



## 影响期限结构的因素研究专题一：期限结构量化方法与稳定性检验

 : 浙商期货研究中心量化组  
 : 0571-87213861  
 :

## 报告导读

本专题研究针对国内上市的大宗商品，综合运用创新性指标体系和全新拟合方法，对商品期限结构的影响因素进行了全面、系统且多维度的探索。由于近期商品波动增大，近远期波动增加了分析和交易的难度，目前市面上对商品期限结构的研究相对比较分散，缺乏具有整体性、系统性的验证方法，因此该专题的研究会引入新的量化研究方法，精确分析价差结构，从宏观到微观，自上而下发现期限与各种自变量的因果关联，以此作为研究的主题。

本文为该专题的第一篇报告，如何合理建立期限结构指标将会对研究有着重大影响，本章介绍两种期限结构观测与量化方法，并通过构建两种新型指标体系，有效地判定了不同大宗商品期限结构的稳定性。

报告撰写人：李天浪、倪世杨

数据支持：俞志宇、赵志强

## 1. 研究背景和意义

近几年来，由于国际宏观、地缘政治冲突以及气候变化等问题，大宗商品价格波动加剧，走势极端化，极大的影响了国内涉及大宗商品相关企业的正常运营。也加剧了商品价格变化和供应链的不稳定性。公司与企业在对于稳定商品价格产生了较大的需求，过去3年时间，参与套期保值的企业大幅增加，根据权威数据统计发布的上市公司2023上半年套期保值报告显示，发布衍生品使用信息公告的上市企业共1003家，同比增长13%。而在商品走出较大波动的同时，吸引了众多投资者跻身国内期货市场，国内期货市场发展迅速，期货市场流动性也得到大幅增加。

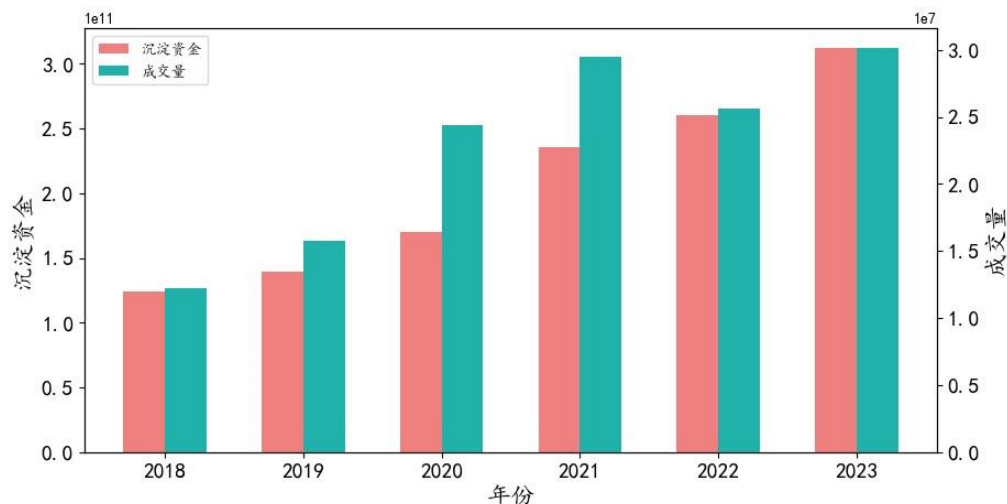


图 1 18 年-23 年国内期货市场沉淀资金和成交量规模

2020 年疫情开始，到 2022 年俄乌冲突，地缘政治冲突加剧，2019 年至 2023 年成交量增长将近 50%，沉淀资金增长超 50%，足以体现在国际宏观、地缘冲突以及气候变化问题的冲击下，运用期货规避风险的资金呈现上涨趋势。不同的产业链下各个品种的成交与持仓都在 19 年之后维持增长。

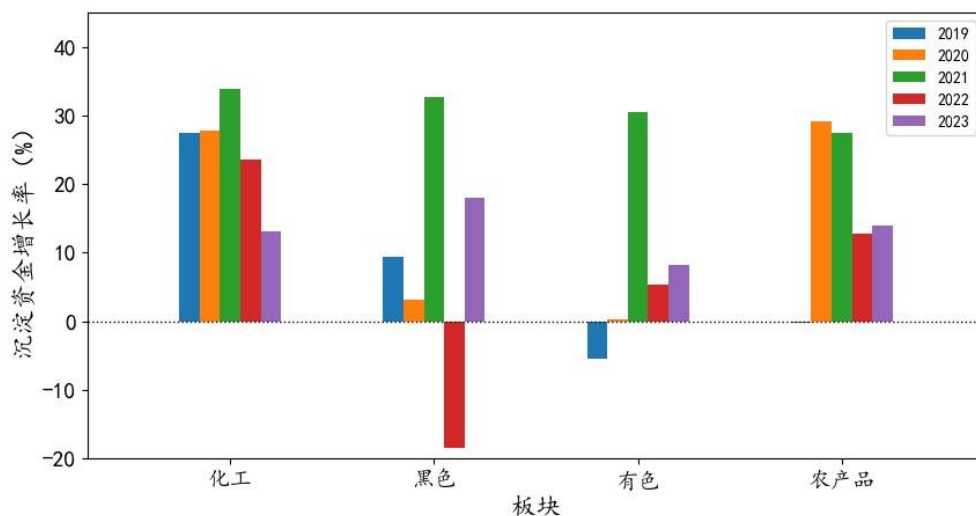


图 2 商品分板块近年来平均沉淀资金变化率

从上图可以得知，化工和农产品沉淀资金持续增加，平均增幅超 20%，黑色品种在经历 21 年大幅增长后 22 年地产问题显现，需求大幅锐减导致沉淀资金减少，23 年重新重新回暖，整体依旧上行。

在成交持仓不断增长的期货市场发展过程中，远月合约和非主力合约的流动性也在逐年增加，这提升了套期保值投资者在远月和非主力合约进行交易的可行性，交易非主力合约的性价比有所提升，也使得商品期限结构，即不同到期日商品期货合约的价格关系，成为未来分析商品价格走势和预测的重要工具。

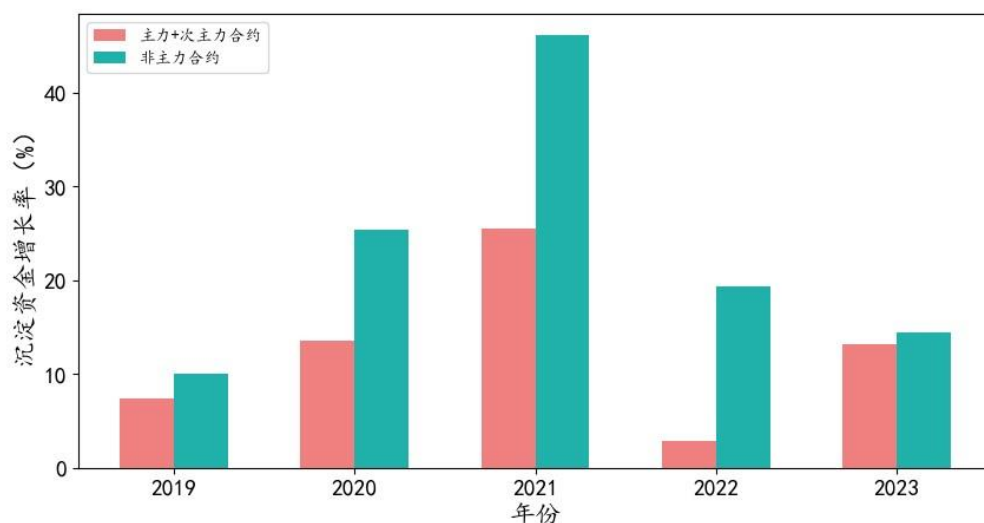


图 3 主力+次主力合约和非主力合约沉淀资金年度变化率对比图

上图数据显示，国内期货沉淀资金一直处于增长情况，且非主力合约沉淀资金增长要远高于主力和次主力合约，且仍保持快速增长。该数据验证期货市场走向更加成熟的单品种多合约交易，相比过去，目前期限结构体现的信息更具有代表意义。

## 2. 描述与量化期限结构

### OLS 回归法

OLS 回归法是用每日期货合约价格与期货合约剩余到期天数进行 OLS 线性回归，得到的斜率系数 Slope Coefficient 作为解释整合期限结构信息的参数。

$$close_{it} = \beta_t * (time\ to\ maturity)_i + \alpha_t + \varepsilon_t$$

其中，

$close_{it}$  为商品期货 i 月合约 t 时间的期货价格，

Time to maturity 为 i 合约距离到期的天数

$\beta_t$  为自变量系数，也就是期限结构系数，这里把它称之为期限结构指数

$\alpha_t$  为截距系数，若期限结构稳定，则截距项接近于现货价格

$\varepsilon_t$  为误差项

回归得到的  $\beta_t$  有一大重要特征，期限结构指数  $\beta$  自身的含义为：合约价差 =  $\beta_t * (\text{合约到期日之差})$ ，假设铁矿的  $\beta$  指标为 -0.5 且他的模型拟合稳定性较好，那他的连续价差在  $-0.5 * 30 = -15$  元，也就是连一价差在 15 元时符合预期。

通过回归得到的期限结构指数作为衡量商品期限结构，有以下几大优势和劣势：

优势：

1. 集合所有期货合约数据信息，包含非主力合约，真实反映期限结构。

通常使用反映期限结构的展期收益率一般使用主力和次主力合约计算得到，很难很好的覆盖所有合约的展期收益和期限结构，若使用多合约平均展期收益率，那个别合约的异常值往往会对数据影响过大。通过多合约数据回归很好的弥补了这两个漏洞，包含了所有期货合约数据，同时不会被个别异常值影响数据质量。

2. 直观判断期限结构走势，为后续数据可视化提供便利

通过回归历史数据转化为  $\beta$  的时间序列，可以在图表中很直观明确的观察到与其他影响因素的关联。图例为螺纹期限结构指数与螺纹总库存对比图，图中随着螺纹期限结构指数的增长，价差逐渐缩减，当期限结构指数大于 0 时，其期限结构为 Contango 结构，当期限结构指数小于 0 时，其期限结构为 back 结构。期限结构的大小决定了螺纹价差比例的大小。

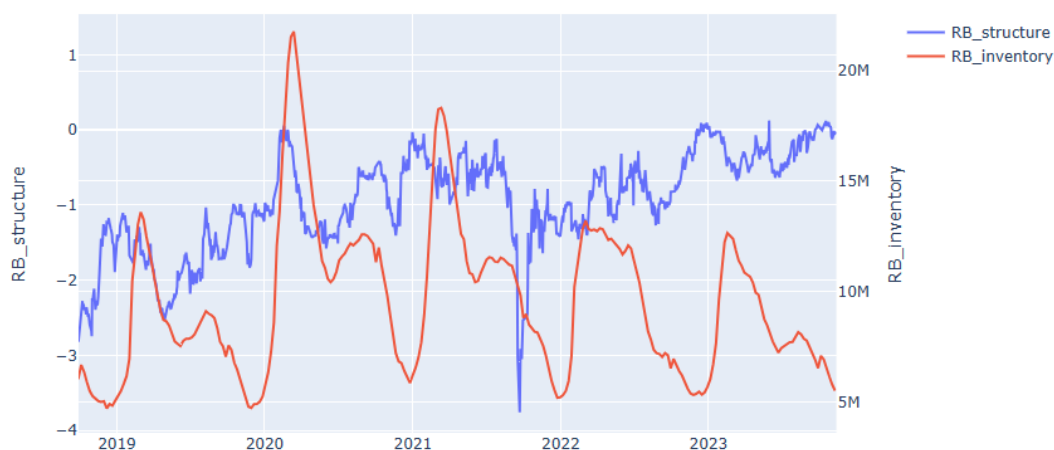


图 4 螺纹期限结构指数与螺纹总库存对比图

3. 可通过 hypothesis testing 判断价差结构的稳定性,模型拟合后可通过检验模型, 得知拟合结果是否在线性结构下相对稳定, 从而协助判断各个商品期限结构稳定性。

劣势:

1. 价差结构不稳定品种难以判断其期限结构的影响因素关系

当价差结构不稳定时往往伴随着强季节性, 此时期限结构与到期时间的相关会随着季节的变化而变化, 其不再具备线性回归的条件。

2. 持仓较小的合约容易出现异常值, 同样会对回归结果有一定影响。

3. 无法直观反映到收益率。

在本课题的建模中, 使用的是在交割月前的所有合约进行回归, 获得时间序列  $\alpha$ ,  $\beta$ , 决定系数  $R^2$ , p-value, 通过判断决定系数和 p-value, 分析价差结构稳定性。

## 收益率法

若想要计算价差的收益率并进行回测, 通过回归法比较困难, 所以介绍第二种计量期限结构的方法, 通过计算价差日度收益率, 并将其合成标的。

价差日度收益率 = (主力收盘价 - 次主力收盘价) / 昨日两者较高价格

计算所有日期上的价差日度收益率，通过收益率加总得到价差日度曲线，其等同于对该期货一直进行正套所得到的收益率。这种方法有以下几个优点和缺点：

优点：

直接得到收益率，便于回测历史情况。得到手收益以后可以将其理解为新的标的，测试各种信号因子。注：对于相对高频的日内指标，同样可以用高频的价差收益率对应，回测日内因子收益。



图 5 铁矿价差收益率指数

图为铁矿价差收益率指数，其中 cnt\_1-cnt\_2 为主力与次主力价差收益率曲线，cnt\_1-cnt\_3 为主力与远月价差收益率曲线。

数据计算对于交易人员来说直观明确，尤其在进行策略制定时，需要以收益率作为基准，对策略进行评价。

缺点：

仅使用了两个合约的数据，未能容纳其他非主力合约的信息。

无法直观观察到期限结构的季节性变化走势，仅能得到收益率。

实际情况进行换月过程中会有成本损失，在计算中没有体现

本节总结：两种量化期限结构的指标各有利弊，在研究长期期限结构关系、季节性研究及非主力合约变化及稳定性时，建议使用 OLS 回归得到的期限结构指数。而在进行策略回测、因子收益

计算、价差多因子模型等，建议使用收益率指标。

### 3. 期限结构稳定性检验

将商品不同合约的期货价格作为因变量，到期时间作为自变量，进行回归建模，得到的时间序列系数  $\beta$  作为新的期限结构指数， $\beta$  为正代表期货存在 contango 结构， $\beta$  为负为 back 结构，数值越小，期货价差越大，并且通过模型回归后得到的评价指标  $R^2$  来判断该品种期限结构的稳定程度。稳定与不稳定的区别在于：同一时间不同合约价格是否出现非线性结构。

本章节对 52 个活跃品种进行了回归分析，得到  $\beta$  和  $R^2$  的时间序列，对其进行均值处理并根据  $R^2$  从大到小排序， $R^2$  值越大，或者 p-value 越小的品种，其期限结构线性稳定性就越佳，反之，则说明期限结构可能不具备线性特征，依据板块分类后结果如下：

黑色：

	Beta_mean	R_squared_mean	pvalue_mean
SA	-0.6061	0.7755	0.0369
I	-0.3044	0.7666	0.0451
HC	-0.7734	0.7127	0.0642
RB	-0.2889	0.6788	0.0808
J	-0.3535	0.6174	0.0846
JM	-0.4082	0.5775	0.1115
FG	-0.2120	0.5462	0.1230
SM	-1.2757	0.3329	0.2329
SF	-0.3005	0.2937	0.2720

表 1 期限结构回归系数均值-黑色

黑色板块大多数品种呈现较好的稳定性，SM、SF 期限结构稳定性较差，没有呈现很明显的线性趋势，纯碱和铁矿线性结构相对明显。另外，黑色品种平均回归系数都为负数，说明黑色品种大多数时间为 Back 结构。

有色：

	Beta_mean	R_squared_mean	pvalue_mean
SI	3.1145	0.7688	0.0119
AO	-0.2097	0.7586	0.0083
ZN	0.0164	0.7501	0.0578
SS	-2.3842	0.7001	0.0783
AL	0.5448	0.6788	0.0873
CU	-0.5638	0.6627	0.0927
NI	-7.2425	0.6362	0.0873
PB	0.0928	0.5938	0.0991
BC	-2.8120	0.4940	0.1441

表 2 期限结构回归系数均值-有色

有色板块大多数品种  $R^2$  较高，p-value 较低，说明呈现较好的价差稳定性，SN 与 BC 期限结构稳定性较差；期限结构指数上看，有色的期限结构指数相对于其品种的价格来说偏小，这与有色品种相对成熟，且有色品种仓储相对便宜有关。



农产品：

	Beta_mean	R_squared_mean	pvalue_mean
CJ	3.8076	0.7275	0.1003
OI	-0.7009	0.7242	0.1187
C	0.1575	0.6983	0.1409
A	-0.0162	0.6763	0.1390
Y	-0.0249	0.6566	0.1051
M	-0.5265	0.6417	0.1292
AP	-1.2968	0.5946	0.1463
CS	0.0445	0.5905	0.1828
LH	3.3841	0.5500	0.2137
P	-0.2534	0.4910	0.1604
B	-0.4108	0.4755	0.2405
JD	0.0895	0.2886	0.2938

表 3 期限结构回归系数均值-农产品

农产品整体回归效果一般，P-value 较高预示这其期限结构很多情况下并没有保持线性稳定，这与品种本身的种植季收获季有紧密关系；数据显示鸡蛋是所有品种里 p-value 最高的品种，说明 JD 在所有品种里稳定性最差。从期限结构指数角度来看，价差呈现 contango 的情况较多，但近年来多由于气候变化，导致预期先行，价差变化较大。

软商品：

	Beta_mean	R_squared_mean	pvalue_mean
CF	0.8122	0.7782	0.0848
SP	-0.1584	0.7158	0.0489
SR	0.2375	0.6696	0.1483
RU	2.7420	0.6233	0.1182
NR	2.0851	0.5998	0.1037

表 4 期限结构回归系数均值-软商品

软商品期限结构的稳定性均较好，其期限结构指数大多为正，仅有 SP 为负，说明大多数情况下软商品呈现 contango 结构。

化工：

	Beta_mean	R_squared_mean	pvalue_mean
EG	0.4063	0.7134	0.0655
UR	-0.6163	0.6754	0.0745
BU	0.2685	0.6703	0.1164
TA	0.1824	0.6430	0.0978
EB	-0.6874	0.6206	0.0824
PP	-1.3742	0.5851	0.1201
V	0.0222	0.5496	0.1236
L	-0.1678	0.5423	0.1486
PF	0.0315	0.5392	0.1120
MA	0.1095	0.4712	0.1638

表 5 期限结构回归系数均值-化工

化工品种中，期限结构稳定性有好有坏，EG、UR、BU、TA 价差稳定性较好，MA、PF 较差，其中 PF 远月流动性较差，可能影响到了数值体现。期限结构指数上，化工没有体现整体性的规律，EG、MA 偏 contango 结构，UR、PP 偏 back 结构。

能源：

	Beta_mean	R_squared_mean	pvalue_mean
LU	-0.9299	0.6549	0.0702
SC	-0.0248	0.6490	0.0932
PG	0.7201	0.4100	0.1000

表 6 期限结构回归系数均值-能源

能源品种中，LU、SC 稳定性较好，PG 稳定性较差，主要原因是 PG 交割注销仓单问题，其运输成本、仓储成本较高，导致 3 月 9 月价格持续出现季节性跳变。



贵金属：

	Beta_mean	R_squared_mean	pvalue_mean
AG	0.4207	0.9095	0.0076
AU	0.0122	0.6403	0.1180

表 7 期限结构回归系数均值-贵金属

黄金白银的期限结构稳定性较好，白银为所有品种显著性最好品种。黄金白银均呈现 contango 结构，主要原因为金融属性较强，价差结构贴合资金成本。

## 4. 总结

整体来看，多数商品期限结构回归后展现出较好的稳定性，仅有 9 个品种平均  $R^2$  不足 0.5，其中期限结构相对稳定的品种为：贵金属、有色、黑色；期限结构相对不稳定的品种为：畜牧、油脂油粕以及部分油品品种。不稳定品种主要是受到品种季节性、交割问题、仓储问题的影响。综上所述说明该模型拟合程度较好，仅在个别季节性强的品种中出现较低的显著性，大多数品种拟合较好，为后续研究工作打下了基础。

**免责声明：**

本报告版权归“浙商期货”所有，未经事先书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式发布、复制。如引用、刊发，需注明出处为“浙商期货”，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。本报告基于我公司及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但我公司及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。报告中的信息或所表达意见不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，我公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。我公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布前已使用或了解其中信息。