

报告作者：

研究员：张晨 CFA

期货从业证号：F3072094

投资咨询证号：Z0015334

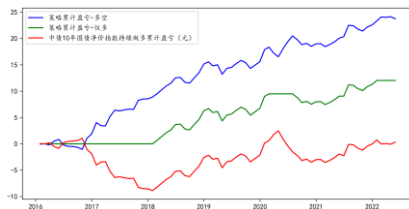
Tel.: 010-68569594

zhangchen_qh@chinastock.com.cn

策略表现：

➤ 基于HMM的基本面多因子策略

✓ 现券累计盈亏（图6）

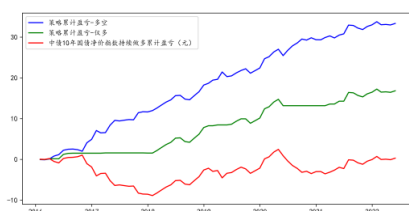


✓ “期货+现金”组合净值（图8）



➤ 多因子加权择时策略

✓ 现券累计盈亏（图12）



✓ “期货+现金”组合净值（图14）



基于利率指标体系的基本面多因子策略

报告要点

本篇报告中，我们参照传统的利率分析体系，构建涵盖工业、固定资产投资、进出口、通胀、流动性、金融市场、财政、消费以及海外等9个模块的利率指标体系。我们利用该体系中的指标开发出2个多因子策略，回测2016年1月至2022年5月间的效果。

1、基于HMM的基本面多因子策略：将23个因子代入到马尔科夫模型中，根据过去的基本面数据和利率债的涨跌方向，计算未来概率更高的利率债涨跌方向，能有效识别利率周期。

✓ 对10年国债净价指数的择时效果，基准持续做多10年国债净价指数：

	累计盈亏(元)			胜率(%)	
	基准	策略：仅多	策略：多空	基准	策略
全部	0.31	12.03	23.76	0.57	0.64
2016	-1.87	0	1.87	0.58	0.42
2017	-6.67	0	6.67	0.33	0.67
2018	5.93	6.26	6.59	0.75	0.83
2019	0.46	0.46	0.46	0.67	0.67
2020	-0.86	1.27	3.4	0.5	0.58
2021	2.97	3.28	3.58	0.58	0.67
2022	0.34	0.76	1.19	0.6	0.6

✓ 对“2% 10年国债期货+98%现金”替代组合的择时效果，基准持续做多中债10年国债财富指数：

	年化收益率(%)		年化波动率(%)		最大回撤(%)		夏普		卡玛	
	基准	HMM	基准	HMM	基准	HMM	基准	HMM	基准	HMM
全部	3.4	5.2	2.3	3.8	6.0	4.0	1.5	1.3	0.6	1.3
2016	2.2	0.9	2.3	4.7	4.1	3.6	0.9	0.2	0.5	0.2
2017	-2.8	4.3	2.3	4.3	3.8	3.4	-1.2	1.0	-0.7	1.2
2018	8.9	9.1	2.2	3.6	1.2	2.2	4.2	2.5	7.4	4.2
2019	4.0	3.6	1.9	3.1	1.9	2.1	2.1	1.2	2.1	1.8
2020	2.6	6.7	3.2	4.3	4.3	2.6	0.8	1.6	0.6	2.6
2021	6.1	6.9	1.8	2.9	1.1	1.5	3.3	2.4	5.5	4.5
2022	4.1	2.5	1.9	3.0	0.9	1.4	2.1	0.9	4.4	1.8

2、多因子加权择时策略：以合理的逻辑判断单因子对债市的影响方向并评价有效性，得到9个有效的单因子并加权信号，预测下月利率债涨跌方向，相对更易理解，且信号方向的调整更灵活。

✓ 对10年国债净价指数的择时效果，基准持续做多10年国债净价指数：

	累计盈亏(元)			胜率(%)	
	基准	策略：仅多	策略：多空	基准	策略
全部	0.31	16.83	33.36	0.57	0.71
2016	-1.87	1.52	4.92	0.58	0.67
2017	-6.67	0.03	6.73	0.33	0.67
2018	5.93	6.26	6.59	0.75	0.83
2019	0.46	2.33	4.19	0.67	0.83
2020	-0.86	3.04	6.94	0.5	0.75
2021	2.97	3.31	3.66	0.58	0.58
2022	0.34	0.34	0.34	0.6	0.6

✓ 对“2% 10年国债期货+98%现金”替代组合的择时效果，基准持续做多中债10年国债财富指数：

	年化收益率(%)		年化波动率(%)		最大回撤(%)		夏普		卡玛	
	基准	加权	基准	加权	基准	加权	基准	加权	基准	加权
全部	3.4	7.0	2.3	3.8	6.0	3.2	1.5	1.8	0.6	2.2
2016	2.2	5.5	2.3	4.7	4.1	3.2	0.9	1.2	0.5	1.7
2017	-2.8	7.9	2.3	4.3	3.8	2.1	-1.2	1.8	-0.7	3.8
2018	8.9	9.1	2.2	3.6	1.2	2.2	4.2	2.5	7.4	4.2
2019	4.0	5.5	1.9	3.0	1.9	1.8	2.1	1.8	2.1	3.1
2020	2.6	8.4	3.2	4.3	4.3	1.9	0.8	2.0	0.6	4.5
2021	6.1	6.9	1.8	2.9	1.1	1.5	3.3	2.4	5.5	4.5
2022	4.1	3.8	1.9	3.0	0.9	1.4	2.1	1.3	4.4	2.8

风险提示：历史数据回测，不代表真实交易，不构成投资建议。

1. 根据利率指标体系开发多因子策略的思路

参照传统的利率分析体系，我们划分出涵盖工业、固定资产投资、进出口、通胀、流动性、金融市场、财政、消费以及海外等 9 个模块的利率指标体系。针对每个模块内的相关指标，我们以主观逻辑辨别为主，以 IC 值、相关性、图像识别等数量化方式为辅进行筛选，从而将部分业内常用的具有代表性的宏观指标替换为具有一定领先性或频率更高的中微观指标。图 1 列式了我们在本篇报告中的 2 个策略所运用到的 23 个指标。

图 1：利率指标列表

因子类别	因子简称	因子全称	指标代码	因子频率	来源	更新时间
工业	工业利润总额	工业企业：利润总额：累计同比	M0000557	月	国家统计局	下月下
	国企工业增加值	工业增加值：国有及国有控股企业：当月同比	M0000548	月	国家统计局	下月中
	汽车库存	库存：汽车	S6125070	月	中国汽车工业协会	下月中
投资	PMI 复合因子	PMI：生产：PMI：产成品库存：PMI：主要原材料购进价格	M0017127；M0017131；M0017134	月	国家统计局	当月末
	土地购置费	土地购置费：累计同比	M0073287	月	国家统计局	下月中
	挖掘机产量	产量：挖掘机：当月同比	S0073123	月	国家统计局	下月中
进出口	新出口订单	PMI：新出口订单	M0017129	月	国家统计局	当月末
	结售汇差额	银行结售汇差额：当月值	M5207849	月	国家外汇管理局	下月下
	货运价格	CCFI：综合指数	S0000066	周	根据新闻整理	当周末
通货膨胀	零售价格	RPI：当月同比	M0001022	月	国家统计局	下月中
	大宗商品价格指数	中国大宗商品价格指数：总指数	S5042881	周	国家统计局	下周
	电解铜溢价	最高溢价：上海电解铜：CIF(提单)	S5807321	日	根据新闻整理	当日
流动性	净投放	中期借贷便利(MLF)：期末余额，公开市场操作：货币净投放	M5515072，M0061614	月	中国人民银行	当月末
	企业债券融资	社会融资规模：企业债券净融资：当月值：初值	M5541327	月	中国人民银行	下月中
	居民短期贷款	金融机构：新增人民币贷款：居民户：短期：当月值	M0057874	月	中国人民银行	下月中
金融市场	沪深300	沪深300指数	M0020209	日	wind	当日
	美元兑人民币	中间价：美元兑人民币	M0000185	日	中国人民银行	当日
	信用利差	中债中短期票据到期收益率(AA)：3年-中债国债到期收益率：3年	S0059717，S0059746	日	中债估值中信	当日
财政	财政支出	公共财政支出：当月同比	M0024064	月	国家统计局	下月中
消费	冰箱产量	产量：家用电器：冰箱：当月同比	S0028207	月	国家统计局	下月中
海外环境	全球领先指标	OECD 综合领先指标	G0008368	月	根据新闻整理	下月中
	全球 PMI	全球：摩根大通全球制造业 PMI	G8400010	月	根据新闻整理	下月初
	原油库存	库存量：原油：API	S5109907	周	美国石油协会	下周

数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

本报告的第 2 章和第 3 章中，分别提出“基于 HMM 的基本面多因子策略”和“多因子加权择时策略”，策略开发思路如下：

(1) 对原始数据进行补缺失值、数据对齐、去极值等处理；

(2) 通过计算同比、环比、均值及差分等方式，生成新的因子，计算相关性与 IC 值，筛选有效的单因子；

(3) 分别用隐马尔科夫模型和多因子信号加权两种逻辑方法对有效的单因子进行整合，开发利率债多因子策略；

(4) 以 10 年国债净价指数作为标的资产，回测策略表现；

(5) 以 10 年国债期货作为标的资产，利用期货便捷的做空机制和杠杆性，争取更优的策略净值表现。

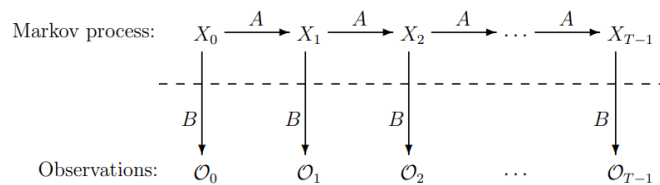
在未来的研究中，我们还将进一步尝试在月频策略的基础上加入日频策略，从而平稳月内的净值波动，进一步提高策略表现。

2 基于 HMM 的基本面多因子策略

2.1 隐马尔科夫模型简介

隐马尔科夫模型 (Hidden Markov Model, HMM) 是由马尔科夫过程衍生出的关于时序的概率模型, 最早应用于语音识别, 随后在人脸识别、金融时间序列建模等领域也得到了广泛应用。HMM 的随机变量有内外两层, 内层是不可观测的隐变量, 是一个马尔科夫链, 外层是由隐变量决定的可观测变量。如图 2, $\{O\}$ 是我们观察到的数据, $\{X\}$ 是我们希望通过模型得到的无法观测到的隐藏状态, 模型参数一般可简化为 $\lambda = (A, B, \pi)$, 分别为状态转移概率矩阵、观测状态概率矩阵、初始状态概率分布, 详细介绍参见后文附录。

图 2: 隐马尔科夫模型示意图



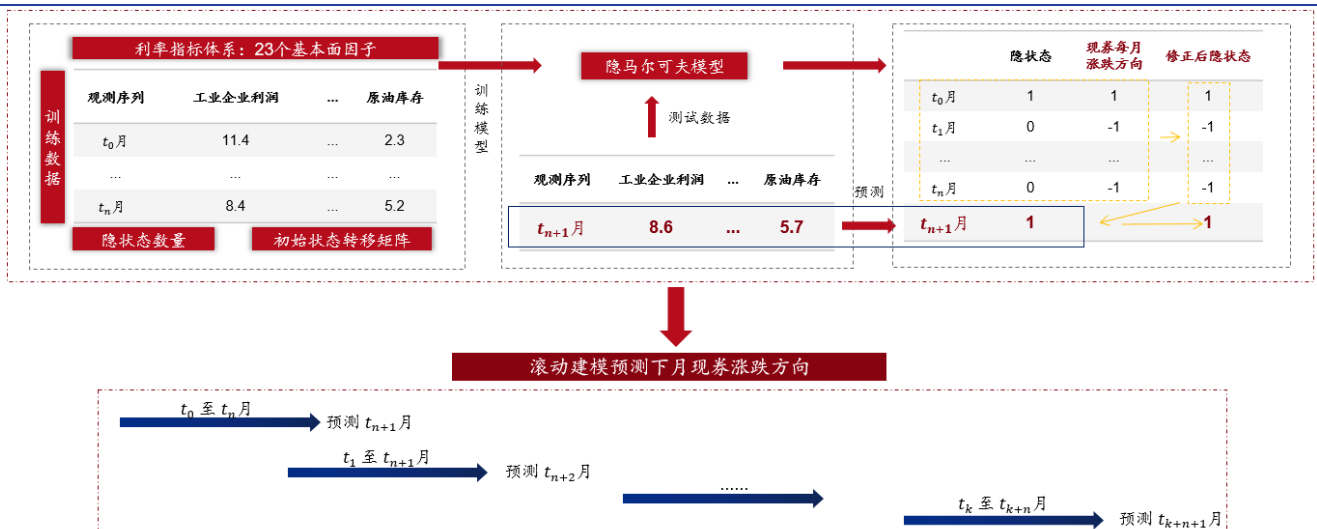
资料来源: A Revealing Introduction to Hidden Markov Models

2.2 基于 HMM 的基本面多因子策略

假设利率周期是隐藏的、观测不到的状态, 但我们可以通过一篮子可观测到的基本面数据来推测出利率当前处于何种趋势中, 即上涨还是下跌。于是, 我们尝试运用隐马尔科夫模型, 根据当前的基本面数据 (观测值) 和利率债的涨跌方向 (隐状态), 推测出未来最有可能出现的利率债涨跌方向 (见图 3)。

我们将前文利率指标体系中的 23 个基本面因子作为观测序列 $\{O_t\}$, 设置 2 个隐状态来代表利率债的上涨和下跌。用样本内的观测数据训练模型, 得到模型参数 λ 和对应的隐状态序列, 并用真实的利率债涨跌方向来识别和修正, 再将样本外的观测数据代入到模型中, 预测出样本外的隐状态, 即下一期利率债的涨跌方向。综上, 我们以 1 个利率周期的数据来滚动建模, 预测下月现券涨跌, 进行回测。

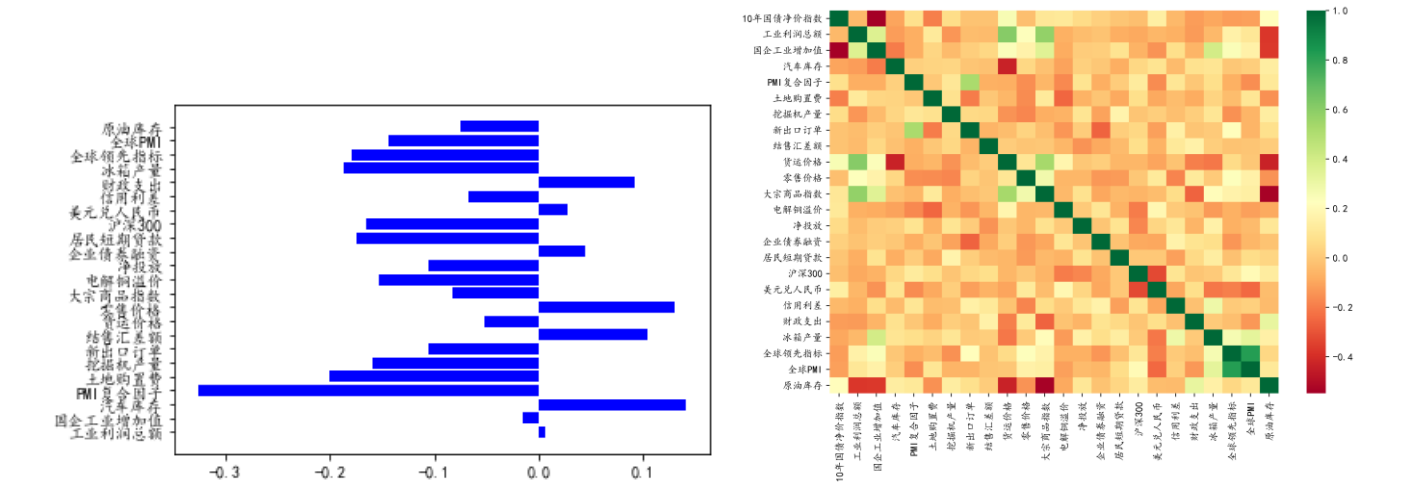
图 3: 基于 HMM 构建基本面多因子策略的思路



数据来源：银河期货金融市场总部

我们筛选了 23 个基本面因子作为隐马尔可夫模型的特征向量。在建模前，我们对指标原始数据进行处理，得到模型因子，并计算单因子与 10 年国债净价指数的 IC 值，以衡量单因子的收益预测能力。此外，我们也计算了因子间的相关性，初步检验是否存在多重共线性。

图 4：因子 IC 值与相关性



数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

根据上述策略思路，我们对基于 HMM 的基本面多因子策略进行回测，在建模和回测的过程中，我们已充分考虑了数据更新的时点以及交易的时效性，避免未来函数。

回测规则如下：

标的：以 10 年国债净价指数替代现券，因此，回测的收益中不含票息；

回测期间：2016 年 1 月至 2022 年 5 月，共计 77 个月；

建仓时点：根据上月末生成的信号，于当月初第一个交易日建仓，并于下月初第一个交易日平仓；

建仓方向：为提供更为充分的策略考察维度，我们设定了两种交易方向进行回测：（1）信号为多时做多 10 年国债净价指数，信号为空时无持仓，即“仅多”；（2）信号为多时做多 10 年国债净价指数，信号为空时做空 10 年国债净价指数（不考虑做空成本），即“多空”；

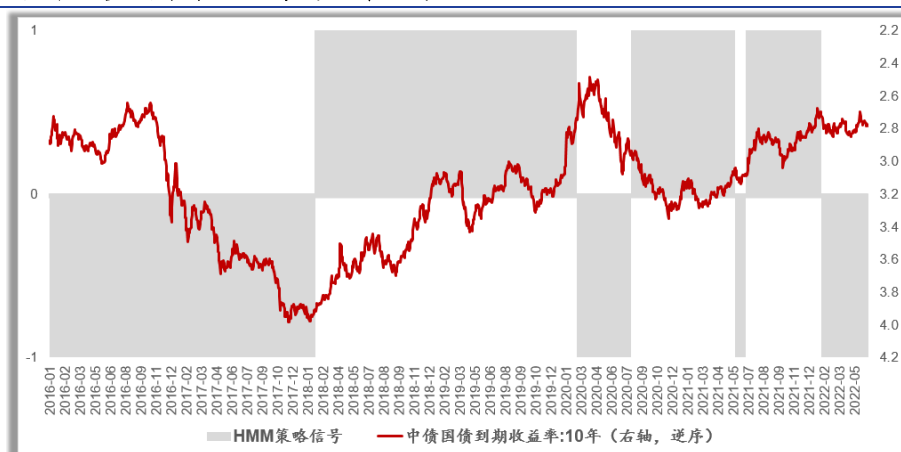
基准：以持续做多 10 年国债净价指数作为业绩基准，对比衡量策略的效果；

胜率：信号正确的月份数占总回测月份数的比重。

回测结果如下：

策略信号方面，基于 HMM 的基本面多因子策略较好地识别了利率周期，月胜率 64%。2016 年 1 月至 2022 年 5 月，77 个月内共有 7 次多空切换，按月计算的胜率为 64%（见图 6），信号方向基本与利率趋势相近（见图 5），符合我们运用基本面数据识别利率周期的初衷。

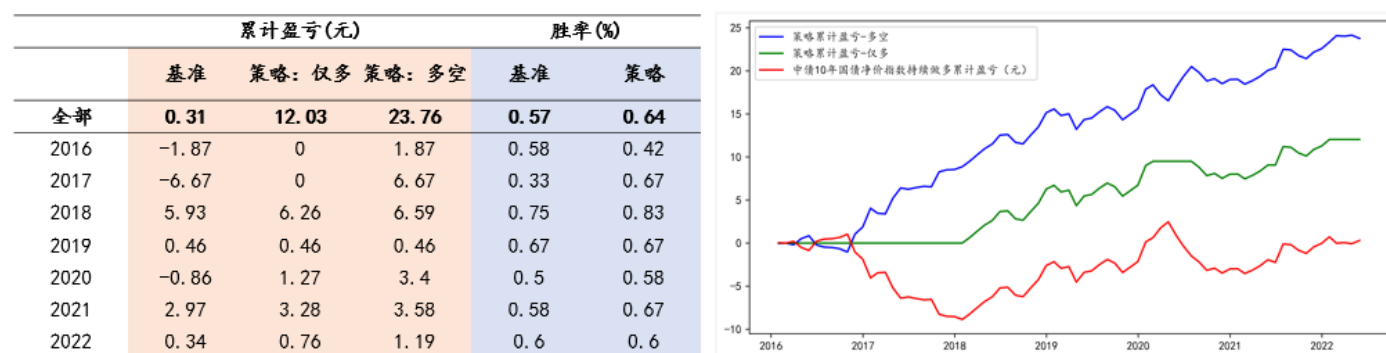
图5：基于HMM的基本面多因子策略信号与利率走势对比



数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

累计盈亏（不含票息）方面，基于HMM的基本面多因子策略在每一年均明显优于基准，2016年1月至2022年5月，跟踪策略多头信号（“仅多”）的累计盈利为12.03元，跟踪策略多空信号（“多空”）的累计盈利为23.76元，均优于基准的0.31元。

图6：基于HMM的基本面多因子策略的累计盈亏（回测数据，不含票息）



数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

收益风险方面，基于HMM的基本面多因子策略能明显提高收益、降低风险。“仅多”和“多空”的年化收益率分别为1.7%和3.3%，优于基准的0%；“仅多”和“多空”的年化波动率分别为1.8%和2.3%，优于基准的2.8%；“仅多”和“多空”的最大回撤分别为2%和1.8%，较基准的8.6%有大幅改善。

图7：基于HMM的基本面多因子策略的月频净值表现（回测数据，不含票息）

	年化收益率(%)			年化波动率(%)			最大回撤(%)			夏普			卡玛		
	基准	策略：仅多	策略：多空	基准	策略：仅多	策略：多空	基准	策略：仅多	策略：多空	基准	策略：仅多	策略：多空	基准	策略：仅多	策略：多空
全部	0.0	1.7	3.3	2.8	1.8	2.3	8.6	2.0	1.8	0.0	0.9	1.4	0.0	0.8	1.8
2016	-1.6	0.0	1.6	2.3	0.0	2.3	2.5	0.0	1.7	-0.7	/	0.7	-0.7	/	1.0
2017	-6.0	0.0	6.0	2.8	0.0	2.7	6.0	0.0	0.6	-2.1	/	2.2	-1.0	/	10.4
2018	5.7	6.0	6.3	2.2	2.1	2.0	1.0	1.0	1.0	2.6	2.9	3.1	5.6	6.0	6.3
2019	0.4	0.4	0.4	2.6	2.6	2.6	2.1	2.1	2.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2020	-0.8	1.1	3.1	3.4	2.4	3.3	5.1	1.7	1.7	-0.2	0.5	0.9	-0.2	0.7	1.8
2021	2.7	3.0	3.2	2.3	2.2	2.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.3	1.5	2.8	3.1	3.4
2022	0.7	1.6	2.5	1.5	0.9	1.4	0.7	0.0	0.3	0.5	1.7	1.8	1.0	/	7.7

数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

考虑到现券做空的成本较高，我们用 10 年国债期货合约代替 10 年国债净价指数进行回测，利用国债期货便捷的做空机制和保证金机制，更充分地利用策略对多空方向的预测，获取更好的产品净值表现。

回测规则如下：

资产配置方式：以 1 亿元作为本金，2% 的资金建仓 10 年国债期货主力合约，使期货的名义金额接近本金，即以期货替代现券来获取资本利得，未被占用的资金则以 2% 计无风险收益，替代票息收益；综上，该资产组合为“2% 期货+98% 现金”，组合杠杆将仍然为 1，便于与基准进行直观对比。

回测期间：2016 年 1 月至 2022 年 5 月，共计 77 个月；

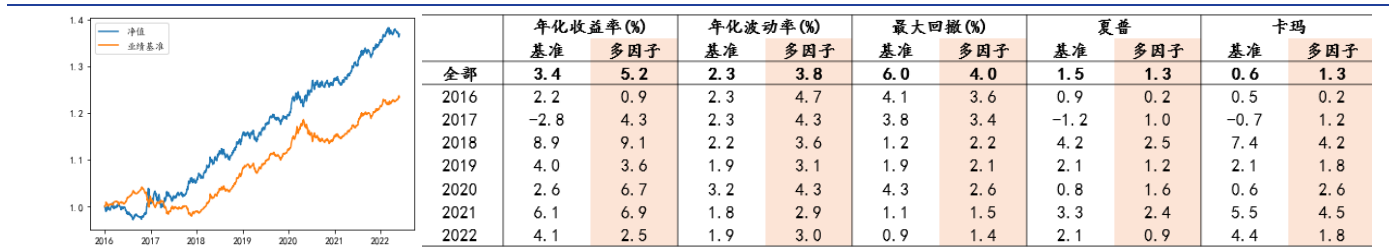
建仓时点：根据上月末生成的信号，于当月初第一个交易日建仓 T 主力合约，并于下月初第一个交易日平仓；

基准：以持续做多中债 10 年国债财富指数（含票息和再投资收益）作为业绩基准，对比衡量策略的超额表现。

回测效果如下：

“期货+现金”组合在收益和风险上均优于基准。具体地，年化收益率 5.2%，高于基准 1.8%；最大回撤 4%，较基准改善 2%；夏普 1.3，略低于基准的 1.5；卡玛 1.3，高于基准的 0.6。（具体见图 8）

图 8：“期货+现金”组合的净值表现（回测数据）



数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

3. 单因子择时效果与多因子加权择时策略

本报告第 2 章中，我们将基本面因子代入到隐马尔科夫模型中，通过计算概率来识别并预测利率的涨跌方向。该策略具有一定的理论基础，但在理解和复现上相对复杂，因此，我们在这部分尝试更简单、更易理解的多因子加权择时策略。

3.1 单因子择时效果

我们对前文利率指标体系中的指标逐一计算同比、环比或均值，差分后以合理的逻辑来判断单一指标在边际改善时对债市的影响方向，并作为下月的策略信号，以此进行单因子的择时回测，筛选出 9 个有效的单因子（见图 9）

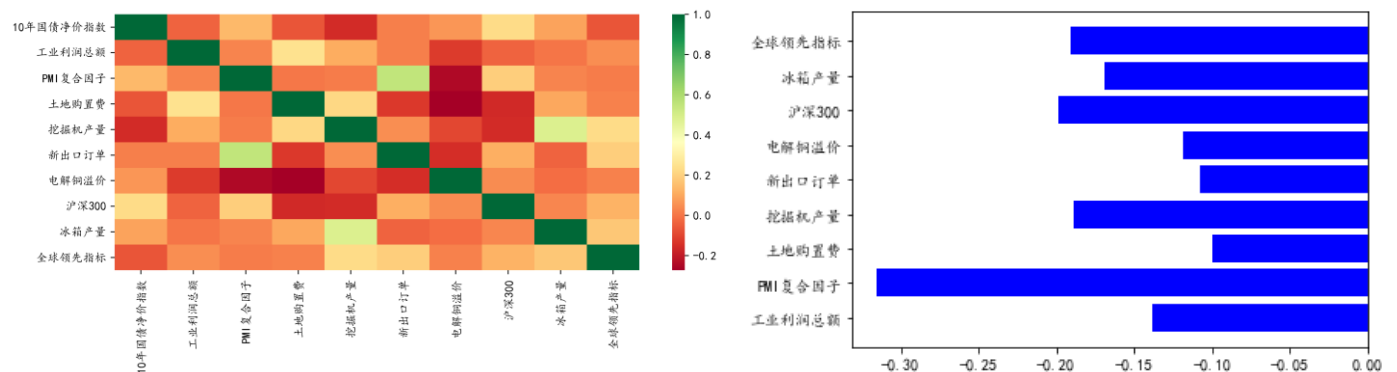
图 9：单因子择时回测效果概览（回测数据，不含票息）

因子类别	因子简称	因子全称	指标代码	因子频率	来源	更新时间	影响方向	累计盈亏(元)		胜率(%)
								仅做多	多空	
基准	中债10年国债净价指数		M0265884	日	中债估值中心	当日	/	0.31	/	57%
工业	工业利润总额	工业企业：利润总额：累计同比	M0000557	月	国家统计局	下月末	反向	8.9	17.4	62%
投资	PMI复合因子	PMI：生产	M0017127	月	国家统计局	当月末	反向	9.0	17.7	62%
		PMI：产成品库存	M0017131							
		PMI：原材料	M0017134							
	土地购置费	土地购置费：累计同比	M0073287	月	国家统计局	下月中	反向	12.8	25.2	68%
进出口	挖掘机产量	产量：挖掘机：当月同比	S0073123	月	国家统计局	下月中	反向	8.8	17.2	55%
	新出口订单	PMI：新出口订单	M0017129	月	国家统计局	当月末	反向	2.7	5.0	52%
通货膨胀	电解铜溢价	最高溢价：上海电解铜：CIF(提单)	S5807321	日	根据新闻整理	当日	反向	9.6	18.9	68%
金融市场	沪深300	沪深300指数	M0020209	日	wind	当日	反向	6.6	12.9	57%
消费	冰箱产量	产量：家用电冰箱：当月同比	S0028207	月	国家统计局	下月中	反向	8.4	16.4	55%
海外环境	全球领先指标	OECD综合领先指标	G0008368	月	根据新闻整理	下月中	反向	8.7	17.1	61%

数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

通过对因子间相关性、单因子与中债10年国债净价指数的IC值(见图10)、单因子对中债10年国债净价指数择时的累计盈亏等多方面的综合考量，我们利用9个有效的单因子来开发多因子加权择时策略。

图 10：因子相关性与 IC 值



数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

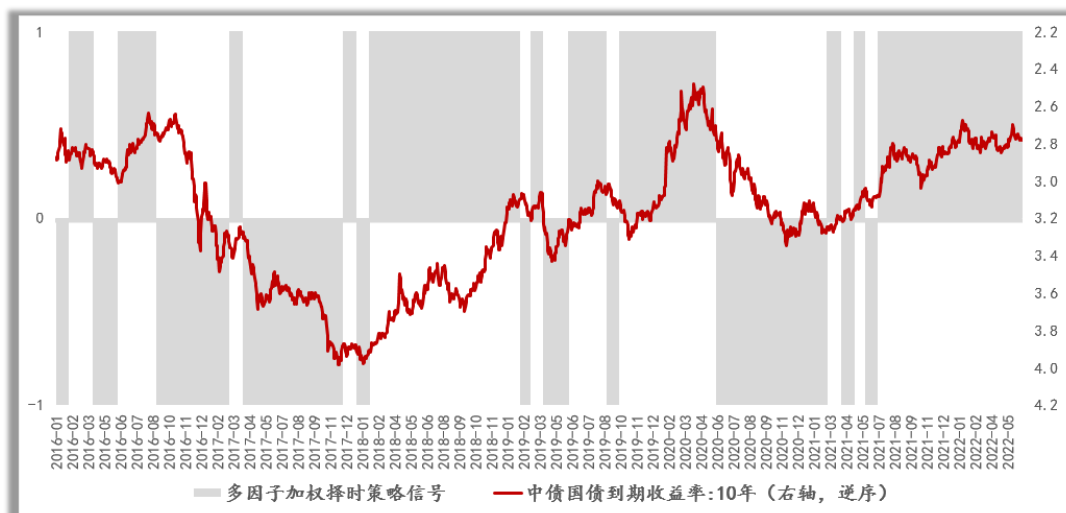
3.2 多因子加权择时策略

我们将上文中筛选出的9个有效因子的信号加权，开发出多因子加权择时策略，并分别回测该策略在10年国债净价指数上的表现和在“期货+现金”组合上的表现，回测规则均与前文相应部分相同。

多因子加权择时策略在中债10年国债净价指数上的回测结果如下：

策略信号方面，多因子加权择时策略能在识别利率周期的同时也捕捉到个别月份的回调，月胜率71%。2016年1月至2022年5月，77个月内共有22次多空切换，按月计算的胜率为71%（见图12），信号方向基本与利率趋势相近（见图11）。

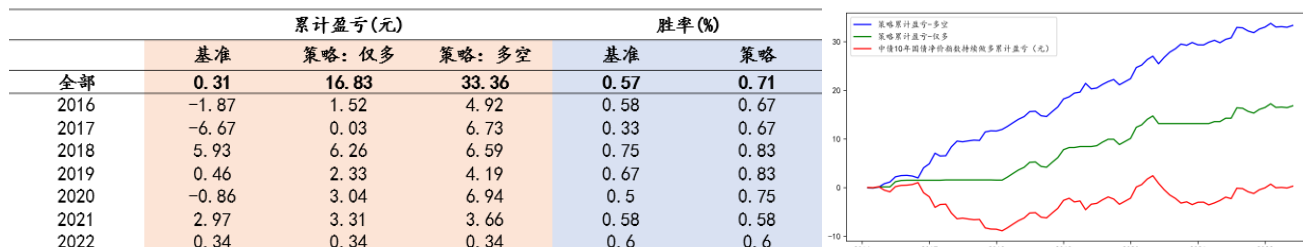
图 11: 多因子加权择时策略信号与利率走势对比



数据来源: Wind、银河期货金融市场总部

累计盈亏(不含票息)方面,多因子加权择时策略在每一年均明显优于基准,2016年1月至2022年5月,跟踪策略多头信号(“仅多”)的累计盈利为16.83元,跟踪策略多空信号(“多空”)的累计盈利为33.36元,均优于基准的0.31元。

图 12: 多因子加权择时策略的累计盈亏(回测数据,不含票息)



数据来源: Wind、银河期货金融市场总部

收益风险方面,多因子加权择时策略能明显提高收益、降低风险。“仅多”和“多空”的年化收益率分别为2.3%和4.6%,优于基准的0%;“仅多”和“多空”的年化波动率分别为1.6%和2%,优于基准的2.8%;“仅多”和“多空”的最大回撤分别为1.2%和1.1%,较基准的8.6%有大幅改善。特别地,“多空”的夏普和卡玛分别达到2.2和4.1,具有较高的性价比。

图 13: 多因子加权择时策略的月频净值表现(回测数据,不含票息)

	年化收益率(%)			年化波动率(%)			最大回撤(%)			夏普			卡玛		
	基准	策略: 仅多	策略: 多空	基准	策略: 仅多	策略: 多空	基准	策略: 仅多	策略: 多空	基准	策略: 仅多	策略: 多空	基准	策略: 仅多	策略: 多空
全部	0.0	2.3	4.6	2.8	1.6	2.0	8.6	1.2	1.1	0.0	1.4	2.2	0.0	1.9	4.1
2016	-1.6	1.3	4.3	2.3	0.9	1.9	2.5	0.0	0.5	-0.7	1.5	2.2	-0.7	35.3	9.5
2017	-6.0	0.0	6.0	2.8	0.1	2.7	6.0	0.0	0.5	-2.1	0.4	2.3	-1.0	0.8	11.6
2018	5.7	6.0	6.3	2.2	2.1	2.0	1.0	1.0	1.0	2.6	2.9	3.1	5.6	6.0	6.3
2019	0.4	2.1	3.8	2.6	1.5	2.3	2.1	1.0	1.0	0.2	1.4	1.6	0.2	2.2	3.8
2020	-0.8	2.7	6.2	3.4	2.6	2.8	5.1	1.4	1.4	-0.2	1.0	2.2	-0.2	2.0	4.6
2021	2.7	3.0	3.3	2.3	2.1	2.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.4	1.5	2.8	3.1	3.5
2022	0.7	0.7	0.7	1.5	1.5	1.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0

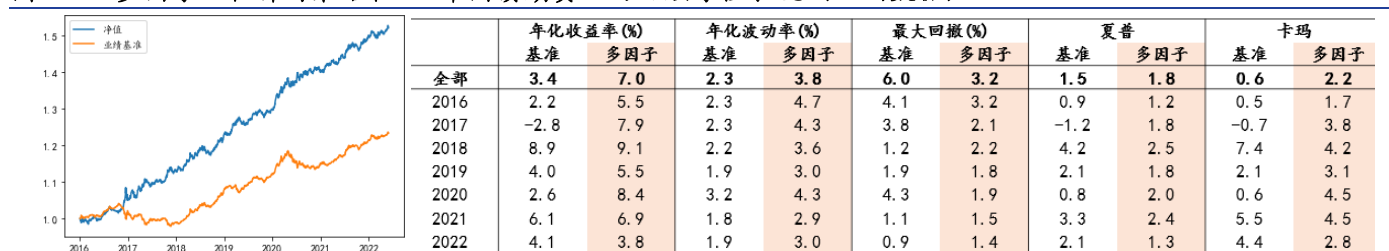
数据来源: Wind、银河期货金融市场总部

同样地，我们用 10 年国债期货合约代替 10 年国债净价指数来回测，回测规则与前文相同。

“2%期货+98%现金”替代组合的回测效果如下：

“期货+现金”组合在收益和风险上均优于基准。具体地，年化收益率 7%，高于基准 3.6%；最大回撤 3.2%，较基准改善 2.8%；夏普 1.8，略高于基准的 1.5；卡玛 2.2，高于基准的 0.6。（具体见图 14）

图 14：多因子加权择时策略在 10 年国债期货上的日频净值表现（回测数据）



数据来源：Wind、银河期货金融市场总部

4. 未来研究方向

- 1、继续扩充和优化利率指标体系，并尝试叠加技术指标。
- 2、在月频策略的基础上叠加日频策略，提高交易频率，提高净值表现。

附录：HMM 模型简介

HMM 的基本要素如下，一般情况下模型参数可简记为 $\lambda = (A, B, \pi)$ 。

T : 观测序列的长度

$Q = \{q_0, q_1, \dots, q_{N-1}\}$: 隐状态集合

$V = \{0, 1, \dots, M-1\}$: 观测状态集合

A : 状态转移概率矩阵

B : 观测状态概率矩阵

π : 初始状态概率分布

$O = \{o_0, o_1, \dots, o_{T-1}\}$: 观测序列

HMM 的 2 个重要假设为：

- 1、齐次马尔科夫链假设：任意时刻的隐藏状态只依赖于它前一个隐藏状态。如果在时刻 t 的隐状态 $x_t = q_i$ ，在 $t+1$ 时刻的隐状态 $x_{t+1} = q_j$ ，则从时刻 t 到时刻 $t+1$ 的状态转移概率 $a_{ij} = P(x_{t+1} = q_j | x_t = q_i)$ ，于是 a_{ij} 可以组成马尔科夫链的状态转移矩阵 $A = [a_{ij}]_{N \times N}$
- 2、观测独立性假设：任意时刻的观察状态仅依赖于当前时刻的隐藏状态。如果在时刻 t 的隐藏状态是 $x_t = q_j$ ，而对应的观察状态为 $o_t = v_k$ ，则该时刻观察状态 v_k 在隐状态 q_j 下生成的概率 $b_j(k) = P(o_t = v_k | x_t = q_j)$ ，于是 $b_j(k)$ 可以组成观测状态生成的概率矩阵 $B = [b_j(k)]_{N \times M}$

于是，**HMM 可以解决的三个基本问题**为：

- 1、评估观测序列概率。给定模型参数 $\lambda = (A, B, \pi)$ 和观测序列 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_T\}$ ，计算在模型 λ 下观测序列 O 出现的概率 $P(O|\lambda)$
- 2、预测问题。给定模型参数 $\lambda = (A, B, \pi)$ 和观测序列 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_T\}$ ，求给定观测序列条件下，最可能出现的对应的隐状态序列；
- 3、模型参数学习问题。给定观测序列 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_T\}$ ， N 和 M ，估计能使 O 的概率最大化的模型参数 $\lambda = (A, B, \pi)$ ，即训练模型。

作者承诺

本人具有中国期货业协会授予的期货从业资格证书，本人承诺以勤勉的职业态度，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

本报告由银河期货有限公司（以下简称银河期货，投资咨询业务许可证号 30220000）向其机构或个人客户（以下简称客户）提供，无意针对或打算违反任何地区、国家、城市或其它法律管辖区域内的法律法规。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河期货。未经银河期货事先书面授权许可，任何机构或个人不得更改或以任何方式发送、传播或复印本报告。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资建议。银河期货认为本报告所载内容及观点客观公正，但不担保其内容的准确性或完整性。客户不应单纯依靠本报告而取代个人的独立判断。本报告所载内容反映的是银河期货在最初发表本报告日期当日的判断，银河期货可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河期货没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河期货不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

银河期货不需要采取任何行动以确保本报告涉及的内容适合于客户。银河期货建议客户独自进行投资判断。本报告并不构成投资、法律、会计或税务建议或担保任何内容适合客户，本报告不构成给予客户个人咨询建议。

银河期货版权所有并保留一切权利。

联系方式

银河期货有限公司 金融市场总部

北京：北京市朝阳区朝外大街 16 号中国人寿大厦 11 层

上海：上海市虹口区东大名路 501 号白玉兰广场 28 层

网址：www.yhqh.com.cn

邮箱：yqhjrscb@chinastock.com.cn

电话：400-886-7799