



华泰期货
HUATAI FUTURES

期货研究报告|量化专题报告 2025-12-10

如何使用国债期货进行多头增强

研究院 量化组

研究员

高天越

☎ 0755-23887993

✉ gaotianyue@htfc.com

从业资格号: F3055799

投资咨询号: Z0016156

李逸资

☎ 0755-23887993

✉ liyizi@htfc.com

从业资格号: F03105861

投资咨询号: Z0021365

李光庭

☎ 0755-23887993

✉ liguangting@htfc.com

从业资格号: F03108562

投资咨询号: Z0021506

联系人

黄煦然

☎ 0755-23887993

✉ huangxuran@htfc.com

从业资格号: F0310959

王博闻

☎ 0755-23887993

✉ wangbowen@htfc.com

从业资格号: F03149658

投资咨询业务资格:

证监许可【2011】1289号

摘要

本报告作为前序报告《国债期货和国债ETF的统计套利策略》的拓展和延伸,在前期构建的动态统计套利框架(融合卡尔曼滤波、小波变换与隐马尔可夫模型)基础上,本文针对国债ETF在实际交易中做空成本高、操作受限的现实约束,提出了一种多头替代增强策略。

策略核心在于,当模型识别出国债期货相对于对应的国债ETF出现超跌时,将持有的国债ETF多头头寸临时置换为国债期货多头,以获取价差收敛带来的增强收益。该操作不依赖方向性判断,而是基于短期均值回归逻辑,致力于为固收组合提供一个与利率方向性波动低相关性的主动收益来源。而在考虑国债ETF手续费减免的情况下,回测结果显示,策略对比博时上证30年期国债ETF(511130.SH)的多头持有实现接近年化7%的收益增强,对比鹏扬中证30年期国债ETF(511090.SH)的多头持有实现年化5%以上的收益增强以及对比国泰上证10年期国债ETF(511260.SH)的多头持有实现接近年化4%的收益增强。

为进一步提升策略效能,本文进一步将原有统计套利策略(捕捉价差过小机会)与多头替代策略(捕捉价差过大机会)叠加整合,形成可双向响应定价偏离的复合策略。回测显示,该策略在两个三十年期国债ETF上均能实现稳定的超额收益,在考虑交易成本后,年化收益增强显著,且风险收益比普遍优于单纯持有ETF。

本研究拓展了统计套利模型在现货持仓管理中的应用场景,为“固收+”组合的收益增强提供了一条可量化、可执行的实践路径。

目录

摘要 1

基于卡尔曼滤波和隐马尔可夫模型的统计套利策略回顾 4

 ■ 策略回顾 4

多头替代增强策略思路与策略效果 5

 ■ 策略思路与回测设置 5

统计套利与多头增强的叠加策略 11

 ■ 回测设置 12

 ■ 总结 15

图表

图 1：滚动窗口遍历阈值 P_0 和 P_1 示意 单位：%	6
图 2：511130.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值走势 单位：无	7
图 3：511090.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值走势 单位：无	8
图 4：511260.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值走势 单位：无	9
图 5：叠加策略滚动窗口遍历阈值 P_0 和 P_1 示意 单位：无	11
图 6：511130.SH 叠加策略不同交易成本下的净值走势 单位：无	12
图 7：511090.SH 叠加策略不同交易成本下的净值走势 单位：无	13
表 1：511130.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值表现对比	7
表 2：511130.SH 多头替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计	7
表 3：511090.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值表现对比	8
表 4：511090.SH 多头替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计	9
表 5：511260.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值表现对比	9
表 6：511260.SH 多头替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计	10
表 7：511130.SH 叠加替代策略不同交易成本下的净值表现对比	12
表 8：511130.SH 叠加替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计	13
表 9：511090.SH 叠加替代策略不同交易成本下的净值表现对比	13
表 10：511090.SH 叠加替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计	14

基于卡尔曼滤波和隐马尔可夫模型的统计套利策略回顾

在前序报告《国债期货和国债 ETF 的统计套利策略》的上篇和下篇中，我们构建了一套融合卡尔曼滤波、小波变换、隐马尔可夫模型（HMM）与数据驱动的新息波动率预测（DDIVF）的动态统计套利框架。该框架能够敏锐地捕捉到 30 年期国债期货与国债 ETF 之间因短期定价偏离所产生的均值回归机会。而在 511130.SH 与 511090.SH 这两只 ETF 上的实证回测表明，该策略思路均能实现稳定的正向收益，交叉验证了策略思路的有效性。

■ 策略回顾

在前序报告中，我们采用了卡尔曼滤波替代传统 OLS 回归，实时估计国债期货与国债 ETF 之间的时变均衡关系，并输出动态对冲比率。同时对模型产生的新息序列进行小波变换，分离并提取其高频成分，以此过滤长期结构性偏移，聚焦于具备更强均值回复特性的短期定价偏差。然后使用数据驱动的新息波动率预测替代简单标准差，以更稳健的方式估计新息波动范围，以此对新息序列进行标准化。而在对新息序列的数据进行提纯和提高稳定性后，我们引入了隐马尔可夫模型，依据多维市场观测数据识别不同市场状态，并根据不同的市场状态，对价差的异常状态的界定设置了不同的阈值。具体到公式：

市场状态 0：平稳状态

当 $v_t < v_t \text{ 均值} - P_0 \times \hat{\sigma}_t$ ：做多价差；

市场状态 1：动荡状态

当 $v_t < v_t \text{ 均值} - P_1 \times \hat{\sigma}_t$ ：做多价差；

直至 v_t 回到正常范围内再平仓套利组合。

其中 v_t 为经过小波变换提取后的新息序列， $\hat{\sigma}_t$ 为数据驱动的新息波动率预测（DDIVF），而 P_0 和 P_1 则是我们根据不同市场状态下选定的阈值参数。

然而，一个关键的约束始终限制着策略的完整性与收益潜力：由于国债 ETF 在实际交易中做空难度大、成本高，我们的策略仅能捕捉做多国债 ETF 与国债期货之间价差的机会，即做多国债 ETF 的同时，做空国债期货。当模型识别出国债期货相对于国债 ETF 出现超跌，即潜在的做空价差机会时，我们也只能放弃这一信号。

而为了更好地充分使用策略框架提供的信息，本篇报告将作为前序报告的延伸与补充，提出并验证一种多头替代增强方案。

多头替代增强策略思路与策略效果

在传统配置中，国债 ETF 或现券多头仓位通常作为组合的久期载体或流动性储备，其收益主要取决于利率下行与持有票息，属于被动型收益。而多头替代增强策略则为此类底仓头寸注入了主动管理价值。策略核心在于使用模型识别出国债期货因交易情绪、流动性短暂失衡等原因相对其挂钩的现货出现超跌（即定价偏差）时，将现货头寸临时置换为相对被低估的期货多头。这一操作并非基于方向性看涨，而是基于均值的统计规律。一旦价差收敛，策略便平仓期货、换回现货，完成一次收益增强循环，以期实现固收+的效果。多头替代增强策略的价值在于其驱动因素是市场微观结构的短期失灵，而非宏观经济或货币政策的方向性变化。因此，其收益与利率方向性变动、信用利差变动等主要风险因子的相关性极低。将其纳入“固收+”组合，相当于引入了一个与原有收益来源正交的、波动可控的收益流。这能有效改善组合整体的夏普比率，在相同的波动约束下，实现更高的预期收益，或在相同的收益目标下，降低组合的整体波动。

■ 策略思路与回测设置

模型框架我们继续沿用前面提到的套利模型框架，只不过策略操作替换成：

市场状态 0：平稳状态

当 $v_t > v_t \text{ 均值} + P_0 \times \hat{\sigma}_t$ ：进行多头替代；

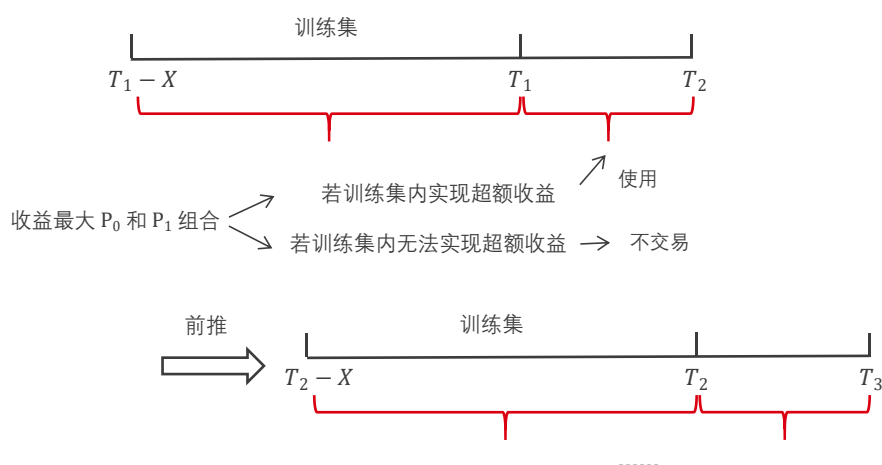
市场状态 1：动荡状态

当 $v_t > v_t \text{ 均值} + P_1 \times \hat{\sigma}_t$ ：进行多头替代；

直至 v_t 回到正常范围内再平仓期货头寸，并切换回现货头寸。

在前序报告中，在进行阈值 P_0 和 P_1 的选择时，我们使用了滚动窗口的方法，每隔一段时间使用过去固定窗口的历史数据，进行网格遍历，寻找最大化收益的 P_0 和 P_1 最优组合，若最优组合仍无法在训练集内实现盈利，说明套利策略在最近的市场环境中适用性不足，则在接下来的这段时间选择空仓，等待下一次参数更新的节点再做观察。而在多头替代策略里，我们则需要对应修改判断条件为训练集内，对比国债 ETF 的多头持有，是否实现超额收益。

图 1: 滚动窗口遍历阈值 P_0 和 P_1 示意 | 单位: %



数据来源: 华泰期货研究院

同时在前序报告中, 考虑到国债波动较小且是价差套利, 我们选择的是三十年期国债期货和国债 ETF 进行回测以追求绝对收益的空间。而多头替代追求的更多是超额收益, 所以在现货端上, 除了三十年期的鹏扬中债 30 年期国债 ETF (511130.SH) 和博时上证 30 年期国债 ETF (511090.SH) 外, 我们还将测试十年期的国泰上证 10 年期国债 ETF (511260.SH) 的效果, 期货端则是使用 T 和 TL 的主力合约。除了 511130.SH 使用的是 30 分钟 K 线数据外, 其余使用的都是 1 小时 K 线数据。

在回测设置上, 我们继续假设账户起始资金为 1000 万, 考虑到滑点和手续费的因素, 我们设定每次现货端开仓会使用账户 95% 的资金进行开仓, 若策略发出多头替代信号, 则首先平仓现货头寸, 然后根据账户资金以及模型得出的对冲比例, 计算对应当前名义本金下的期货开仓手数。以 TL 为例, 假设当前将现货头寸平仓后账户资金为 1100 万, TL 主力合约价格为 125 元, 模型给出的对冲比例为 0.95, 则此时期货端的开仓手数为:

$$\text{开仓手数} = \text{取整} (1100 \text{ 万} \times 0.95 \div 125 \div 1 \text{ 万}) = 10 \text{ 手}$$

当多头替代信号消失, 即期现价差回到正常范围后, 则将期货头寸进行平仓, 并同时继续按账户资金的 95% 进行现货的开仓。

对于交易成本, 我们设置国债 ETF 开平仓的滑点为 3 跳, 开平仓的手续费为万 0.85; 而国债期货开平仓的滑点为 1 跳, 开平仓的手续费为 3 元/手。而考虑到大多数情况下, 国债 ETF 的手续费可以免收, 所以我们将三个国债 ETF 品种上分别测试收取国债 ETF 手续费和不收取手续费这两种情况, 以及展示在不收取国债 ETF 手续费情况下的超额收益。

511130.SH

图 2: 511130.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值走势 | 单位: 无



数据来源: Wind, 华泰期货研究院; 回测时间: 2024/08/01-2025/12/05

表 1: 511130.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值表现对比

	国债 ETF 多头持有	无国债 ETF 手续费	有国债 ETF 手续费
年化收益率	2.44%	9.10%	7.15%
最大回撤	-7.94%	-7.00%	-7.51%
夏普比率	0.31	1.07	0.84
卡玛比率	0.31	1.30	0.95
盈亏比	/	1.12	1.10
胜率	/	51.60%	51.10%
最大回撤开始时间	2025/02/13	2025/06/20	2025/06/20
最大回撤结束时间	2025/12/04	2025/12/04	2025/12/04

数据来源: Wind, 华泰期货研究院; 回测时间: 2024/08/01-2025/12/05

表 2: 511130.SH 多头替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计

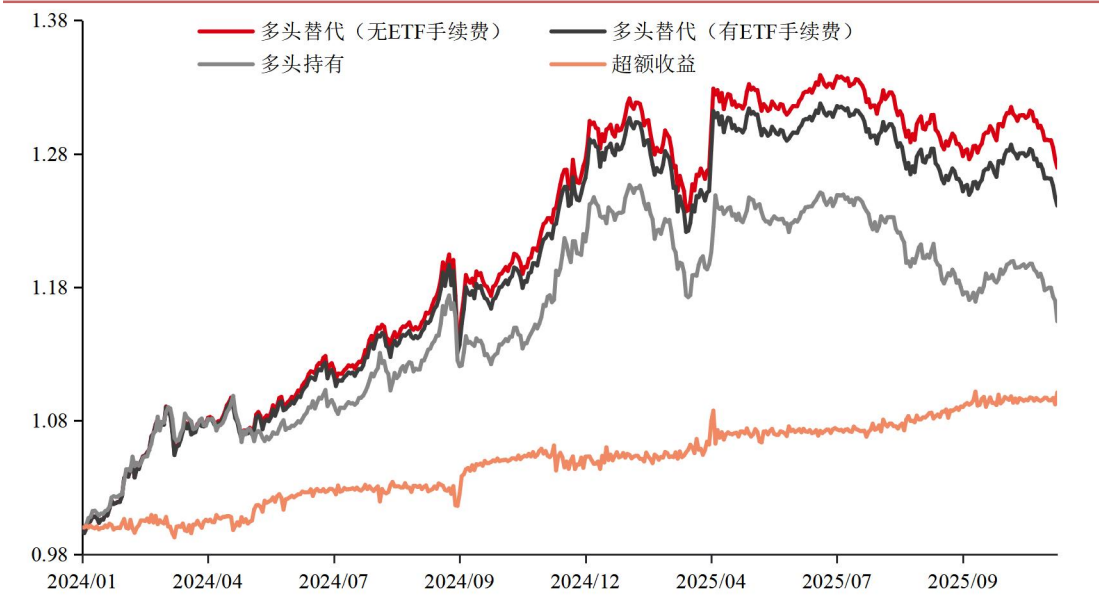
	滑点支出	手续费支出	扣费后盈亏	日均 多头替代次数	每日最大 多头替代次数	平均 多头替代时长
511130.SH	81.55 万	30.22 万	94.30 万	0.90 次	3 次	0.70 小时

数据来源: Wind, 华泰期货研究院; 回测时间: 2024/08/01-2025/12/05

回测结果显示，我们的多头替代策略在考虑收取国债 ETF 交易手续费的情况下，实现了年化接近 5% 的收益增强，而在考虑国债 ETF 手续费减免的情况下，则是可以达到接近年化 7% 的收益增强，但收益增强趋势在 2025 年 4 月后有所放缓。

511090.SH

图 3: 511090.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值走势 | 单位：无



数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/01/01-2025/12/05

表 3：511090. SH 多头替代策略不同交易成本下的净值表现对比

	国债 ETF 多头持有	无国债 ETF 手续费	有国债 ETF 手续费
年化收益率	8.17%	13.77%	12.39%
最大回撤	-8.13%	-6.40%	-6.53%
夏普比率	1.08	1.73	1.55
卡玛比率	1.01	2.15	1.90
盈亏比	/	1.36	1.34
胜率	/	50.20%	49.80%
最大回撤开始时间	2025/02/06	2025/02/06	2025/02/06
最大回撤结束时间	2025/12/04	2025/03/17	2025/03/17

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/01/01-2025/12/05

表 4: 511090.SH 多头替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计

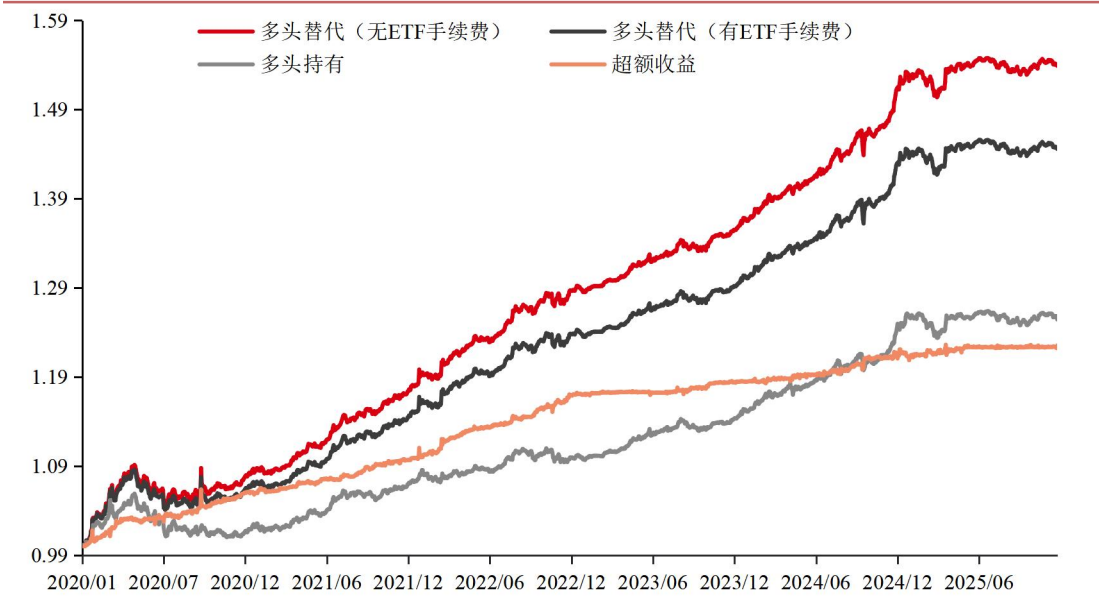
	滑点支出	手续费支出	扣费后盈亏	日均 多头替代次数	每日最大 多头替代次数	平均 多头替代时长
511090.SH	68.03 万	28.49 万	241.13 万	0.55 次	2 次	1.63 小时

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/01/01-2025/12/05

在 511090.SH 上的回测结果同样显示，我们的多头替代策略相比与多头持有国债 ETF 可以实现不错的收益增强。其中，在考虑收取国债 ETF 交易手续费的情况下，实现了年化 4%以上的收益增强，而在考虑国债 ETF 手续费减免的情况下，则实现了年化 5%以上的收益增强，且收益增强趋势较为稳定。

511260.SH

图 4: 511260.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值走势 | 单位：无



数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2020/01/01-2025/12/05

表 5: 511260.SH 多头替代策略不同交易成本下的净值表现对比

	国债 ETF 多头持有	无国债 ETF 手续费	有国债 ETF 手续费
年化收益率	4.09%	7.86%	6.68%
最大回撤	-4.62%	-4.00%	-4.15%
夏普比率	1.57	2.54	2.16
卡玛比率	0.89	1.96	1.61
盈亏比	/	1.24	1.26

胜率	/	58.20%	55.80%
最大回撤开始时间	2020/04/29	2020/04/29	2020/04/29
最大回撤结束时间	2020/11/20	2020/07/08	2020/07/08

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2020/01/01-2025/12/05

表 6：511260.SH 多头替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计

	滑点支出	手续费支出	扣费后盈亏	日均 多头替代次数	每日最大 多头替代次数	平均 多头替代时长
511260.SH	131.16 万	79.29 万	445.64 万	0.49 次	2 次	1.60 小时

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2020/01/01-2025/12/05

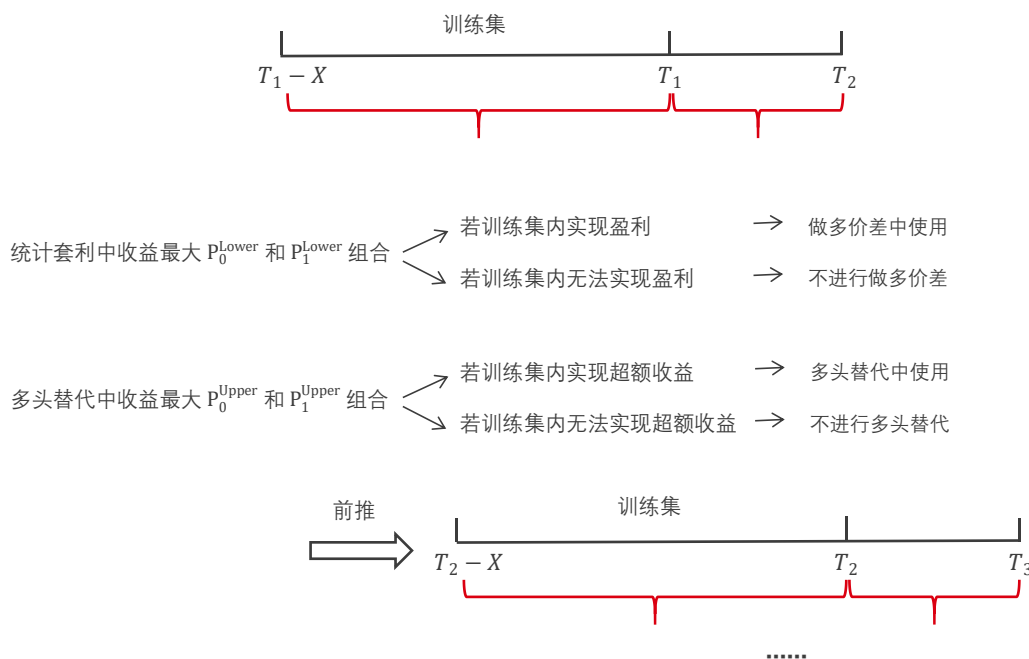
十年期国债 ETF 511260.SH 的上市时间较早，允许我们有更多的历史数据进行回测。其中在考虑收取国债 ETF 交易手续费的情况下，实现了年化 2.6%的收益增强，而在考虑国债 ETF 手续费减免的情况下，则实现了接近年化 4%的收益增强，且收益增强趋势较为稳定。从三个国债 ETF 的回测结果可以相互印证，应用我们的套利模型框架进行多头替代可以实现不错的收益增强效果。

统计套利与多头增强的叠加策略

从前面的回测结果可以看出，我们的价差策略框架效果不错，无论是价差过大还是价差过小的情况都可以进行有效识别。所以接下来我们对两种策略进行叠加，充分利用模型得出的信息并进行对应交易，在国债 ETF 与国债期货价差过小的时候，选择做多价差（做多国债 ETF、做空国债期货）；在国债 ETF 与国债期货价差过大的时候，选择多头替代（将持有的国债 ETF 替换成国债期货）；在价差处于正常范围的时候，持有国债 ETF。

而对于统计套利和多头替代中的阈值 P_0 和 P_1 ，我们选择在训练集内分别进行网格遍历和参数优化，

图 5: 叠加策略滚动窗口遍历阈值 P_0 和 P_1 示意 | 单位：无



数据来源：华泰期货研究院

具体到公式则是：

市场状态 0：平稳状态

当 $v_t < v_t \text{ 均值} - P_0^{Lower} \times \hat{\sigma}_t$ ：做多价差；

当 $v_t > v_t \text{ 均值} + P_0^{Upper} \times \hat{\sigma}_t$ ：多头替代；

市场状态 1：动荡状态

当 $v_t < v_t \text{ 均值} - P_1^{Lower} \times \hat{\sigma}_t$ ：做多价差；

当 $v_t > v_t \text{ 均值} + P_1^{Upper} \times \hat{\sigma}_t$ ：多头替代；

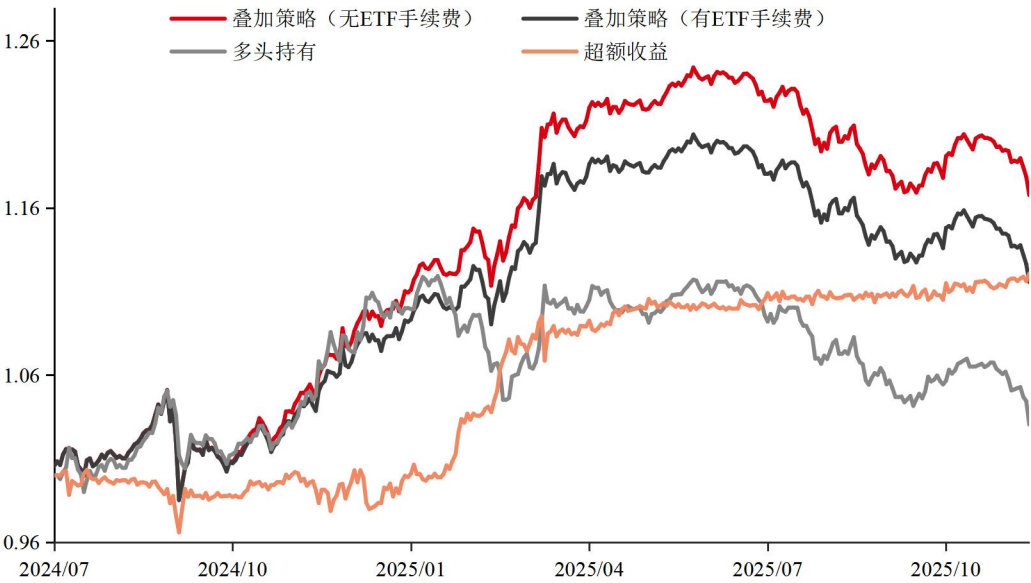
直至 v_t 回到正常范围内再平仓套利组合或切换回现货持仓。

■ 回测设置

回测设置上，多头替代交易和做多价差交易的设置我们沿用之前的设定，分别回测三十
年期 511130.SH、511090.SH 上的表现。

511130.SH

图 6: 511130.SH 叠加策略不同交易成本下的净值走势 | 单位：无



数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/08/01-2025/12/05

表 7: 511130. SH 叠加替代策略不同交易成本下的净值表现对比

	国债 ETF 多头持有	无国债 ETF 手续费	有国债 ETF 手续费
年化收益率	2.44%	12.61%	8.75%
最大回撤	-7.94%	-6.23%	-7.33%
夏普比率	0.31	1.62	1.12
卡玛比率	0.31	2.02	1.19
盈亏比	/	1.00	0.98
胜率	/	56.30%	54.80%
最大回撤开始时间	2025/02/13	2024/09/23	2025/06/20
最大回撤结束时间	2025/12/04	2024/09/27	2025/12/04

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/08/01-2025/12/05

表 8: 511130.SH 叠加替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计

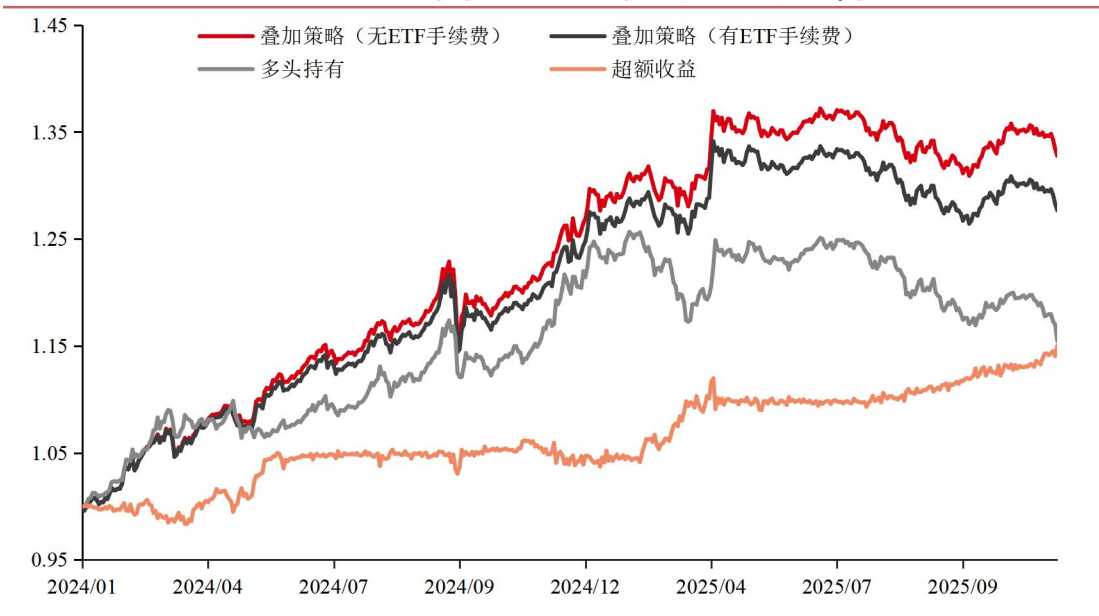
	滑点支出	手续费支出	扣费后盈亏	日均 信号次数	每日最大 信号次数	平均 信号时长
511130.SH	115.70 万	55.32 万	115.71 万	1.49 次	6 次	0.69 小时

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/08/01-2025/12/05

从回测结果可以看出，相比于前面的多头替代增强策略，使用叠加策略无论是在年化收益还是在风险收益比上均有提升。而对比多头持有国债 ETF，在考虑收取国债 ETF 交易手续费的情况下，实现了年化 6%以上的收益增强，而在考虑国债 ETF 手续费减免的情况下，则实现了年化 10%以上的收益增强，且收益增强趋势较为稳定。同时由于使用 30 分钟 K 线数据，交易频率相对偏高一些，反映到交易成本对策略表现的影响上也会更为明显，达到了年化 4%左右的影响水平。

511090.SH

图 7: 511090.SH 叠加策略不同交易成本下的净值走势 | 单位：无



数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/01/01-2025/12/05

表 9: 511090.SH 叠加替代策略不同交易成本下的净值表现对比

	国债 ETF 多头持有	无国债 ETF 手续费	有国债 ETF 手续费
年化收益率	8.17%	16.56%	14.12%
最大回撤	-8.13%	-5.92%	-5.92%
夏普比率	1.08	2.20	1.87

卡玛比率	1.01	2.80	2.39
盈亏比	/	1.24	1.22
胜率	/	55.40%	54.30%
最大回撤开始时间	2025/02/06	2024/09/23	2024/09/23
最大回撤结束时间	2025/12/04	2024/09/27	2024/09/27

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/01/01-2025/12/05

表 10：511090.SH 叠加替代策略收取 ETF 手续费情况下的交易统计

	滑点支出	手续费支出	扣费后盈亏	日均 信号次数	每日最大 信号次数	平均 信号时长
511130.SH	90.93 万	49.47 万	276.68 万	0.78 次	3 次	1.59 小时

数据来源：Wind，华泰期货研究院；回测时间：2024/01/01-2025/12/05

在 511090.SH 上的回测结果也同样表现不错，在 2024 年至今现货总体偏牛的行情下，仍实现较为明显的收益增强。其中在考虑收取国债 ETF 交易手续费的情况下，实现了年化 6%左右的收益增强，而在考虑国债 ETF 手续费减免的情况下，则实现了年化 8%以上的收益增强，且收益增强趋势较为稳定。

■ 总结

本报告作为前序报告《国债期货和国债 ETF 的统计套利策略》系列的延伸与拓展，聚焦于在原有统计套利框架基础上，进一步提出并验证一种多头替代增强策略，旨在为国债 ETF 的长期持有者提供收益增强的主动管理工具。

策略核心思路在于，利用前期构建的卡尔曼滤波、小波变换与隐马尔可夫模型（HMM）动态识别国债期货与 ETF 之间的定价偏差。当模型检测到国债期货相对于 ETF 出现超跌（即价差显著扩大）时，策略将持有的国债 ETF 头寸临时置换为被低估的国债期货多头；待价差收敛至正常范围后，平仓期货并换回现货，完成一次收益增强循环。

为进一步提升策略的信息利用效率，本报告进一步提出统计套利与多头增强的叠加策略，同步捕捉价差过低（做多价差）与价差过高（多头替代）两类机会，实现对模型信号的全面响应。

回测结果表明，多头替代增强策略在三十年期国债 ETF（511130.SH、511090.SH）及十年期国债 ETF（511260.SH）上均能实现稳定的收益增强。在考虑可以被减免的国债 ETF 手续费的情况下，策略相比单纯持有 ETF 仍能带来显著的年化超额收益，且夏普比率与卡玛比率均有所改善。叠加策略进一步提升了收益潜力与风险调整后表现，体现了模型框架在不同市场条件下的适应性与扩展性。

综上，本报告通过将统计套利模型灵活应用于多头替代场景，为固定收益组合提供了一种低相关性的收益增强来源，拓展了“固收+”策略的构建思路，具备较强的实战参考价值。

免责声明

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、结论及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，投资者并不能依靠本报告以取代行使独立判断。对投资者依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华泰期货研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权力。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

华泰期货有限公司版权所有并保留一切权利。

公司总部

广州市天河区临江大道1号之一2101-2106单元 | 邮编：510000

电话：400-6280-888

网址：www.htfc.com