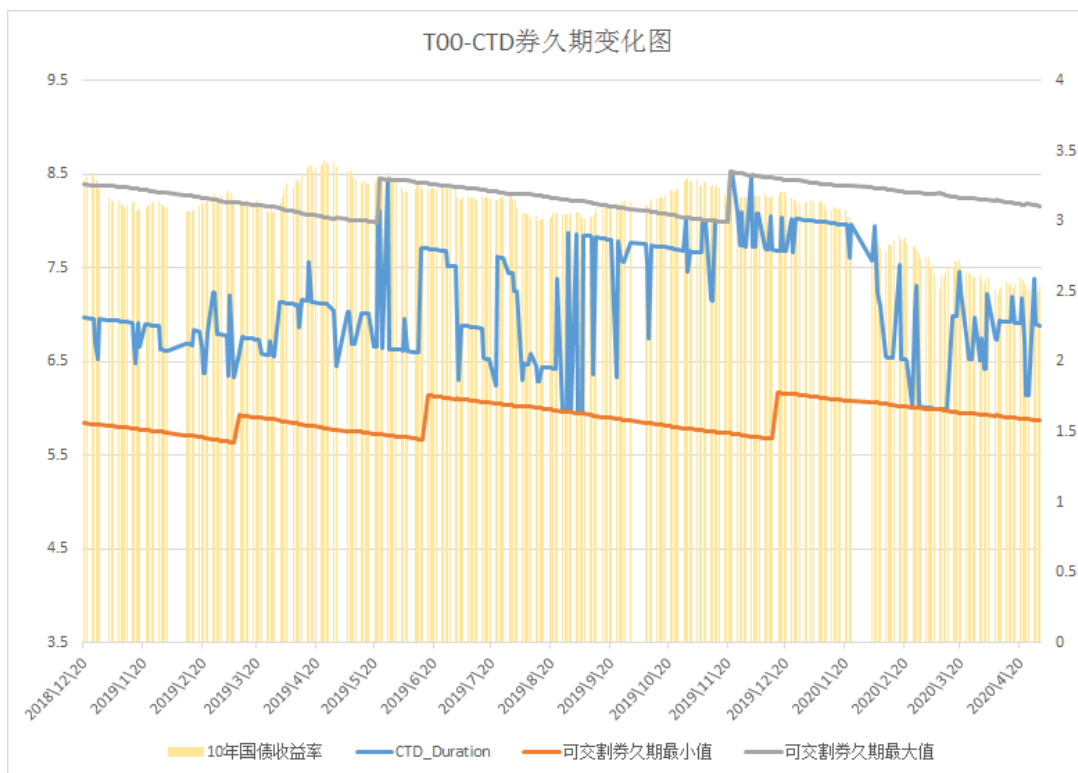
二、历史数据分析

我们使用python回测了从2018年12月20日–2020年4月30日期间的五年期和十年期国债期货的可交割券以及CTD券的IRR、基差、BNOC和理论价格等指标（详见程序包中“历史数据”文件夹）。

1、CTD券久期变化规律

首先，我们分析了CTD券久期的变化规律与国债收益率之间的关系。在2020年之前，5年期国债收益率维持在3%左右波动，10年期国债收益率在3%–3.5%之间波动。理论上，YTM在3%左右国债期货的CTD券应为中久期债券，实际计算结果也验证了这一结论。2019年无论是TF00还是T00的CTD券的久期大概维持在所有可交割券久期的中游。当YTM上升（下降）时，CTD券的久期也会上升（下降）。但是，由于2020年初疫情的影响，央行采取了大规模降息政策，从2020年2月开始国债收益率大幅下行，5年期国债收益率下降至2%，10年期国债收益率下降至2.5%，根据CTD券的选取规则，当YTM下降时，应是低久期债券作为CTD券。从图中我们可以看出，随着YTM的下行，CTD券久期也跟着下降，以最小久期的可交割券作为CTD券的情形市场发生。



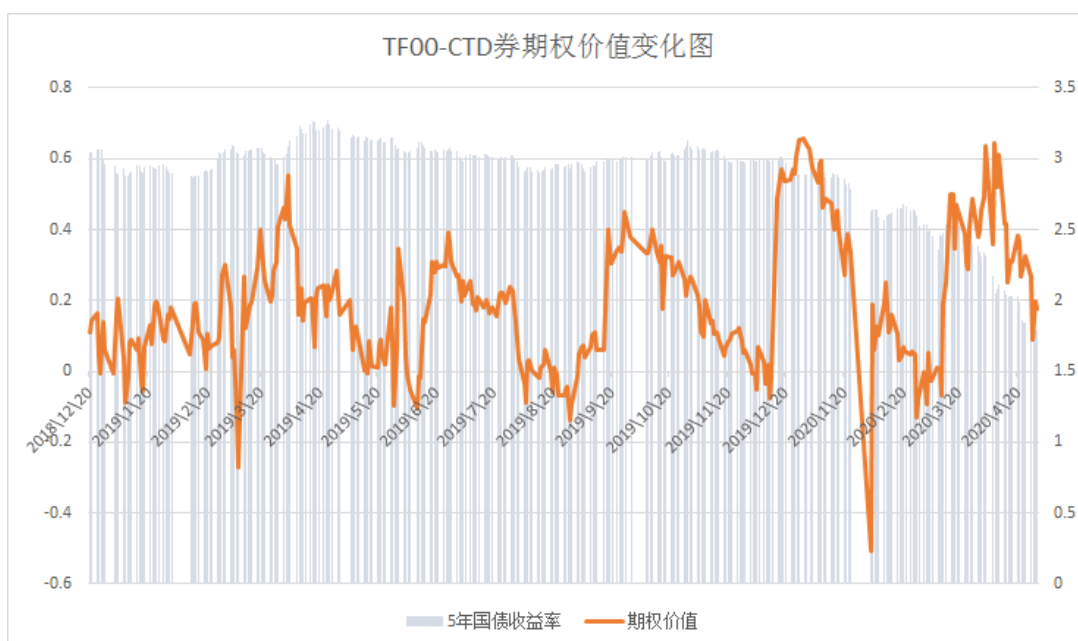


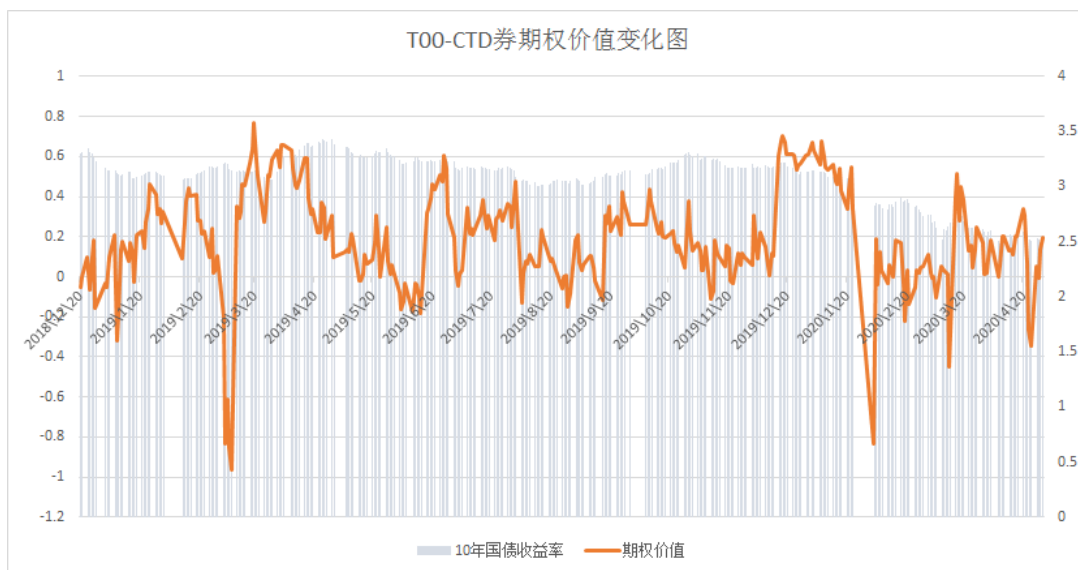
2、隐含的期权价值

对于CTD券而言，BNOC即为CTD券的期权价格，而期货的理论价格和实际价格之差本质就是期权价格（或是BNOC）。因此，我们研究了TF00和T00合约的CTD券的隐含期权价值与国债到期收益率以及期货剩余期限之间的关系。

(1) 期权价值与国债收益率

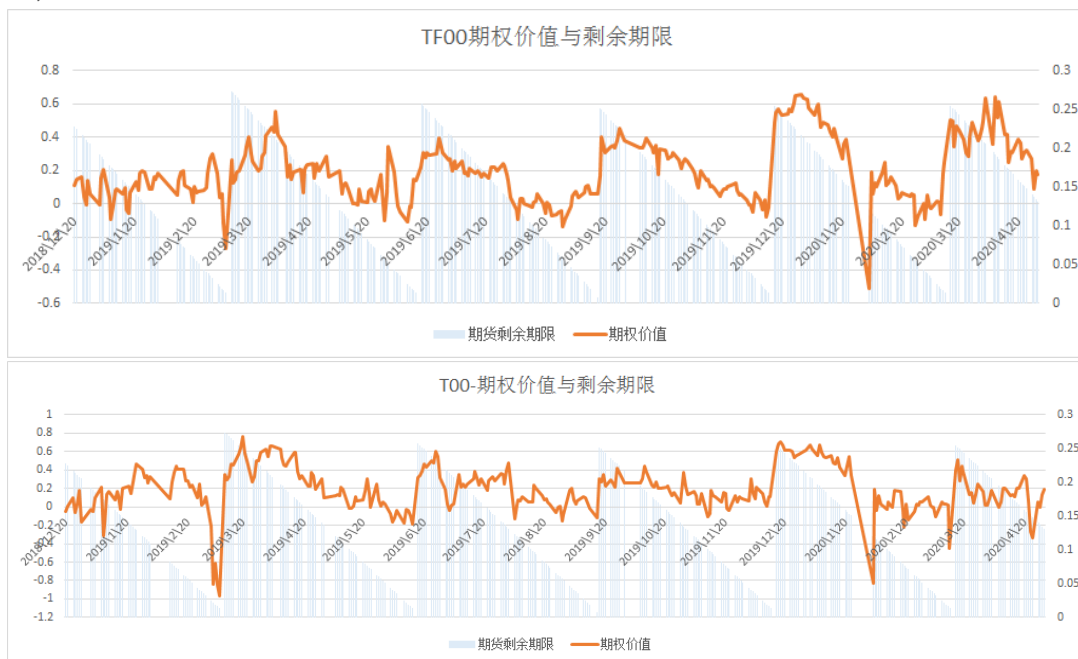
期权价格的决定因素有标的证券的价格、波动率、剩余到期时间，由于国债期货隐含的期权价值不易定价，因此我们通过图形进行分析。可以看出当YTM在3%左右的时候，国债期货CTD券切换的可能性越大，因此期权的价值越高，相应的在图中得以验证。同时，国债期货的标的虽然是国债，但是国债的价格是由利率水平所决定，当利率变化幅度较大时（波动率较大），期权的价值也相对较高。





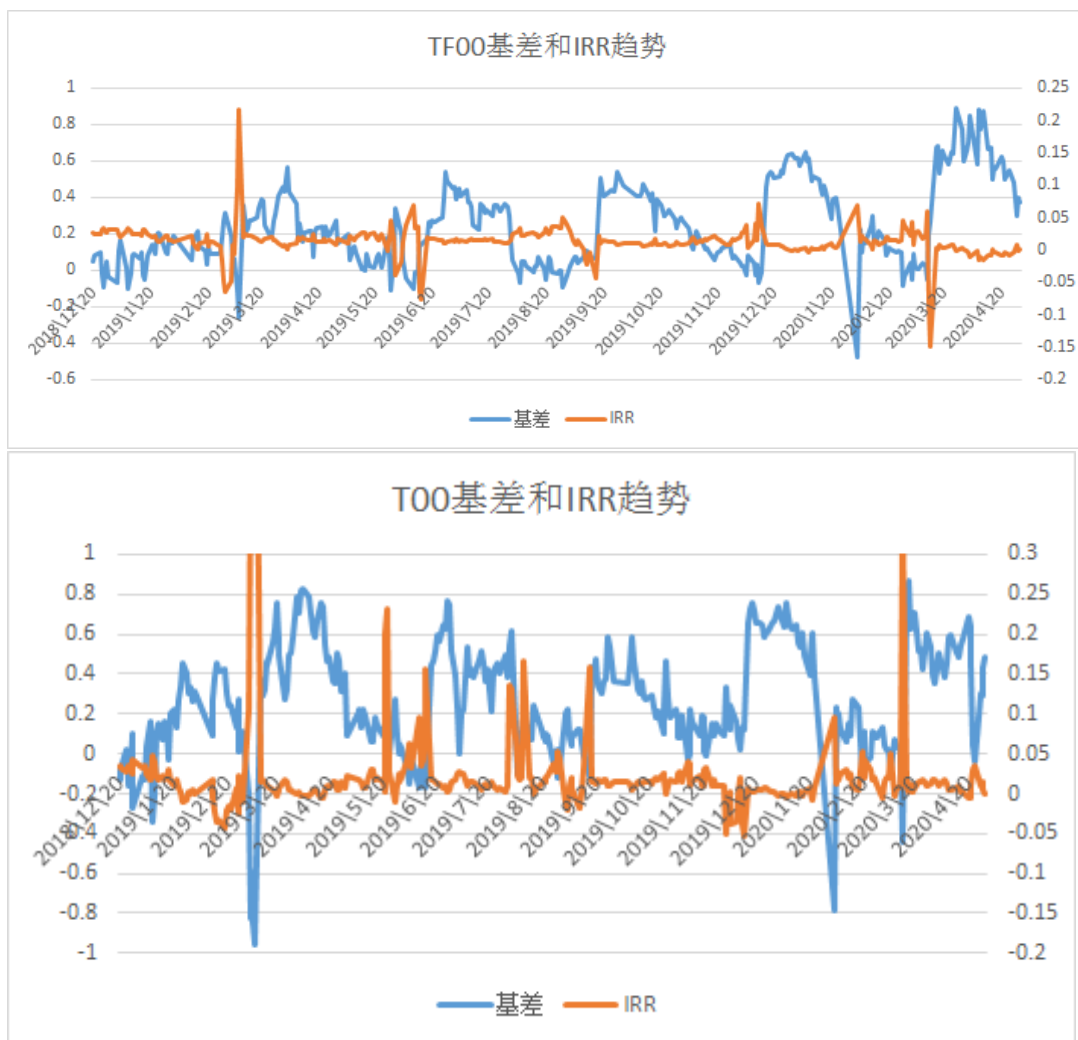
(2) 期权价值与期货剩余到期期限的关系

根据期权定价理论，期权的剩余到期期限越短，则期权价值越低，该理论在以下两幅图中也得以验证，期权价格在连续合约换期开始时最大，随着期货邻近到期，CTD券的确定性也越大，期权的价值也逐步衰减。



3、IRR与基差变化规律

基差随着期货邻近到期日逐渐归0，说明市场是有效的。而IRR在邻近到期日时会出现波动。波动的主要原因在于由于邻近到期期货价格的一点波动，会对基差的绝对值造成一定的影响，由于期货剩余期限只剩下很短（5天左右），将基差收益率年化就会产生很大的数值。这也表明在做基差套利时不能仅仅看IRR的大小，还需要关注剩余期限以及基差的绝对大小，有时候IRR非常大不代表是一个好的套利机会，因为IRR的数值有可能是因为剩余期限很短导致一个很小的基差就会产生很大的年化收益。



4、过去六个交割月国债期货市场的特征

交割月国债期货最明显的特征就是基差的收敛。从上图可以看出期货在邻近到期日基差就会逐步收敛。国债期货的基差多数情况下处于贴水状态（可以理解为期货的功能主要是用于对冲现券风险，类似中证500股指期货贴水的特征，贴水可以类似理解为是空方支付的对冲成本）。而到了交割月，由于套利交易的存在（反向套利在利润空间足够大安全垫足够厚的情况下可以通过债券借贷进行卖空国债的操作），无论是正向还是反向基差都会逐步收敛。

从交易量和持仓量的角度看，国债期货的换期操作通常是发生在最后交易日的前2周，即最后交易日所在的那一周交易量大幅减少，持仓量在之前一周已经显著缩小了。这与股指期货的情况存在较大差别，股指期货通常是在交割周甚至是最后2-3天才开始大规模的移仓。

5、中国市场理论与现实的差异

实际操作中，国债期货的理论CTD券经常出现频繁切换的情况，以10年国债期货为例，在合约价格大于100（低YTM）的情况下，理论CTD券应该是久期最短的债券。但是，在实际操作中，经常是8年左右债券担任CTD的情况，甚至有10年老券担当CTD券的情况发生。这主要是因为中国独特的债券投资税收制度安排导致。对于免税机构而言（如银行，但国开债不对银行免税，因此银行资产配置主要构成为国债，并非流动性更好的国开债），投资国债的票面利息是减免利息税收的，但债券的增值损益是要纳税的。也就是说，票面更低的债券和一个票面高的债券在相同到期收益率的情况下，对于免税机构而言，票面高的债券实际收益更高。这也导致实际在市场中，相同到期、不同票面的债券，到期收益率不同，以此来保证投资人实际的持有收益率是相同。但是国债期货CTD券的计算是以到期收益率来计算的，对于长期债券，如果到期收益率如果很高，债券价格就低，那么这只债券也可能使得该券成为CTD券，从而使得国债期货的CTD券从理论6年多的债券变为实际的8年债券。

三、策略一：期现套利策略

1、策略原理

当期货与现货价格偏差超过持有成本时，买入现货并卖出转换因子份的国债期货，到期完成交割获得无风险收益。期现套利的盈利来源在于IRR与资金成本（或债券借贷成本）的利差。若 $IRR > \text{资金成本}$ ，则存在正向套利的机会。

在实际操作中，由于基差存在波动属性，基差偏离估值中枢越远，其收敛性就越强，因此基差交易的本质并不完全是锁定基差并持有到期，可以通过交易基差的波动性进行增厚收益。其次，当期货处于贴水状态时，虽然可以使用卖空国债买入期货的方式套利，但是由于期货多方在交割时是被动接受空方的交割券，因此，在期现套利策略中我们只考虑正向套利的机会（买国债卖期货）。

2、策略逻辑

（1）开平仓规则

由于期货的基差并不是套利交易的全部利润，套利交易的净利润本质是BNOC的变化。IRR本质也可以反应套利交易毛利率的年化收益情况，但是由于期货剩余到期期限的长短各不相同，有可能出现IRR不大，但是剩余期限长总收益水平高的情形，也有可能出现剩余期限短但是IRR高，交易之后收益并不是太高的情况。因此，综合测试了多种方案之后我们确定使用BNOC作为开平仓信号，通过设置开平仓阈值确定交易触发条件。

（2）合约的选取

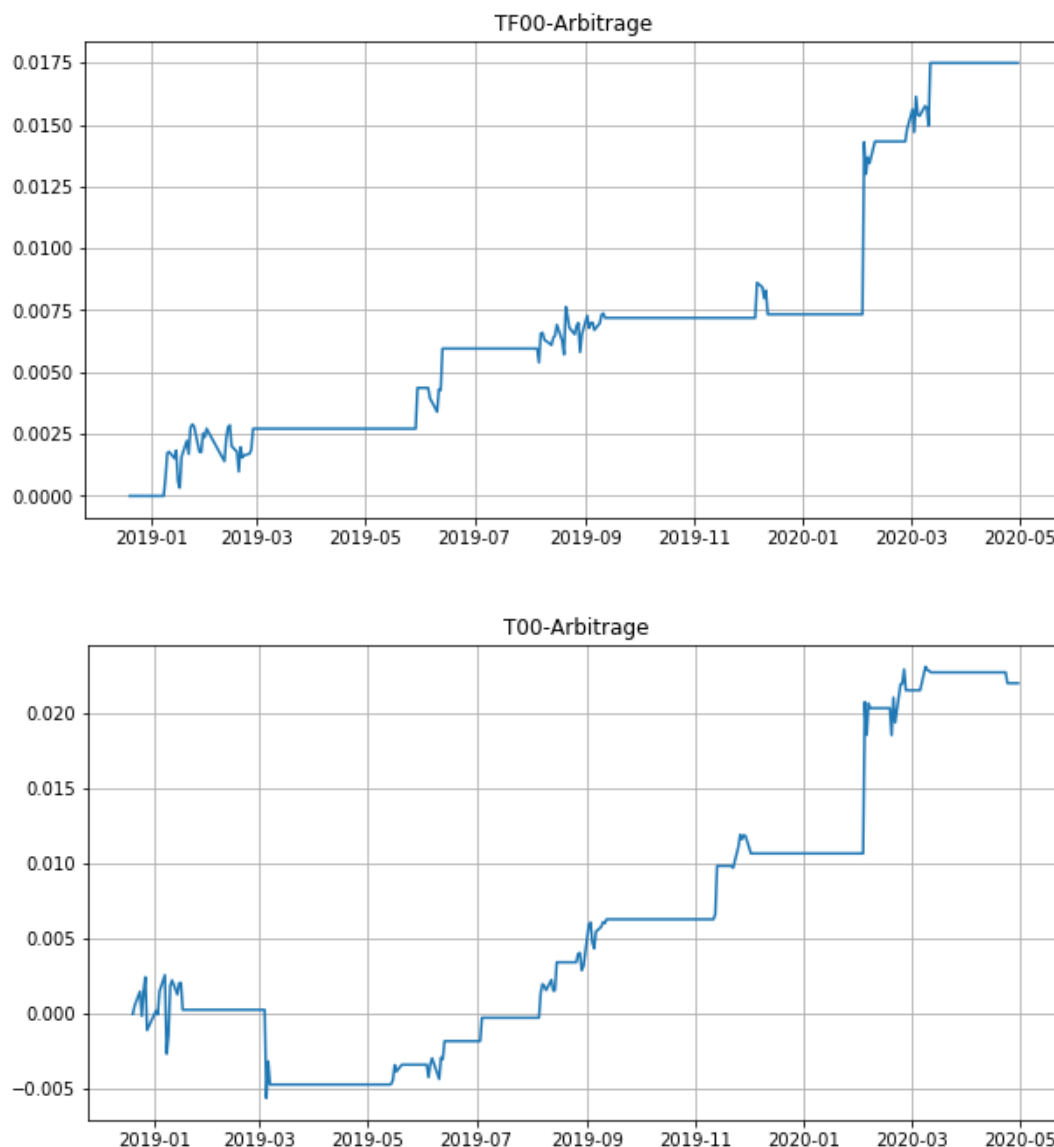
期货合约选用当季合约，因为从流动性的角度来说当季合约的流动性比较好，成交量大。其次，当季合约的基差波动较大，且收敛性较强，能一定程度减少持仓时间。债券选用开仓时刻的CTD券，买入一单位的CTD券，卖出转换因子单位的国债期货，一直持有至平仓。

（3）阈值设置

根据BNOC历史的波动水平，我们设置当 $BNOC \leq -0.01$ 时开仓， $BNOC \geq 0.25$ 时平仓，如果开仓之后未能达到平仓条件，则一直持有至交割。

3、回测结果

TF00和T00的累计收益率曲线见下图。约1年半的回测周期，TF00和T00期现套利的净收益率（已扣除资金成本）分别为1.75%和2.20%（年化分别为1.17%和1.47%），交易期间仅仅出现了因为建仓之后基差拉大导致的“虚假回撤”，长期下来净值曲线并未回撤。从交易频率来看仅分别有4次和6次的交易次数，说明期现套利的交易触发频率较低，持仓时间平均约15-16天，持仓时间相较于股指期货套利较长。



4、结果分析

请教从业人士，也得到了类似结论，近1-2年时间国债期货市场的无风险套利机会较少，多出现于期货剩余期限1个月左右，基差波动的交易机会较多。而对于套利型策略，以纯量化的方式进行开平仓信号的生成和触发是存在一定难度的。以ETF、期货、期权等市场的套利经验来说，今年一季度纯量化触发交易的套利策略年化收益率约在30%，但是主观判断触发交易的套利策略年化收益可以达到40-50%。主要原因就是量化信号没有完全考虑到交易员的经验以及市场宏观基本面的变化对基差的影响，以此类推，在国债期货套利策略应也有类似情况，需要结合交易员的经验以及市场流动性、宏观经济的判断共同作为基差交易的触发信号，才能获取一定的收益情况。

四、策略二：跨期策略

跨期交易其定义为同一国债期货品种不同到期日合约之间的差价。相比于基差交易需要在国债现券与国债期货上同时建立头寸，有较高的门槛，普通投资者无法进行基差交易。而跨期策略只使用使用不同国债期货合约建立头寸，相比于国债现券市场门槛较低。对于中国市场上的五年期国债期货和十年期国债期货，每种国债期货都有三个不同期限的合约，分别最近的三个季月，称到期日由近到远的三个季月合约分别为，当季（近季）合约、下季合约、远季合约。

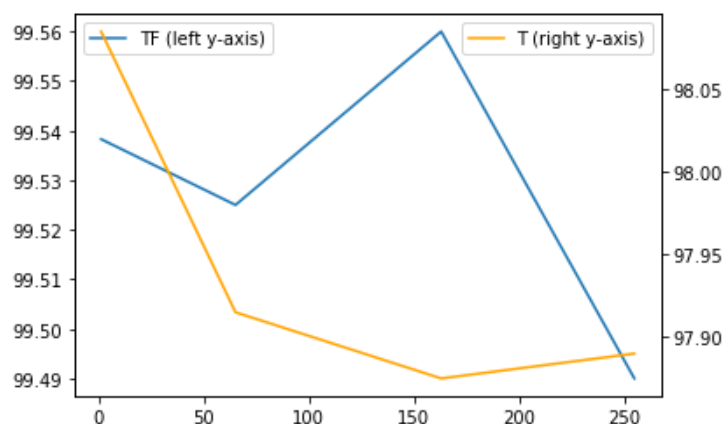
国债期货主要的跨期价差策略有跨期价差、蝶式价差，两种交易策略。对于跨期价差策略，可使用当季-下季、下季-远季、当季-远季，构建三种跨期价差组合。同时可以使用两个跨期价差组合构建蝶式价差组合，由于蝶式价差组合需要三个不同期限合约进行构建，所以受限于目前的合约数量，仅可以构建买入蝶式价差组合和卖出蝶式价差组合。对于买入蝶式价差组合，

为买入1手当季合约和1手远季合约，并同时卖出2手下季合约。具体而言其相当于买入1手“当季-下季”跨期价差组合，并且卖出一手“下季-远季”跨期价差组合。

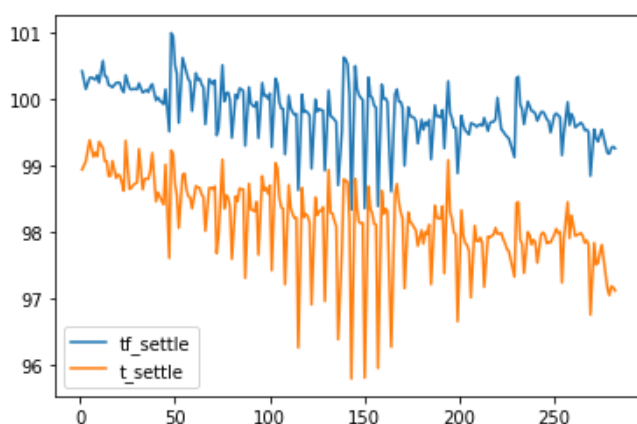
但由于国债期货其特殊的交割性质，进入交割月的交易者较少。如对于TF2006和T2006合约而言，由于即将进入交割月，当季合约成交量下降较快。而下季合约成交量都为最大，即TF2009和T2009。由于国债期货只有三个合约，如2006合约到期之后，三个合约分别将是2009合约、2012合约和2103合约，此时远季合约到期时间较远，因此远季合约一般成交较不活跃。因此使用“当季-远季”进行跨期交易或构建蝶式价差组合的意义较小。

1、跨期价差期限结构

现货可以视为期限为1天的期货，可使用现券价格除以其转换因子得到其对应期货价格，并可与市场上交易的三个期限的国债期货形成国债期货价格的期限结构。下图任取一天（2019年1月7日）的五年期国债期货（左轴）和十年期国债期货（右轴）价格期限结构，可见此时对于五年期国债其现货价格（现券）相对于期货价格被高估，而十年期国债现货价格被低估。在距离期合约最后交割日约150日左右，两者差异较大。



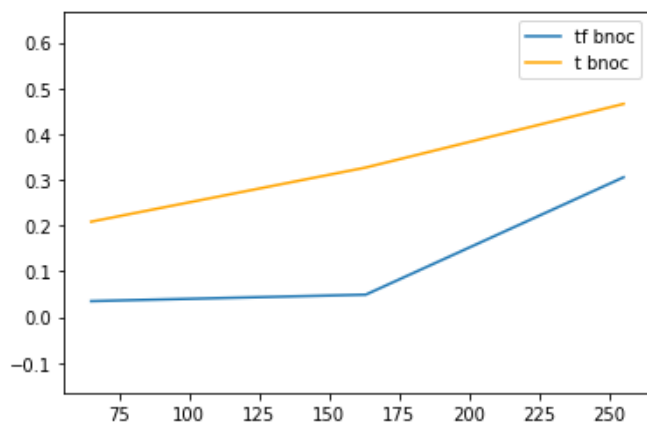
取近2018年12月至今约一年半的五年期和十年期国债期货交易数据进行观察，取合约价格距离最后交割日的平均值，得到下图。可以发现此时的价格期限结构具有大致相同的结构，即五年期国债期货价格大于十年期国债期货价格，且向下倾斜。价格在距离最后交割日100天至200天，或约三到六个月期间内波动较大，邻近交割以及距离到期日200天以上时价格较为平稳。



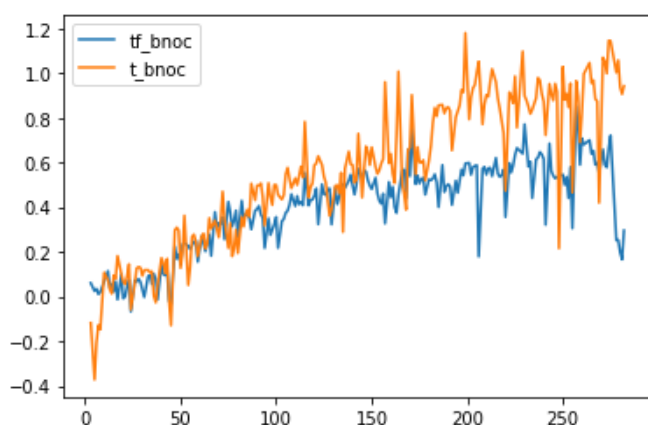
2、净基差（转换期权）期限结构

对于跨期价差组合，其收益主要来源于三个部分：第一部分为远端和近端合约CTD券的净基差价差，第二部分为CTD的从近端合约第二配对缴款日（或第二交割日）至远端合约的远期持有收益，第三部分为远端和近端合约的转换因子产生的调整项。其中第一部分相当于买入远端转换期权（净基差），并且卖出近端转换期权。下图同样取2019年1月7日为例，可以观

察到期限剩余时间越长，净基差越高，即转换期权的价值越高。同时有十年期的净基差高于五年期的净基差。

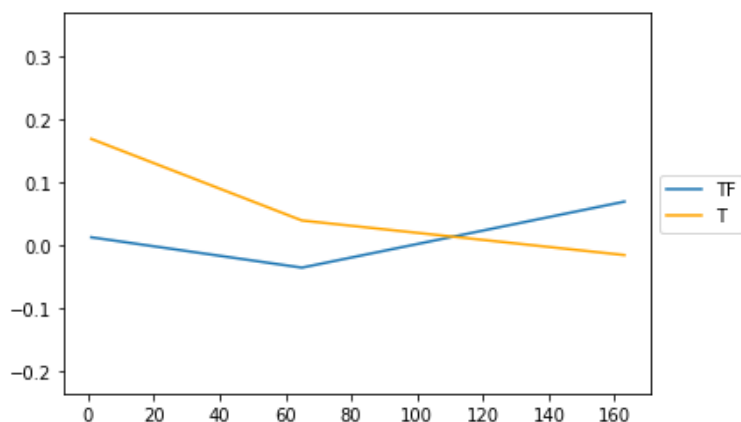


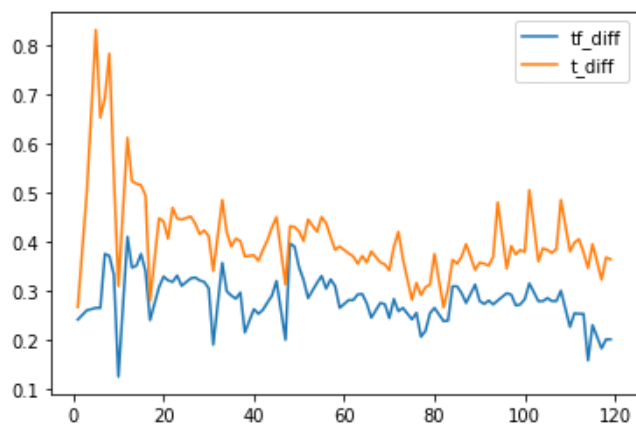
同样观察从2018年12月至今的历史数据取均值进行观察，取五年期国债与十年期国债的净基差历史平均得到下图。可以观察与单日观察到的结果相同，即有十年期国债净基差大于五年期国债净基差，且有剩余时间越长，其转换期权价值越高。但可以额外观察到五年期十年期国债期货净基差随剩余时间增加，两者之间差异更大，这可能来源于十年期国债期货CTD券久期更大的原因。



3、跨期价差期限结构

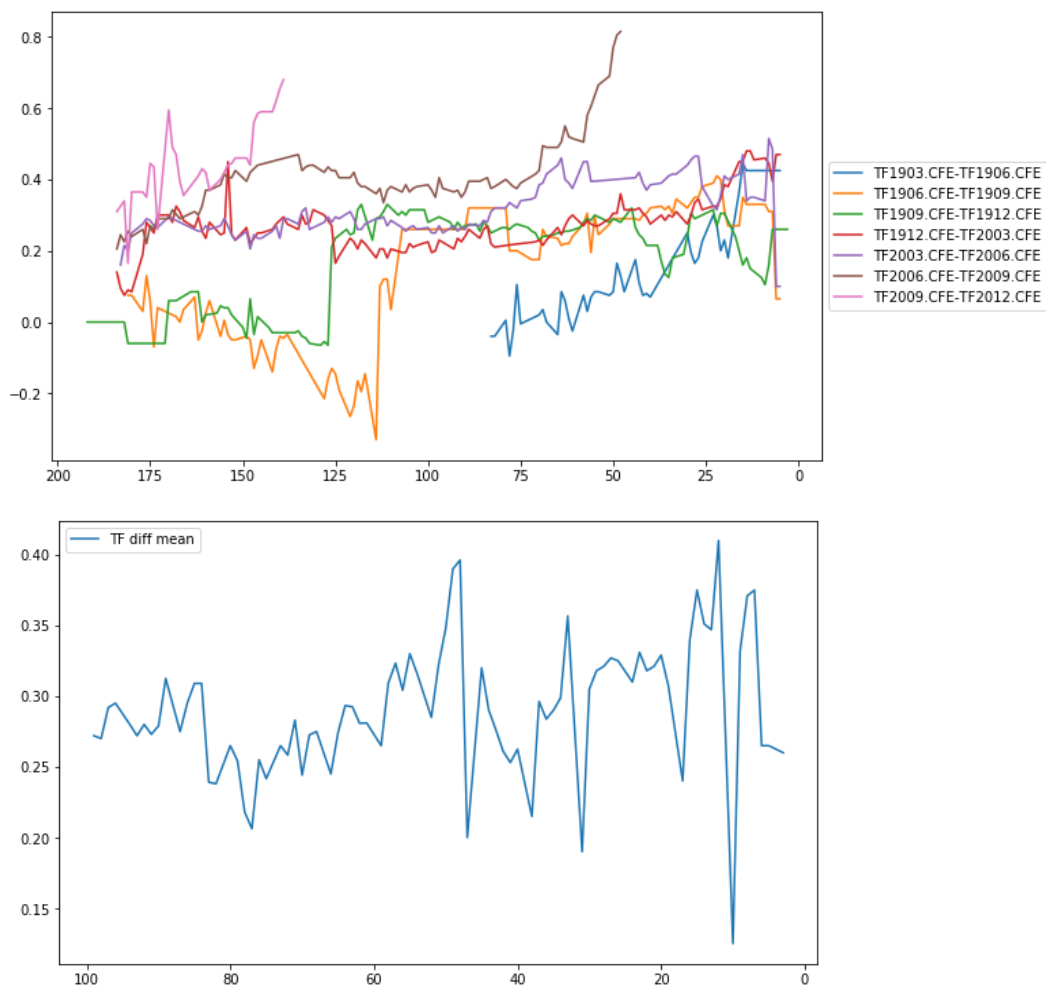
同样观察2019年1月7日当日的跨期价差期限结构，与五年期与十年期国债期货跨期价差历史平均数据（蓝色为五年期，黄色为十年期），可以观察到价差组合随着剩余期限的缩短，组合价格越大，且十年期国债期货此特征较为明显，这可能与净基差期限结构中期限越短，其斜率越陡峭的原因有关。

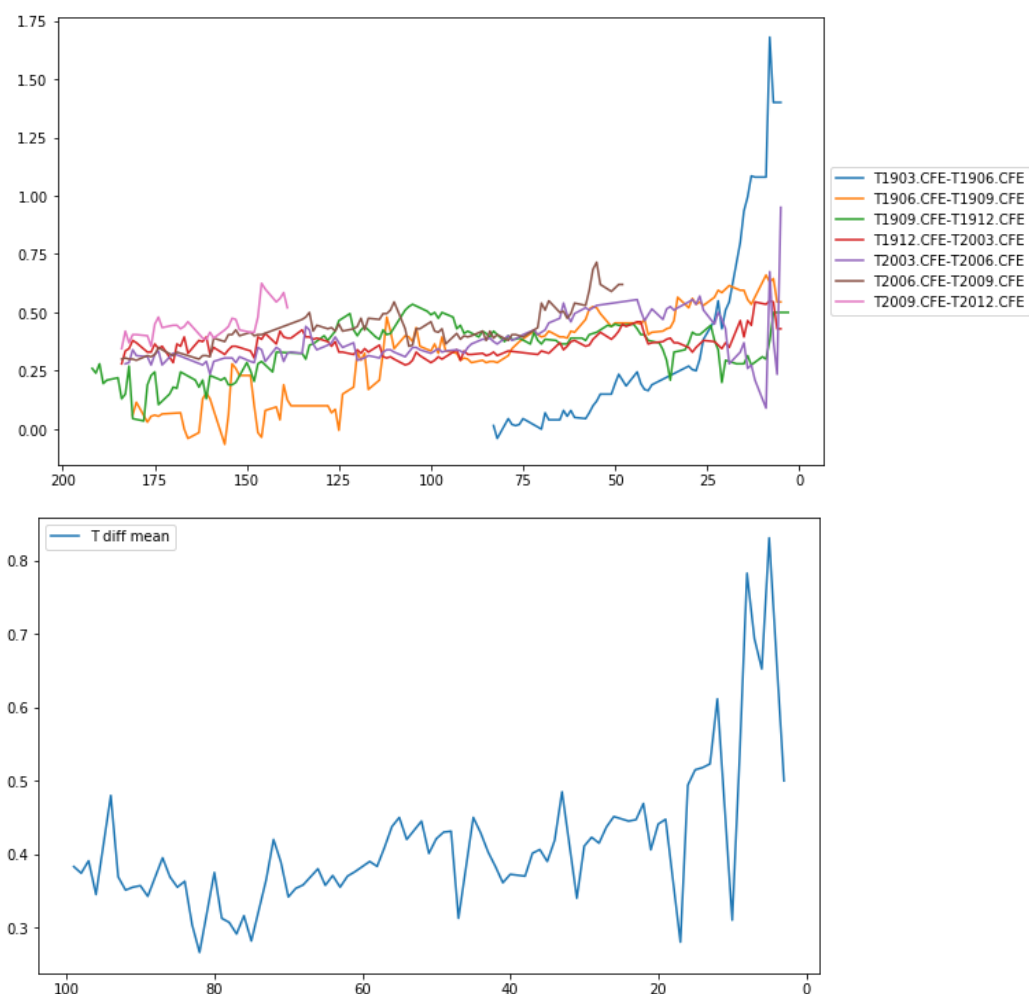




4、跨期价差历史数据

同样从2018年12月开始越一年半的五年期和十年期国债期货历史数据进行，以下两组图分别为五年期与十年期不同合约跨期价差的历史数据，以及对应的跨期价差均值，如“TF1903.CFE-TF1906.CFE”，指买进当季“TF1903.CFE”合约，同时卖出下季合约“TF1906.CFE”，横轴为距离最后交割日天数。如上文所讨论，由于远季合约流动性较差，因此在这里不考虑“下季-远季”和“当季-远季”的跨期价差组合。可以发现随着期限的不断缩短，跨期价差不断上涨。由跨期价差均值图可以发现，最后80天开始，波动加剧，加速上涨，且在剩余期限小于20天之后达到最大。这主要是源于当季合约临近交割，其转换期权价值加速衰减导致，即其净基差会加速收敛，所以此时该策略最大的风险源于远端合约净基差的不确定性。





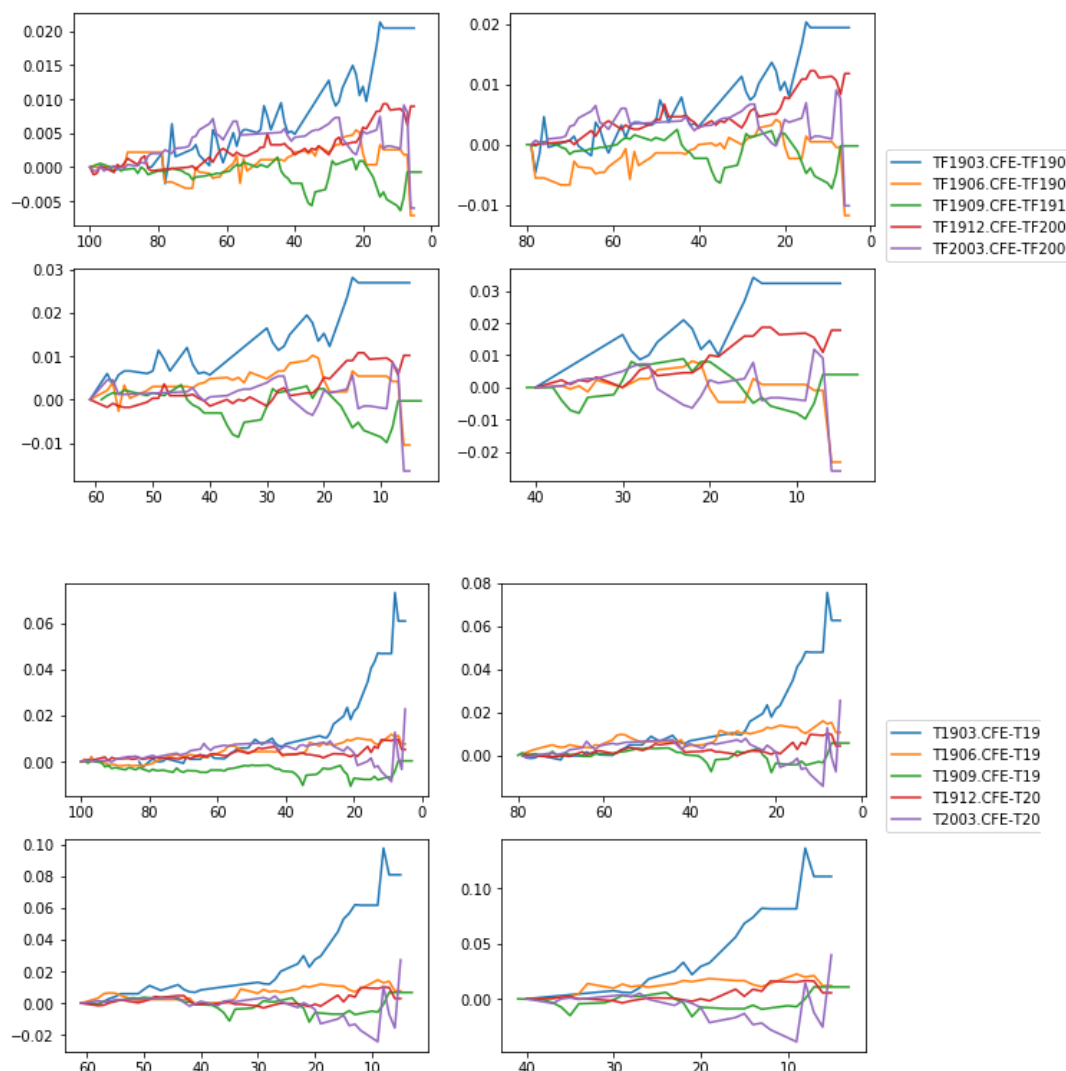
5、跨期价差策略

由于跨期价差策略主要影响因素来自于远端合约净基差与近端合约净基差，且我们知道净基差其实是其内在转换期权的价值，当期限不断缩短，期权的时间也不断衰减，且临近到期日，衰减速度加剧。因此对于跨期价差策略，近端合约的净基差会比远端合约衰减得更快，因此远端近端净基差之差会加速上升。从历史数据我们可以发现，约在距离最后交割日40天或80天是建立跨期价差组合的最佳时间，太早或太晚建立头寸，此时近端合约时间价值衰减过慢或已加速衰减，导致价差策略获利有限，且需承担较大的远端净基差不确定性的风险。由于五年期与十年期国债期货对其保证金要求不同，因此下图按100%保证金，即无杠杆的情况下计算收益。由于“TF2006.CFE-TF2009.CFE”以及“TF2009.CFE-TF2012.CFE”两个跨期价差组合交易时间较短，因此暂不列入讨论。

对于五年期国债期货跨期价差策略，测试了距离到期交割日100天、80天，60天、40天买入五年期以及十年期国债期货跨期价差组合。可以观察到在假定100%保证金的情况下，标的为五年期国债期货其年化收益（假设100%保证金）最大约有2%-3%。而标的为十年期国债期货年化收益最大约有10%，即买入T1903合约，卖出T1906合约，可获得约年化12%的收益。大大超出其他组合，探究其原因，可能是由于2018年底至2019年初，国债到期收益率大幅下行，债市在经历了连续上涨之后，投资者观点逐渐分化，并大量使用“T1906.CFE”期货进行套期保值，造成了“T1903.CFE-T1906.CFE”跨期价差大幅上涨。

虽然在理论上近端合约的净基差BNOC下降得更快，应有正收益，但从回测结果看特别是标的为五年期国债期货的跨期价差合约，也有不少合约回测结果进入亏损的状态，这可能源于远端BNOC的不确定性，以及利率变化所带来的远期持有收益的不确定性，需另外分析，且佳买入

时机约为距离到期40-60天。而以十年期国债期货为标的跨期价差策略较为平稳，波动更为平缓，且策略盈利的可能性更高。



五、总结

经过近七年的发展，国债期货已成为我国金融市场具有一定影响力的标杆性产品，在提高金融机构风险管理能力、健全国债收益率曲线等方面都发挥了积极作用。不过，当前我国国债期货市场与境外成熟市场、我国债券现货市场的发展需求相比，还有较大发展空间，在投资者结构、产品体系等方面有待进一步完善。

首先，随着商业银行、保险机构平稳入市，应进一步丰富投资者结构，研究推进境外机构等投资者参与，更好地满足各类投资者的利率风险管理需求。2020年2月，经国务院同意，证监会与财政部、中国人民银行、银保监会联合发布公告，允许符合条件的试点商业银行和具备投资管理能力的保险机构，按照依法合规、风险可控、商业可持续的原则，参与中国金融期货交易所国债期货交易。对商业银行自身而言，参与国债期货市场能够有效提升商业银行自身利率风险管理能力和资产负债管理水平，对整个金融市场而言，商业银行参与国债期货市场被认为是进一步深化金融领域改革、进一步对外开放的重要一环。

其次，我国国债期货产品体系仍有待完善，一是缺乏超长期国债期货品种，二是没有与国债期货相配套的场内期权产品。境外成熟市场经验表明，完善的国债期货产品体系应涵盖2年期、5年期、10年期和30年期四个主力品种，未来应研究推出30年期国债期货和国债期权等产

品，为投资者提供对冲超长期债券利率风险和调整资产久期的工具，进一步满足投资者的需求。

国债期货作为重要的风险管理工具之一，在利率风险管理，提升期货市场定价效率、流动性，完善利率曲线，促进利率市场化方面，有着不可替代的作用。未来，国债期货发展仍有巨大的市场空间和商业机会。