

证券研究报告—深度报告
金融工程
数量化投资
金融工程专题研究

2013 年 09 月 09 日

专题报告
相关研究报告:

《多因子模型选股月报: 八月市场风格偏小盘——多因子选股超额正收益 2.55%》——2013-09-06
 《结构性产品专题报告之二: 基于二叉树模型的可转债定价》——2013-08-15
 《交易性数据挖掘系列报告: ROE 选股模型的技术指标增强》——2013-08-12
 《金融工程专题研究: 国债期货基础: 与股指期货之比较》——2013-08-12
 《国信证券价值投资系列: 国信 PSR 模型系列之一: 寻找未来的价值》——2013-08-12

证券分析师: 周琦

电话: 0755-82133568

E-MAIL: Zhouqi1@guosen.com.cn

证券投资咨询执业资格证书编码: S0980510120044

证券分析师: 戴军

电话: 0755-82133129

E-MAIL: daijun@guosen.com.cn

证券投资咨询执业资格证书编码: S0980510120064

国债期货的价格形成和运行机制研究

● 国债期货价格的形成

国债价格受到经济环境、金融政策、利率水平、供需情况、交易场所、流动性等方面因素的影响, 宏观和微观因素的互相博弈最终形成了国债交易的均衡价格。

国债期货作为以国债为标的的金融衍生品, 其价格主要受到标的资产均衡价格的制约。最便宜可交割债是期货空头实现交割利益最大化的交割债, 与期货的价格具有高度相关性, 因此国债期货无套利的理论价格等于最便宜可交割债价格+持有成本-持有收益。

● CTD 的特性和隐含期权价值

根据基差最小的特点, CTD 应该是经转换因子调整后价格最小 (P/CF) 的可交割国债。当到期收益率 $y < 3\%$ 时, 久期小的国债价格低, 而到期收益率 $y \geq 3\%$ 时, 久期大的国债价格低。当收益率曲线受到利率波动影响而发生变化, 可交割债的收益率 3% 附近波动时, CTD 可能会发生变化。

因为 CTD 价格存在变化的可能性, 期货空头在交割月存在选择使自己利益最大化的可交割债的权利, 因此国债期货价格中隐含了质量期权, 根据中金所的交割条款, 还同时存在时机期权和月末期权, 但相对于质量期权价值相对偏小。隐含期权的价值可以利用理论价值定价和二元资产定价等方法进行估算, 可以更准确的把握国债价格的定价和基差交易风险。

● 国债期货的基差和仿真交易运行特征

国债期货的基差变化是进行基差交易的重点参考指标, 受到流动性和现货交易场所等因素的影响。根据仿真交易期间 CTD 券和基差的变化趋势的观察, CTD 通常是交易不活跃而价格偏低的可交割债, 在实际交易过程中应选择流动性好而价格偏低的国债作为计算基差的基准; 虽然仿真交易不能进行现券交割, 但大多数个交割债的价格与期货的价格均存在收敛特性, 这是进行基差交易的前提, 但套利空间较小, 国债上市后, 因杠杆特性等原因国债价格被推高, 预计套利空间更大。而套利机制的存在将抑制国债价格的非理性偏离, 真实交割也会提升 CTD 的交易价格和流动性。

独立性声明:

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道, 分析逻辑基于本人的职业理解, 通过合理判断并得出结论, 力求客观、公正, 结论不受任何第三方的授意、影响, 特此声明。

内容目录

前言	4
国债期货的价格影响及形成	4
国债及国债期货价格外生影响因素	4
国债期货价格内在形成机制	6
国债期货的 CTD 和期权价值	7
CTD 的性质和特点	7
国债交割的期权价值	10
期权的估值方法	12
国债期货的基差	13
国债期货基差计算公式	13
国债期货基差的影响因素分析	14
我国国债期货仿真交易的基差	15
国信证券投资评级	19
分析师承诺	19
风险提示	19
证券投资咨询业务的说明	19

图表目录

图 1: 5-7 年国债指数与中证全指收益率比较	4
图 2: 5-7 年国债收益率趋势与 GDP 对比图	5
图 3: 5-7 年国债收益率趋势与 GPI 对比图	5
图 4: 5 年国债收益率趋势与货币供应增速对比图	5
图 5: 5 年国债收益率趋势与央行净投放对比图	5
图 6: 新发和到期国债规模和国债到期收益率对比图	6
图 7: 现券调整后价格 (P/CF) 曲线	8
图 8: 银行间固定利率国债收益率曲线	8
图 9: 国债交割流程及各阶段期权图解	11
图 10: 合约 TFM1306 的 CTD 券在 2013/3/11-2013/6/14 期间的日收盘价	16
图 11: 部分可交割国债与 TFM1306 的基差	17
图 12: 流动性强的国债现货与当季连续合约在仿真模拟期间的基差	17
表 1: 2013 年 8 月 30 日可交割国债修正久期与仿真合约 TFM1309 等的基差	10
表 2: TFM1309、TFM1312 和 TFM1403 在 2013 年 8 月 30 日的隐含期权价值	11
表 3: TFM1306 合约作为主力合约期间其 CTD 券变化情况	15
表 4: 部分上市可交割国债流动性统计	16

前言

在前一篇报告中，我们以股指期货为类比对象，简单介绍了国债期货的合约条款、产品特点、转换因子及定价原理，令投资者进行国债投资时有初步的认识。而本文主要针对国债期货价格影响因素和形成机制进行研究，进而对国债期货交割时 CTD 的变化和期权价值进行探讨。

国债期货的价格影响及形成

国债及国债期货价格外生影响因素

国债期货是以国债为标的资产的金融衍生品，其价格的形成依赖于国债价格的变化，国债是由国家公开发行的特殊债券，其价格由多种因素共同决定，宏观层面受到经济环境、财政政策的冲击，微观层面则受国债供求、市场交易等方面影响，以下我们将对影响国债价格变化的因素逐一分析。

宏观经济的影响

在市场经济中，经济发展具有周期性，投资利率会根据经济周期发生改变，当市场危机和萧条时，投资利率水平下降或保持低位，债券价值上升；而在市场复苏或过热时，投资利率上升或保持高位，债券价值下降。根据美林的投资时钟理论，将资产投资和经济周期联系起来，在市场危机和萧条阶段，应投资债券或货币，而在市场复苏和过热时应投资股票和大宗商品，在我们的《国信投资时钟》报告中，就把经济周期投射到了市场的股价变动上，我们也可以看到在不同的市场周期下，国债的涨跌趋势和投资价值。

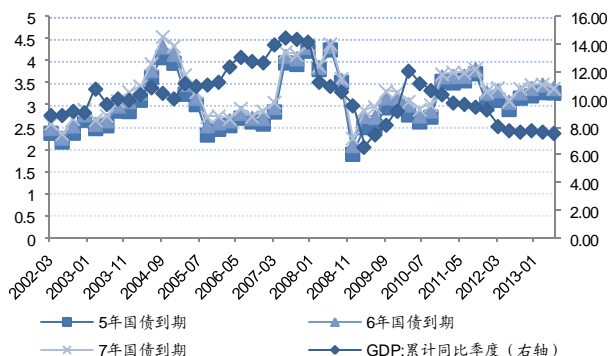
图 1：5-7 年国债指数与中证全指收益率比较



资料来源：wind，国信经济研究所整理

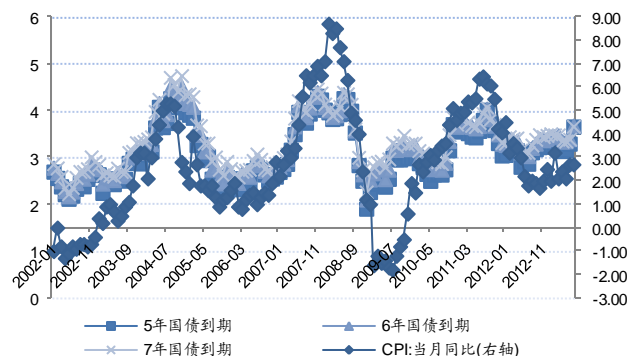
国债价格受到宏观经济形势的影响，而经济指标是衡量国家经济的好坏和所处周期的主要参考指标，其和国债价格具有一定的相关关系。

图 2：5-7 年国债收益率趋势与 GDP 对比图



资料来源：wind，国信经济研究所整理

图 3：5-7 年国债收益率趋势与 CPI 对比图



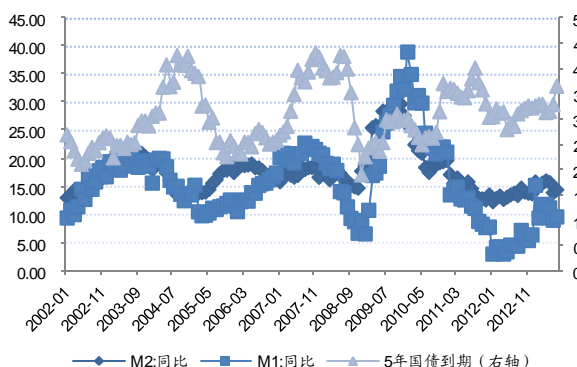
资料来源：wind，国信经济研究所整理

GDP 与国债利率走势基本一致，当经济增长较快时，市场对投资回报的要求较高，因此市场利率也会偏高，当经济增长放缓时，投资回报率降低，市场利率水平降低。而国债收益率与物价水平指标 CPI 具有很高的相关度，市场利率=实际利率+通胀率，当通胀率上升时市场利率随之增长，从而影响国债利率上升，反之，通胀率下降，国债利率下降。而国债利率和其价格呈反向关系，当 CPI 上升时，国债价格下降，当 CPI 下降时，国债价格上升。

货币供应量的影响

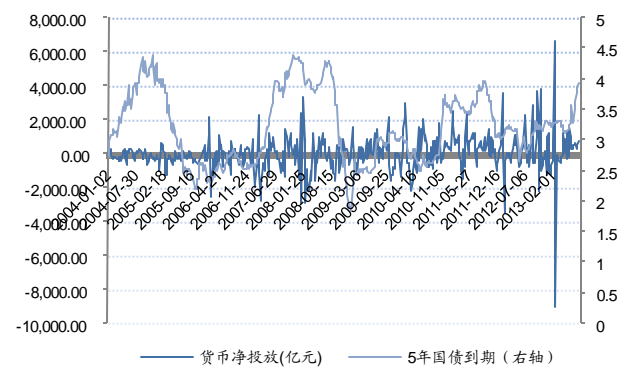
央行通过财政政策和货币政策对市场货币供应量进行调节，而利率作为货币的价格，当市场货币供应量增加时，货币价格即利率降低，国债的价格将会上升；而市场货币紧缺时，利率上升，国债价格将会下跌。

图 4：5 年国债收益率趋势与货币供应增速对比图



资料来源：wind，国信经济研究所整理

图 5：5 年国债收益率趋势与央行净投放对比图



资料来源：wind，国信经济研究所整理

M1 和 M2 分别代表狭义和广义的货币量，M1 增速用于衡量消费是否活跃，而 M2 增速则用于衡量投资和中间市场的活跃程度。当消费和投资比较活跃时，表示市场货币量比较充足，市场利率相应较低，则国债价格较高，反之，当消费和投资比较低迷时，利率上升，国债价格较低。由图 4 可知，M2 增速与国债利率的反向变动关系更加显著。

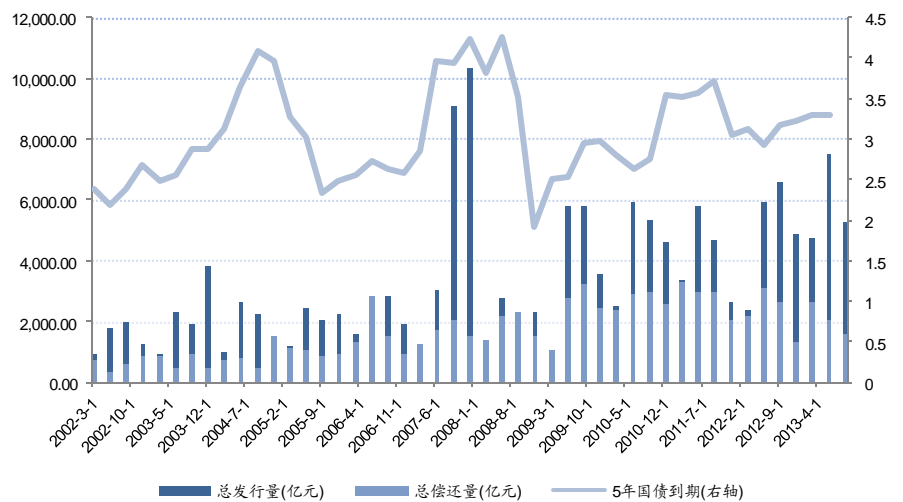
央行通过正回购和逆回购调节市场货币的供应量，正回购通过向一级交易商抵

押债券融资，认为是市场资金回笼操作，作为收紧市场货币的指标，而逆回购则是向市场投放流动性的指标。由图所示，央行资金的净投放，对 5 年期国债的到期利率影响不大，只在短期内对利率水平造成影响，对国债期货的日内价格有一定的波及作用。

国债供需的影响

作为一种金融资产，国债的收益率和价格还受到国债供需量的影响。当新发国债的发行量超过一定数量时，市场供需平衡被打破，国债的发行利率将提升，使国债的价格下降。而国债到期规模较大，或需求大于供给时，国债将以低利率发行，而国债价格将上升。

图 6：新发和到期国债规模和国债到期收益率对比图



资料来源：wind，国信经济研究所整理

而影响国债需求的主要是投资国债的金融机构的资金面。我国持有国债的主要是央行、商业银行和保险公司，也有少量机构投资和个人投资者会持有国债。央行持有国债主要是为了公开市场操作，其需求取决于国家财政政策和货币政策。而商业银行对国债的需求量主要关注信贷比，当信贷增速超过货币增速时，信贷比上升，银行用于投资国债的资金变少，将导致国债价格下降；而信贷增速低于货币增速时，信贷比下降，投资国债的资金增加，国债价格将上升。对于保险公司则需要看保费收入，保费收入高，对国债投资的需求高，保费低则对国债需求低。

其他影响因素

除了宏观经济、货币供应及国债需求的影响之外，国债价格还受到很多其他因素的影响，如调整贴现率、基准利率、存款准备金率这些影响利率水平以及银行对国债需求的货币政策，又如银行同业拆借利率、质押回购利率这些代表短期内资金面的利率指标，都会对引发国债以及国债期货的价格变动。因此对国债期货价格变化的外生因素的观察的多方面的，不仅需要宏观层面经济形势的变化有一定把握，也需要对微观的市场交易引起的资金面变化有所关注。

国债期货价格内在形成机制

国债的名义债券是虚拟债券，虚拟债券无法上市交易，利用虚拟债券到期收益率计算的价格，将可能是存在套利的价格。因此国债期货的价格不以标的债券

的价格作为基准，而是利用无套利定价方法，国债期货的价格应该等于现货价格加上持有溢价，持有溢价即为持有成本与持有收益的差值。

根据前文的报告，我们得到了期货的理论价格应为：

$$F = (P_t + I_t) \cdot e^{r(T-t)} - \left(\sum C_i e^{r(T-i)} + I_T \right)$$

F为调整后的期货价格，即 $F = CF \times F_t$ ， F_t 为t时刻国债期货的价格，所以国债期货的理论价格为：

$$F_t = \frac{1}{CF} [(P_t + I_t) \cdot e^{r(T-t)} - \left(\sum C_i e^{r(T-i)} + I_T \right)]$$

其中，

CF：最便宜可交割国债的转换因子；

P_t ：交割国债在t时刻的价格（净价）；

I_t ：国债t时刻的应计利息；

C_i ：持有期间国债的利息收益；

r：融资利率

由上述公式可知，计算国债期货的价格首先要得到可交割债的价格 P_t ，但国债期货存在一揽子可交割债，应该选择哪个债券作为国债期货理论价格的计算？通常认为应该选择最便宜可交割债。在国债交割中卖方一般会选择最便宜可交割债进行交割，可以使自己的利益最大化，因此最便宜可交割债是国债到期最可能与国债最终结算价收敛的可交割债，因此上述计算公式中的 P_t 一般是最便宜可交割债 CTD 的价格。

但问题随之而来，在国债交割之前，由于利率的波动，最便宜可交割债有可能发生改变，国债的理论价格将随着 CTD 的改变而变化，因此国债期货的理论价格相当于内含一个 CTD 转换的期权，期权价格是影响国债期货价格变化的重要因素之一，下面我们将展开讨论。

国债期货的 CTD 和期权价值

CTD 的性质和特点

根据 CTD 的定义，我们可以得到基差最小、隐含回购利率最大的可交割债是最便宜可交割债。国债期货基差公式如下：

$$B = P - (F \times CF)$$

其中：

B 表示国债价格与期货价格的基差

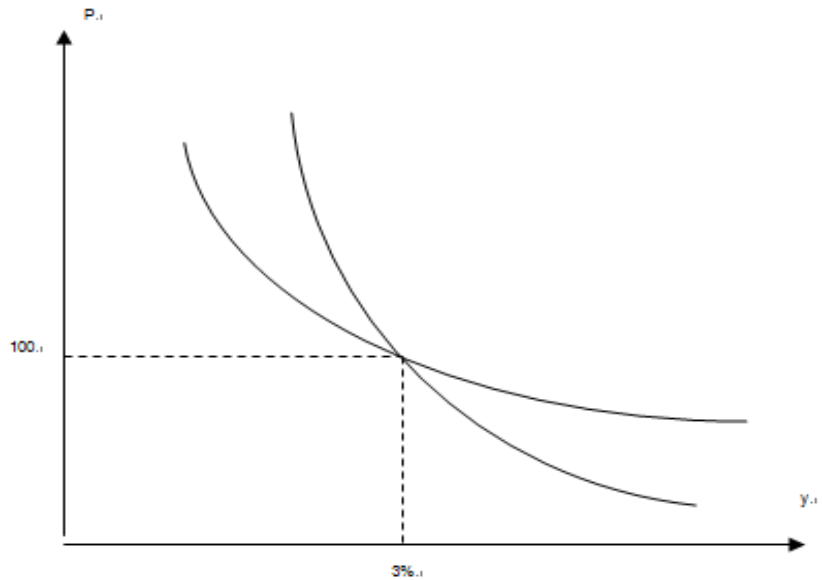
P 表示用于交割的国债的现货价格（净价）

F 为国债期货的价格

CF 为对应国债的转换因子

由基差最小原则，CTD 是调整后的现券价格（ P/CF ）最小的可交割债。所有可交割债调整后的价格曲线如图 7，均相交于 3%，100 这个数值点。

图 7: 现券调整后价格 (P/CF) 曲线



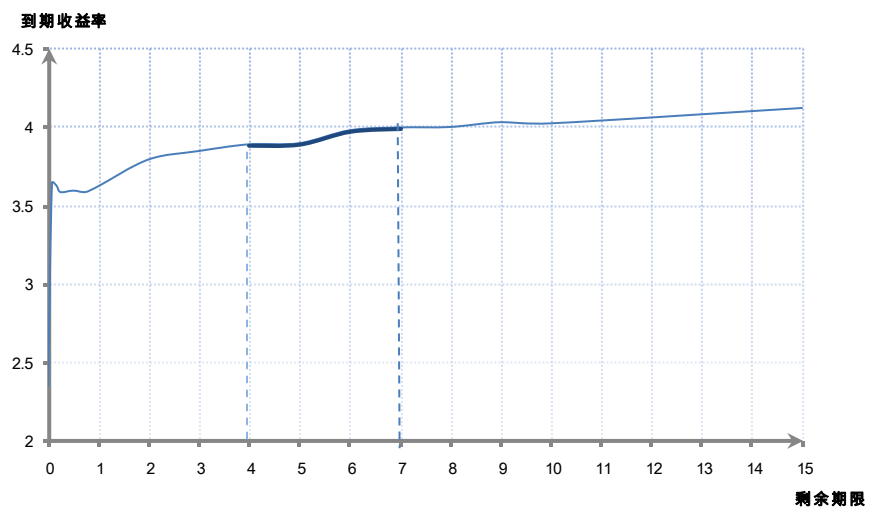
资料来源: 国信经济研究所整理

在基础篇的报告中我们已经介绍了 CF 的特点, 每种可交割国债在任何交割月份下的转换因子都是唯一的, 且任一可交割国债在同一交割周期内将保持不变的。因此在考察交割期内, CTD 是否会发生转变, 需要重点关注可交割债券价格的变化和到期收益率的变化, 以下详细介绍债券的收益率曲线和久期。

债券的收益率曲线

债券收益率曲线描述某一剩余期限的债券到期收益率, 国债期货的一篮子可交割债为剩余期限 4-7 年的国债, 根据中国债券信息网的国债收益率曲线可以观察到, 4-7 年的国债收益率约为 3.8%~4%, 大于国债期货的名义债券基准利率。

图 8: 银行间固定利率国债收益率曲线



资料来源: 中国债券信息网, 国信经济研究所整理

债券的久期

久期用于衡量价格相对于利率变动的敏感程度，是债券价格对利率的一阶导数，债券价格公式如下：

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+y)^t}$$

其中：

P 表示债券内在价值；

C_t 持有期间国债的利息， C_n 为到期的利息和本金；

y 债券的到期收益率

$$D = \frac{dP}{dy} = \sum_{t=1}^n -\frac{tC_t}{(1+y)^{t+1}}$$

为了更加清晰的描述当利率变动 1% 时，债券价格的变动值，即债券价格曲线的斜率，通常使用修正久期 MoD (Modified Duration)。

$$\text{MoD} = -\frac{dP/P}{dy} = \frac{1}{1+y} \frac{\sum_{t=1}^n \frac{tC_t}{(1+y)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+y)^t}}$$

其中

$$\text{Macaulay D} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{tC_t}{(1+y)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+y)^t}} = \sum_{t=1}^n \frac{\frac{C_t}{(1+y)^t}}{P} t$$

Macaulay D 是债券到期时间的加权平均值，而权重是每期的现金流量，其定义是考虑了债券现金流量的实际到期日。根据 F. R. Macaulay 的研究，Macaulay D 定理如下：

定理一：零息债券的 Macaulay D 等于其到期时间

定理二：付息债券的 Macaulay D 小于其到期时间

定理三：到期时间相同的情况下，票面利率越高，Macaulay D 越小

定理四：票面利率相同的情况下，到期时间越长，Macaulay D 越大

定理五：到期时间和票面利率不变的情况下，到期收益率下降，Macaulay D 上升。

为了衡量债券价格的变化，我们通常参考的变量是修正久期 MoD。观察可交割债的调整后价格曲线图，随着到期收益率的上升，价格曲线的斜率下降，即久期变小，当到期收益率 $y < 3\%$ 时，久期小的国债价格低，而到期收益率 $y \geq 3\%$ 时，久期大的国债价格低。当前一篮子可交割国债的到期收益率均高于名义国债基准利率 3%，因此久期最大的国债最有可能成为 CTD。而在实际的交易过程中，如果到期收益率曲线的波动较大，可交割债的到期收益率在 3% 附近波动时，CTD 可能会发生变化，则国债期货的价值和其理论价值的差异会比较大。

表 1 给出了在 2013 年 8 月 30 日可交割债到期收益、修正久期与仿真合约 TFM1309、TFM1312 和 TFM1403 的基差。从表 1 可以发现：

(1) 可交割债券的修正久期均小于剩余时间。

(2) 到期收益率与久期呈现不完全负相关。例如，“10 付息国债 38”和“13 付息

国债 01”的到期收益率分别为 3.0313、3.90，二者的修正久期分别为 3.778、3.912，呈现正相关关系。造成这一现象的原因可能与债券的到期收益率曲线的波动率差异有关。

(3) 修正久期较大的可交割债更有可能成为 CTD 券。TFM1309 和 TFM1312 合约的 CTD 券均为“13 付息国债 15”，修正久期为 5.9541，久期值在合约可交割债中相对较大，但不是最高的；而 TFM1403 合约的 CTD 券为“11 付息国债 02”，是其可交割债中修正久期最高的国债。这表明在 $y \geq 3\%$ 时，通常修正久期较大的可交割债更有可能成为 CTD。其主要原因在于债券价格受到市场情绪、流动性等因素的影响，价格收益曲线为理论拟合曲线，不能完全代表债券交易价格的变动情况。

表 1：2013 年 8 月 30 日可交割国债修正久期与仿真合约 TFM1309 等的基差

国债名称	剩余期限	到期收益率	修正久期	TFM1 309 基差	TFM1 312 基差	TFM1 403 基差
10 付息国债 32	4.1260	3.8396	3.6867	2.6529	-	-
02 国债 13	4.0603	2.5998	3.7386	7.1975	-	-
10 付息国债 38	4.2411	3.0313	3.7780	5.8783	-	-
13 付息国债 01	4.3671	3.9004	3.9121	2.2564	2.0449	-
11 付息国债 03	4.4137	3.0653	3.9440	5.7401	5.6612	-
08 国债 03	4.5562	3.1213	4.0164	5.5659	5.5450	5.6789
11 付息国债 06	4.5096	3.0862	4.0420	5.6285	5.5360	-
08 国债 10	4.8164	3.2963	4.2322	4.8478	4.8821	5.0910
13 付息国债 13	4.7507	3.9000	4.2861	1.9707	1.7557	1.6900
11 付息国债 17	4.8548	4.1711	4.3256	0.8419	0.7467	0.8051
08 国债 18	5.0658	3.2559	4.4556	4.7859	4.6852	4.7381
11 付息国债 21	5.1233	3.6507	4.4562	2.9353	2.8286	2.8827
08 国债 25	5.2959	3.4034	4.7516	3.8184	3.5630	3.4656
12 付息国债 05	5.5233	3.9207	4.8518	1.3652	1.2041	1.1974
09 国债 03	5.5342	3.4885	4.8857	3.3569	3.1346	3.0621
09 付息国债 07	5.6877	3.5402	5.0345	3.0273	2.7968	2.7209
12 付息国债 10	5.7726	4.0100	5.1165	0.6998	0.4938	0.4376
09 付息国债 12	5.8027	3.5319	5.1371	3.0392	2.8192	2.7595
12 付息国债 16	6.0219	3.9903	5.1707	0.6208	0.4403	0.4106
09 付息国债 16	5.8986	3.1486	5.2077	5.1468	5.0005	5.0149
09 付息国债 23	6.0521	3.5188	5.2455	3.0960	2.9460	2.9480
09 付息国债 27	6.1863	2.9835	5.3816	6.1238	6.0140	6.0650
13 付息国债 03	6.4055	3.9408	5.5178	0.6232	0.4582	0.4595
10 付息国债 02	6.4356	3.3994	5.6264	3.6224	3.4660	3.4682
10 付息国债 07	6.5726	3.3597	5.6780	3.7892	3.6225	3.6084
13 付息国债 08	6.6384	3.9702	5.7586	0.2695	0.0863	0.0544
10 付息国债 12	6.7068	3.6257	5.8040	2.1532	1.9633	1.9312
10 付息国债 19	6.8219	3.6232	5.8890	2.1550	1.9911	1.9912
13 付息国债 15	6.8685	3.9750	5.9541	0.1086	-0.0397	-0.0349
10 付息国债 24	6.9370	3.3530	6.0440	3.7068	3.5223	3.4948
10 付息国债 34	7.1671	3.8705	6.0501	-	0.4053	0.4497
10 付息国债 31	7.0521	3.3633	6.0529	-	3.4326	3.4039
05 国债 12	7.2164	3.3284	6.1507	-	3.7870	3.8287
10 付息国债 41	7.3014	3.8702	6.1619	-	-	0.4195
11 付息国债 02	7.3973	3.9962	6.2127	-	-	-0.3492

资料来源：wind 资讯、国信证券经济研究所整理，“-”表示国债在该合约内为不可交割债券

国债交割的期权价值

根据最终选定的 CTD，结合国债期货理论定价公式，可以得到国债期货的理论价格，但在最终交割日之前，国债期货的卖方有选择最便宜可交割债以及选择何时进行交割的权利，这个权利的价值是由当前日到交割日之间市场的不确定性带来的，因此被认为是国债期货内含的期权价值，因为这种选择权是有利于国债期货卖方的，期权的价值大于 0，所以国债期货的真实价格往往低于理论价格，根据定义，理论价格与国债期货价格的差值即为国债期货内含的期权价值。

表 2: TFM1309、TFM1312 和 TFM1403 在 2013 年 8 月 30 日的隐含期权价值

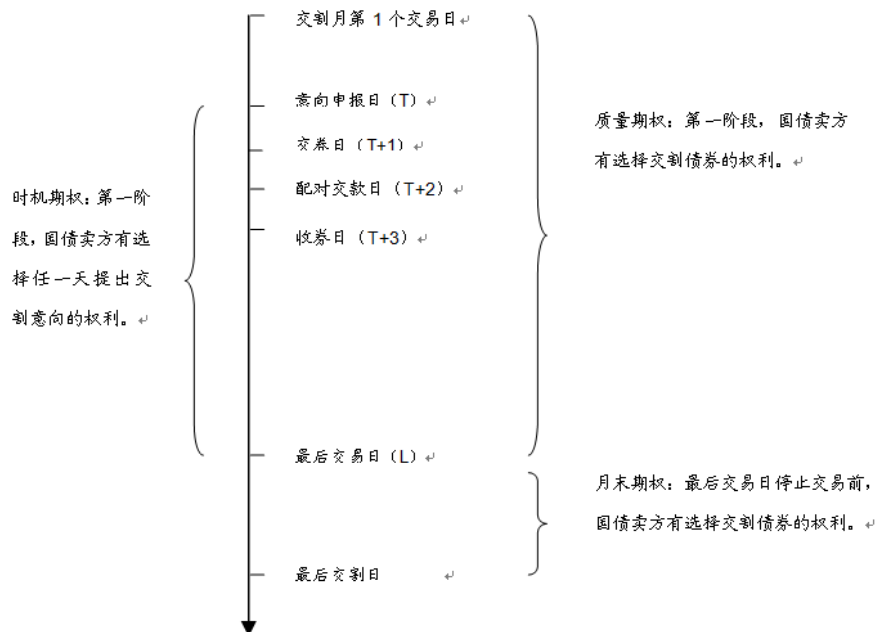
合约	交割日期	CTD 券	CTD 券的 转换因子	合约收盘价	合约的理论 价格	隐含期权价 值
TFM1309	2013-08-30	13 付息国债 15	1.0279	94.216	94.3217	0.1057
TFM1312	2013-09-02	13 付息国债 15	1.0269	94.450	94.3996	-0.0504
TFM1403	2013-09-02	11 付息国债 02	1.0578	94.530	94.1827	-0.3473

资料来源: wind, 国信证券经济研究所整理

根据最终交割价计算得到 3 只合约的隐含期权价值, 当月合约隐含期权价值为 0.1 元左右, 而下季和隔季合约的期权价值为负值, 其主要原因在于距交割时间还有较长时间, CTD 价格相对期货价格更低, 即使 CTD 券发生改变, 期货空头转换 CTD 债券的意愿也并不强烈, 不愿意支付很高的期权权利金。但这里期权价值为负值, 主要由于这种计算方式是根据市场的实际价格进行计算, 不能代表期权的真实价值。

根据中金所规定, 我国国债期货在合约进入交割月份后至最后交易日之前, 客户可以申请交割; 合约最后交易日收市后的未平仓部分自动进入交割。因此, 国债期货合约的交割被分为两个阶段, 第一阶段是滚动交割阶段, 投资者可以选择在最后交易日前的任一天进行交割, 而在最后交易日前有选择用于交割现券的权利。而在第二阶段, 最后交易日停止交易前, 国债卖方还有最后一个交易日的交易时间决定用于交割的现券。因此国债的期权价值主要是由以上选择权的价值构成。

图 9: 国债交割流程及各阶段期权图解



来源: 中金所, 国信经济研究所整理

质量期权

最后交易日前, 国债空方可以根据市场环境的变化选择对自己有利的可交割国债进行交割, 这种选择权为质量期权, 又称为转换期权。质量期权的价值主要

是 CTD 券变化引起的，而根据上述讨论，我们可以知道 CTD 的变化和国债收益率曲线以及可交割债的久期有关。

当前 4-7 年国债到期收益率为 3.8%~4% 左右，则久期高的国债为 CTD，当收益率曲线发生变动（平行移动或非平行移动）时，可交割国债的到期收益率随之发生变化，当收益率下降至 3% 以下时，CTD 从高久期国债转变为低久期国债，此时质量期权的价值大于 0，国债空头将行使转换交割债的权利。而国债利率高于 3%，或低于 3% 时，CTD 发生变化的可能性较低，质量期权的价值也相对较小。

而对于新发国债，当市场收益率较高时，债券发行票面利率偏高，由久期定理，新发债券的久期偏低，因此新发债券成为 CTD 的可能性较低；而当市场收益率较低的时候，债券发行票面利率偏低，久期则高，也不能成为 CTD。只有当市场利率高位但处于下行预期时，新发国债利率票面利率偏低，久期较高的时候有可能成为 CTD 券，具备较高的质量期权价值。

时机期权

滚动交割阶段，期货卖方有选择在任一天进行交割的权利，这种权利被称为时机期权。国债的空方是否提前交割取决于可交割债隐含回购利率的高低，当隐含回购利率高于回购利率时，国债的空方持有可交割债和国债的空头组合收益为正，将持有到期进行交割，而国债的隐含回购利率低于回购利率时，国债的空方将提前交割。因此，时机期权的价值取决于可交割债隐含回购利率与回购利率的差值大小，差值越大，期权价值越高。但因为套利机制的存在，隐含回购利率和回购利率的差值不会很大，因此时机期权的价值一般较低。

在美国国债交割过程中存在一种时机期权，百搭卡（wild card）期权。百搭卡期权是指期货停止交易后，现货仍在交易，现货的价格变动将影响国债空头选择交割的时机。我国的国债期货交易虽然早于银行间债券交易的时间，但交割意向申报却早于期货交易停止的时间，即使债券的交易使得现货价格出现变化，却不能再行使时机选择的权利，因此我国国债交割不存在百搭卡期权。

月末期权

月末期权是指当国债期货交易结束后进入交割程序期间，现货交易价格发生的变动，市场利率发生了变化，使得国债空头将可交割国债换成另一只更便宜的可交割债的权利。根据美国国债交易规则，最后交易日至最后交割日还有 7 个交易日时间，这段时间内市场发生变动的可能性较高，月末期权的价值也相应较高。而从我国国债期货目前的交割条款来看，最后交割日和最后交易日之间仅有半天可执行月末期权，虽然当市场利率发生极端变化时，国债空头还是会选择更有利的可交割债进行交割，但半天的时间较短，月末期权的价值比较小。

期权的估值方法

综上所述，我国国债期货内含期权包括质量期权、时机期权（不含百搭卡）和月末期权，但时机期权和月末期权的价值比较小，质量期权的估值是我们研究中主要需要关注的问题。以下介绍几种主流的期权估值方法：

1. 理论价值定价法

当最便宜可交割债 CTD 不会发生变化时，国债期货的理论价格如上文所述，应该等于现货价格减去持有成本再加上持有收益，但 CTD 的变化将为国债空方带来一定的转换价值，空方为持有该期权应该支付一定的权利金，因此期权的价格应该为：

期权价值 = 现货价格 + 持有成本 - 持有收益 - 期货的发票价格

我们可以发现这种方法计算期权的价值可以在交割月份的任一时刻进行估算，在国债交易结束后得到的期权价值，不仅包括质量期权还包括时机期权和月末期权的价值。其缺陷在于实际的交易过程中，期货和债券价格的非理性可能导致计算的期权价值为负值。

2. 二元资产转换期权定价法

因质量期权的本质是多资产转换的价值，在 1978 年 Margrabe 的研究中，假设资产服从几何布朗运动，则可得到二元可转换资产价值的解析解。假设供投资者选择持有的两种资产的价格为 S_1, S_2 ，他们的价格都服从几何布朗运动，即：

$$dS_1 = \mu_1 S_1 + \sigma_1 S_1 dz_1$$

$$dS_2 = \mu_2 S_2 + \sigma_2 S_2 dz_2$$

其中， μ_1 和 σ_1 分别为 S_1, S_2 的收益率和方差。

则二元转换期权的价值为

$$C(S_1, S_2) = S_1 e^{(b_1 - r)\tau} N(d_1) - S_2 e^{(b_2 - r)\tau} N(d_2)$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(S_1/S_2) + (b_1 - b_2 + \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{\tau}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2}$$

b_i 分别为 S_1, S_2 的持有成本

ρ 为 S_1, S_2 的相关系数

τ 为距到期日的时间

因为是解析解定价公式，该方法的优点在于计算方便，但只能计算两个资产之间的转换期权，即计算 CTD 和次 CTD 之间转换的期权价值，且计算资产波动率时需要足够的时间长度。因此当次 CTD 数据长度不足时，可以用第三选择或第四选择来计算质量期权价值。

国债期货的基差

国债期货基差计算公式

基差

基差是国债期货交易中最重要概念之一，在我们后续研究中，如套利交易策略研究，均会涉及到基差，因此非常有必要进一步研究。

从第一篇报告中可知，我们给出了国债期货基差的基本概念及其常规计算公式：

$$\text{基差} = \text{国债现货价格} - \text{国债期货价格} \times \text{转换因子}$$

净基差

由于国债现货与期货的报价的特殊性，即均是采取净价报价方式，而在交割时国债期货的买方支付给卖方的发票价格中包含债券的应计利息，同时也没有考虑相关的融资成本，因此以上述基差作为基差交易的依据是不准确的，应该在以上公式基础上考虑这两项，以反映基差交易的获益空间，得到净基差公式为：

$$\text{净基差} = \text{基差} - \text{持有收益} + \text{融资成本}$$

其中，持有收益主要是指国债现货的应计利息收益。

在不考虑交割期权价值的情况下，在净基差小于 0 时，可买入基差套利，即买入国债现货，卖出国债期货；在净基差大于 0 时，由于国债现货缺乏卖空机制，因此投资者只有在持有国债现货时才能卖出基差进行套利。

期权调整的基差

由于 CTD 变化的可能性以及两阶段交割，使得国债期货价格中隐含交割期权价值，因此期权调整的基差为：

$$\text{期权调整的基差} = \text{净基差} - \text{隐含期权价值}$$

隐含期权价值的估算方法见上文详述。

国债期货基差的影响因素分析

由国债期货基差的定义及计算公式可知，其数值的变化主要来源于国债现货价格、国债期货价格、转换因子的变化。在前一篇报告中，阐述了转换因子具有不变性，即每只国债的转换因子在同一国债期货合约的存续期内均是不变的，因此，诸如货币供应量、通胀率、货币政策、经济环境和短期资金情况等，这些因素通过影响国债现货市场的供给与需求，进而影响国债现货与期货的价格，最终导致基差的变化。

同时，除以上因素外，市场微观结构变量对基差的影响受到越来越多投资者的关注，在此我们从市场微观结构的角度进一步讨论其相关变量对国债期货基差的影响。

市场微观结构的核心是价格形成与发现功能，其理论包括交易离散构件（如最小报价单位）、价格稳定机制（如涨跌幅限制）和交易信息披露等主要内容。这些因素将影响市场的流动性、波动性、市场的透明度，这三个变量作为微观结构最重要的变量，将进一步影响国债现货及其期货的均衡价格的形成。下面我们分别讨论这三个变量对国债期货基差的影响。

市场流动性差异的影响

流动性是资本市场的“血液”，决定了交易的成本，流动性充足的证券，其价格较为合理，流动性缺乏的证券，其价格偏离其真实价值，高于或低于均衡价格。

国债的流动性是国债交易的首要考虑因素，如果国债现货缺乏流动性，这将导致交易难以完成，形成“有价无市”，那么这个价格对投资者而言是没有任何意义的，也是不合理的。

对交易频率很低、日均交易量很低的可交割国债而言，流动性较差，国债需求者不愿意购买该国债，导致其价格远低于其真实价值。从价格方面而言，该国债相对其他国债可能更便宜，可能成为国债期货合约的理论 CTD 券。

国债期货市场由于杠杆很高，投机套利以及卖空机制的存在，使得合约交易较为活跃，流动性较充足，其价格充分反映宏观经济因素、资金面和期货市场需求和供给，而实际交易的价格通常会高于理论价格，而流动性较差的 CTD 券，其价格波动较小且偏离其真实价值，这使得其价格与国债期货的价格偏离较大，进一步拉大了二者的基差，出现较大的套利机会。流动性较好的可交割国债具有交易活跃、价格波动较大、市场需求相对较高的特性，使得其价格相对会更贵一点，套利机会相对较小。

市场波动性差异的影响

波动性是市场的内在特征，可以说没有波动性就没有流动性，没有流动性就

没有市场。波动性大或者小，均不利于均衡价格的形成。

最小价格变动在一定程度上反映了市场的波动性的灵敏程度，银行间债券市场采取收益率报价，5年期国债价格最小变动单位为0.02元，上交所固定收益平台债券价格的最小变动单位为0.001元，而国债期货市场的最小变动单位为0.002元。这使得国债现货市场与期货市场的波动灵敏度有所差异，加剧了两个市场的流动性差异，进而影响国债现货与期货的基差。

信息披露制度差异的影响

由于不同市场对信息披露要求是不相同，因而对市场透明度的影响也不一样。这将影响市场的流动性和稳定性，一般而言，透明度越高，信息越均衡，流动性就越大。

国债现货交易主要集中在银行间债券市场，市场占比高达90%。银行间债券属于场外市场，交易信息的透明度相对较低。国债期货是在中金所交易，交易信息在盘中盘后均可查，大额订单也会公布，其透明度较高。国债现货市场与期货市场的信息披露制度方面的差异，引起了二者流动性差异，使得可交割债券的基差朝不同方面变化。

我国国债期货仿真交易的基差

自2012年2月13日5年期国债期货仿真交易运行以来，备受广大投资者关注。尽管不是真实的交易，其基差也能在一定程度上反映国债期货上市后真实的部分情况，为国债期货上市后的情况提供一些参考。

CTD 券的变化

判断CTD券的法则之一便是基差最小的国债为CTD券。从CTD券的性质可知，随着CTD券和国债期货价格的变化，在期货合约存续期内，其CTD券可能发生改变。我们在统计国债期货仿真交易期间期货合约的CTD券时，也证实了该可能性，见下表，合约TFM1306在以下两个时段中，其CTD券从“10付息国债07”转换成了“10付息国债02”。

表 3：TFM1306 合约作为主力合约期间其 CTD 券变化情况

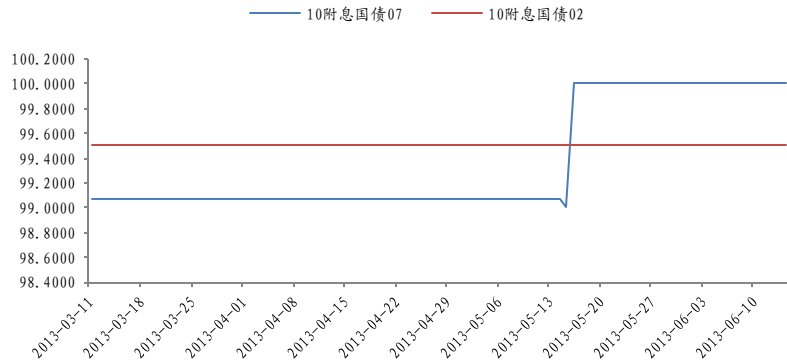
时间段	国债	到期日	票面利率	发行期限	CF
2013-3-11 至 2013-5-13	10 付息国债 07	2020-03-25	3.36	10	1.0219
2013-5-16 至 2013-6-14	10 付息国债 02	2020-02-04	3.43	10	1.0257

资料来源：wind 资讯、国信证券经济研究所整理

在寻找合约TFM1306的CTD券发生改变的原因时，我们发现这两只CTD券的价格基本上没有变化，流动性非常差，见图10。在2013年5月16日，“10付息国债07”的价格变为100，使得TFM1306的CTD券变成了“10付息国债02”。

因此，我们猜测，这两只国债之所以能成为CTD券，有可能是二者的流动性非常差，无人问津，导致其价格较低，使之成为理论的最便宜的可交割债券，在实际交易中，投资者难以以这两只国债来进行交割或套利交易。

图 10: 合约 TFM1306 的 CTD 券在 2013/3/11-2013/6/14 期间的日收盘价



资料来源: wind, 国信经济研究所整理

流动性强的可交割国债与 CTD 券的基差比较

通过基差的微观结构因素影响分析,结合仿真交易 CTD 变化的实证验证,可知流动性对基差的影响较大,这可能影响到国债期货的交割债券的选择。

我们主要从交易天数、日成交量和日均成交金额考察了国债的流动性。上市以来交易天数越多,则说明国债交易越频繁;日均成交量和日均成交金额越大,表明市场越有深度,流动性就越好。

下表统计了部分上市国债流动性情况,统计结果可知,“10 附息国债 07”和“10 附息国债 02”的流动性非常差,交易天数占比还不到 15%,日均成交量和成交金额也都很低,出现了“有价无市”的状况。同时,我们发现这两只 CTD 均是 2010 年发行的,发行期限较长,而以下流动性较好的国债大部分是近两年发行的,期限在 7 年以内。

表 4: 部分上市可交割国债流动性统计

国债名称	上市日	期限 (年)	发行规模 (亿元)	债券区间 交易天数	市场交易 天数	交易天数 占比	区间成交 量(亿手)	区间成交 金额(亿元)	日均成交 量(亿手)	日均成交 金额(亿元)
12 附息国债 03	2012-02-22	5	580.0	320	369	86.72%	9736.29	9776.88	30.43	30.55
12 附息国债 10	2012-06-13	7	943.5	243	294	82.65%	9686.80	9660.10	39.86	39.75
08 国债 03	2012-2-13	10	279.4	277	376	73.67%	3154.05	3280.45	11.39	11.84
12 附息国债 14	2012-08-22	5	560.6	215	245	87.76%	2277.30	2253.16	10.59	10.48
13 附息国债 01	2013-01-16	5	480.0	134	148	90.54%	1615.31	1611.03	12.05	12.02
13 附息国债 03	2013-01-30	7	820.0	115	138	83.33%	1040.27	1040.79	9.05	9.05
10 附息国债 07	2012-2-13	10	260.0	51.0	376	13.56%	50.60	50.52	0.99	0.99
10 附息国债 02	2012-2-13	10	260.0	14.0	376	3.72%	14.76	14.74	1.05	1.05

资料来源: wind 资讯、国信证券经济研究所整理

进一步分析以上可交割国债与合约 TFM1306 的基差,见图 11,发现:

(1) 国债期货基差具有收敛性。这些可交割国债的基差在合约的最后交易日都有向 0 收敛的趋势;

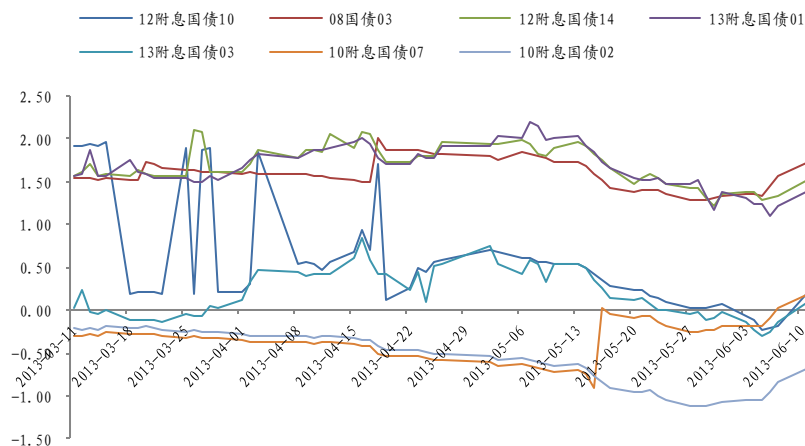
(2) CTD 券与流动性强的国债的基差有差异。在 TFM1306 的存续期内,CTD 券的基差一直处于 0 的下方,流动性较好的“08 国债 03”、“12 附息国债 14”和“13 附息国债 01”的基差一直处于 0 的上方,而“12 附息国债 03”和“13 附息国债 03”这两只国债的基差在 0 附近上下波动。

理论 CTD 券尽管其基差最小,理论上交割所需成本最低,但由于该国债的流动性很差,投资者购买该国债所需的成本可能高于其他流动性较好的可交割国债,

那么该 CTD 即为伪 CTD 券。

因此，综合考虑流动性因素与基差，投资者可能更倾向于选择流动性较好且基差相对较低的国债进行交割或套利。

图 11: 部分可交割国债与 TFM1306 的基差

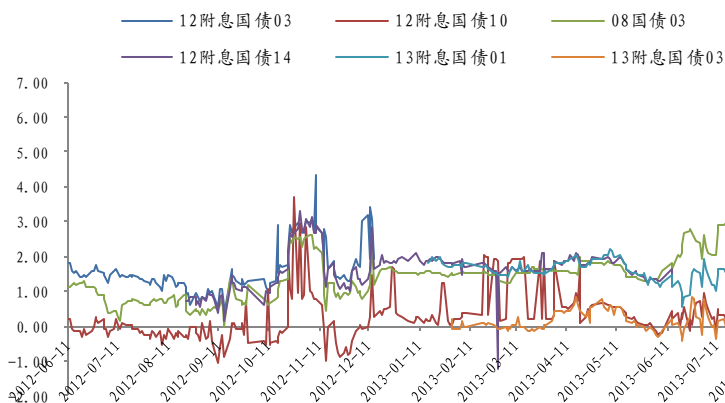


资料来源：国信经济研究所整理

流动性强的可交割国债与当季合约的基差：

为了观察流动性较强的可交割国债与当季合约的基差变化情况，分析基差的收敛情况及基差交易的获益空间大小，以便为投资者选取套利或交割国债提供参考意见，统计了仿真交易期间部分流动性较好的国债与当季合约的基差，见图 12。

图 12: 流动性强的国债现货与当季连续合约在仿真模拟期间的基差



资料来源：国信经济研究所整理

图中可以观察到，（1）基差的波动性存在。流动性较好的国债的基差具有一定的波动性；（2）国债基差具有收敛性。大部分国债的基差在最后交易日有向 0 收敛的趋势。但我们发现“08 国债 03”基差在后期并没有收敛于 0，而是向外扩散了，基差的这种特殊走势，我们认为主要有以下几点原因：（1）仿真交易并不是真实的交易，价格数据可能有所偏差；（2）由于国债期货的交割债券是一篮子可交割国债，国债期货的价格会围绕着大部分国债价格的变化，对部分偏离

真实价值较多的国债，其基差不一定会收敛于 0。因此在实际进行基差交易的过程中，现货的选择是比较重要的问题，现货选择失误很可能会因为基差不收敛而导致亏损，但在国债期货真正上市之后，这种状况会有所改变，国债的非理性价格将因为有国债期货而进行价格修复。

综上所述，通过对仿真交易期间国债期货与可交割债的基差运行特征的观察，我们可以得到基差收敛、最便宜可交割债交易不活跃等特点。而在真实的国债期货上市之后，基差收敛特性将使得套利交易具有可行性，且上市初期国债期货受到追捧，价格偏离理论价值，套利的空间比较大；另外，由于套利机制和现货交割，一定程度上会引起市场对 CTD 券的关注，从而提高 CTD 券交易价格和流动性。

国信证券投资评级

类别	级别	定义
股票 投资评级	推荐	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 20%以上
	谨慎推荐	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	预计 6 个月内，股价表现介于市场指数±10%之间
	回避	预计 6 个月内，股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	推荐	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10%以上
	谨慎推荐	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 5%-10%之间
	中性	预计 6 个月内，行业指数表现介于市场指数±5%之间
	回避	预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 5%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

风险提示

本报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有，仅供我公司客户使用。未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。

证券投资咨询业务的说明

证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。

证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所团队成员

宏观		策略		技术分析	
周炳林	0755-82130638	黄学军	021-60933142	闫莉	010-88005316
固定收益		交通运输		机械	
赵婧	021-60875174	郑武	0755-82130422	郑武	0755-82130422
		岳鑫	0755-82130432	陈玲	021-60875162
		糜怀清	021-60933167	杨森	0755-82133343
基础化工及石化		医药		电子	
吴琳琳	0755-82130833-1867	贺平鸽	0755-82133396	刘翔	021-60875160
朱振坤	010-88005317	丁丹	0755-82139908	陈平	021-60933151
		杜佐远	0755-82130473	卢文汉	021-60933164
		胡博新	0755-82133263		
		刘勍	0755-82133400		
计算机		传媒		纺织服装及日化	
高耀华	010-88005321	陈财茂	010-88005322	朱元	021-60933162
		刘明	010-88005319		
电力及公共事业		非银行金融		银行	
陈青青	0755-22940855	邵子钦	0755-82130468	王婧	
		田良	0755-82130470		
		童成墩	0755-82130513		
轻工		建筑工程及建材		家电	
邵达	0755-82130706	邱波	0755-82133390	王念春	0755-82130407
		刘萍	0755-82130678		
通信		电力设备		新能源	
程成	0755-22940300	杨敬梅	021-60933160	张弢	010-88005311
食品饮料		旅游		农业	
龙飞	0755-82133920	曾光	0755-82150809	杨天明	021-60875165
		钟潇	0755-82132098	赵钦	021-60933163
金融工程		基金评价与研究			
戴军	0755-82133129	李腾	010-88005310		
林晓明	021-60875168	蔡乐祥	0755-82130833-1368		
秦国文	0755-82133528	钱晶	021-60875163		
张璐楠	0755-82130833-1379	潘小果	0755-82130843		
郑亚斌	021-60933150				
陈志岗	0755-82136165				
马瑛清	0755-22940643				
吴子昱	0755-22940607				
周琦	075582133568				

国信证券机构销售团队

华北区（机构销售一部）			华东区（机构销售二部）			华南区（机构销售三部）		
王立法	010-66026352 13910524551 wanglf@guosen.com.cn		盛建平	021-60875169 15821778133 shengjp@guosen.com.cn		魏 宁	0755-82133492 13823515980 weining@guosen.com.cn	
王晓健	010-66026342 13701099132 wangxj@guosen.com.cn		黄胜蓝	021-60875166 13761873797 huangsl@guosen.com.cn		邵燕芳	0755-82133148 13480668226 shaoyf@guosen.com.cn	
李文英	010-88005334 13910793700 liwying@guosen.com.cn		郑 毅	021-60875171 13795229060 zhengyi@guosen.com.cn		段莉娟	0755-82130509 18675575010 duanlj@guosen.com.cn	
赵海英	010-66025249 13810917275 zhaohy@guosen.com.cn		叶琳菲	021-60875178 13817758288 yelf@guosen.com.cn		郑 灿	0755-82133043 13421837630 zhengcan@guosen.com.cn	
原 玮	010-88005332 15910551936 yuanyi@guosen.com.cn		孔华强	021-60875170 13681669123 konghq@guosen.com.cn		甘 墨	0755-82133456 15013851021 ganmo@guosen.com	
甄 艺	010-66020272 18611847166		刘 塑	021-60875177 13817906789 liusu@guosen.com.cn		徐 冉	0755-82130655 13923458266 xuran1@guosen.com.cn	
杨 柳	18601241651 yangliu@guosen.com.cn		崔鸿杰	021-60933166 13817738250 cuihj@guosen.com.cn		颜小燕	0755-82133147 13590436977 yanxy@guosen.com.cn	
王耀宇	18601123617		李 佩	021-60875173 13651693363 lipei@guosen.com.cn		赵晓曦	0755-82134356 15999667170 zhaoxxi@guosen.com.cn	
陈孜譞	18901140709		汤静文	021-60875164 13636399097 tangjingwen@guosen.com.cn		梁 丹	15107552991	
			梁轶聪	021-60873149 18601679992 liangyc@guosen.com.cn				