

法律声明

本课件包括：演示文稿，示例，代码，题库，视频和声音等，小象学院拥有完全知识产权的权利；只限于善意学习者在本课程使用，不得在课程范围外向任何第三方散播。任何其他人或机构不得盗版、复制、仿造其中的创意，我们将保留一切通过法律手段追究违反者的权利。



加班主任入群

《进阶！ 量化交易实战：迭代式的量化策略研发》第5期

第9课： 套利策略的设计与开发 主 讲： 宋战江

内容介绍



套利策略原理及常见套利类型

用MC开发一个跨品种配对交易策略

用MC开发一个跨期配对交易策略

统计套利之股票配对交易策略

寻找相对确定性的盈利机会

配对交易策略原理

几个名词

□ 套利交易 (arbitrage) - 策略

■ 无风险套利 (risk-free arbitrage)

□ 相同标的：现货-期货-期权

■ 配对交易 (pair trading)

□ 基本面相关，关联资产

■ 统计套利 (statistical arbitrage)

□ 统计相关性，资产组合

□ 对冲/套期保值 (hedge) - 手段

■ 反向交易，规避单边持仓风险

■ 期现、跨期、跨品种、跨市场

□ 市场中性 (消除beta) vs. Alpha (绝对收益)

金融工程模型举例

□ 股票、ETF

- Alpha、股票对冲、期现套利、...

□ 期货、债券

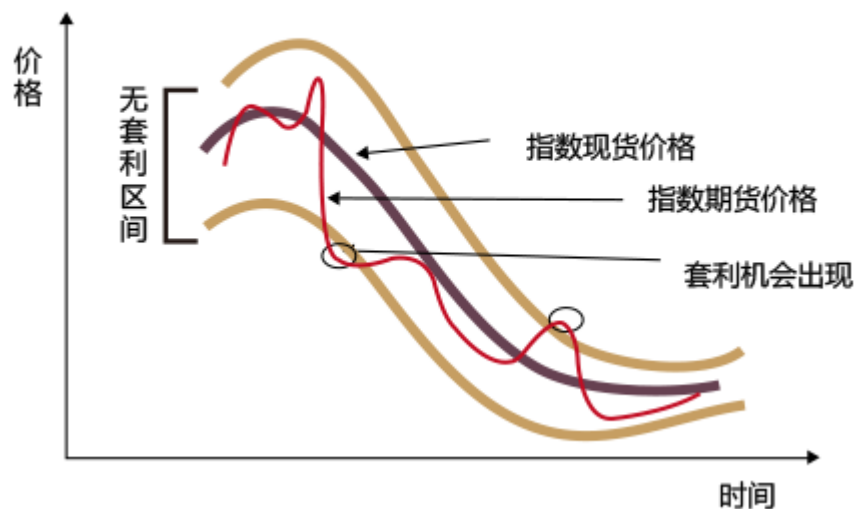
- CTA趋势、均值回复、统计套利、事件驱动、日内波段、...

□ 期权策略

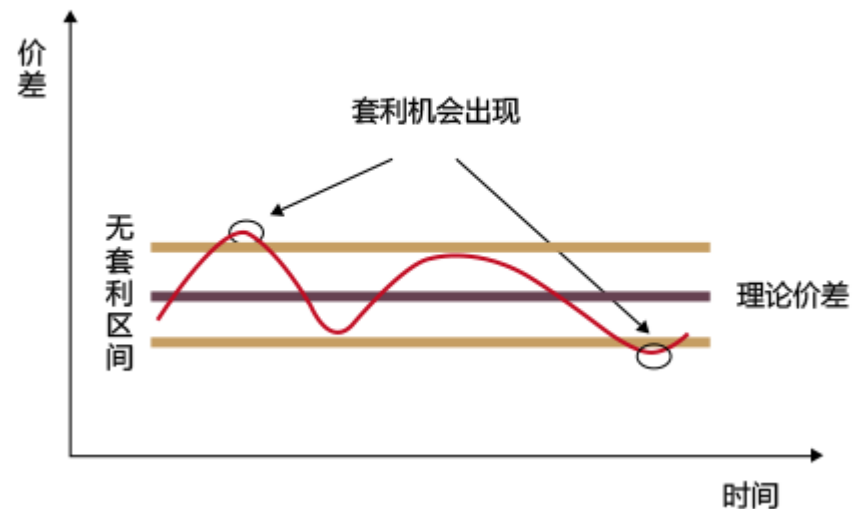
- Delta中性、+Gamma/+Theta、隐含波动率、...

套利原理示意图

期现套利原理示意图



跨期套利原理示意图



商品套利（配对）交易策略原理

- 配对交易是对冲交易重要的策略类型之一
- 利用基本面分析和量化方法寻找同一产业链或板块中商品品种间价格波动相关规律
 - 做多一个品种的同时
 - 做空另外一个配对品种
 - 期望获得相对稳定的价差波动收益
- 策略一般选择品种间联动性较强的板块
 - 例如，黑色、化工、基本金属和油粕板块
 - 精选板块中多个品种作为样本池

商品板块与产业链



大豆玉米油脂糖棉

大豆压榨油厂、油脂进出口及销售企业、饲料企业、养殖企业



能源化工橡胶

塑料、PP、PTA及PVC生产，销售和采购企业



基本金属

铜铝锌铅矿产企业及进出口贸易企业、基本金属零部件采购企业



钢材焦炭焦煤

钢厂、贸易商、房地产商或建筑企业、焦煤焦炭进口生产销售加工企业



金银

矿产企业、贵金属加工销售企业、贵金属投资企业

商品市场品种间相关性

	RB	HC	J	JM	I	V	L	PP	TA	CU	AL	ZN	PB	M	RM	Y	P	OI
RB	1.00	0.93	0.67	0.64	0.74	0.64	0.55	0.51	0.60	0.60	0.46	0.49	0.54	0.28	0.40	0.43	0.37	0.39
HC	0.93	1.00	0.66	0.60	0.73	0.62	0.52	0.49	0.58	0.54	0.42	0.47	0.48	0.29	0.37	0.43	0.39	0.39
J	0.67	0.66	1.00	0.80	0.59	0.57	0.48	0.45	0.43	0.44	0.36	0.38	0.38	0.24	0.35	0.39	0.33	0.33
JM	0.64	0.60	0.80	1.00	0.60	0.52	0.50	0.50	0.45	0.53	0.40	0.36	0.36	0.15	0.24	0.40	0.36	0.35
I	0.74	0.73	0.59	0.60	1.00	0.55	0.58	0.49	0.65	0.60	0.43	0.51	0.50	0.17	0.23	0.41	0.35	0.36
V	0.64	0.62	0.57	0.52	0.55	1.00	0.73	0.67	0.55	0.56	0.36	0.52	0.53	0.42	0.44	0.48	0.41	0.47
L	0.55	0.52	0.48	0.50	0.58	0.73	1.00	0.84	0.61	0.58	0.31	0.48	0.49	0.39	0.42	0.47	0.43	0.44
PP	0.51	0.49	0.45	0.50	0.49	0.67	0.84	1.00	0.58	0.61	0.33	0.46	0.46	0.44	0.45	0.45	0.43	0.46
TA	0.60	0.58	0.43	0.45	0.65	0.55	0.61	0.58	1.00	0.50	0.33	0.47	0.46	0.29	0.38	0.53	0.47	0.53
CU	0.60	0.54	0.44	0.53	0.60	0.56	0.58	0.61	0.50	1.00	0.57	0.65	0.67	0.37	0.38	0.41	0.37	0.37
AL	0.46	0.42	0.36	0.40	0.43	0.36	0.31	0.33	0.33	0.57	1.00	0.59	0.51	0.27	0.33	0.34	0.33	0.29
ZN	0.49	0.47	0.38	0.36	0.51	0.52	0.48	0.46	0.47	0.65	0.59	1.00	0.77	0.34	0.43	0.46	0.42	0.46
PB	0.54	0.48	0.38	0.36	0.50	0.53	0.49	0.46	0.46	0.67	0.51	0.77	1.00	0.42	0.48	0.37	0.31	0.39
M	0.28	0.29	0.24	0.15	0.17	0.42	0.39	0.44	0.29	0.37	0.27	0.34	0.42	1.00	0.86	0.57	0.52	0.57
RM	0.40	0.37	0.35	0.24	0.23	0.44	0.42	0.45	0.38	0.38	0.33	0.43	0.48	0.86	1.00	0.58	0.51	0.56
Y	0.43	0.43	0.39	0.40	0.41	0.48	0.47	0.45	0.53	0.41	0.34	0.46	0.37	0.57	0.58	1.00	0.90	0.92
P	0.37	0.39	0.33	0.36	0.35	0.41	0.43	0.43	0.47	0.37	0.33	0.42	0.31	0.52	0.51	0.90	1.00	0.85
OI	0.39	0.39	0.33	0.35	0.36	0.47	0.44	0.46	0.53	0.37	0.29	0.46	0.39	0.57	0.56	0.92	0.85	1.00

资料来源：Wind资讯，申万期货研究所

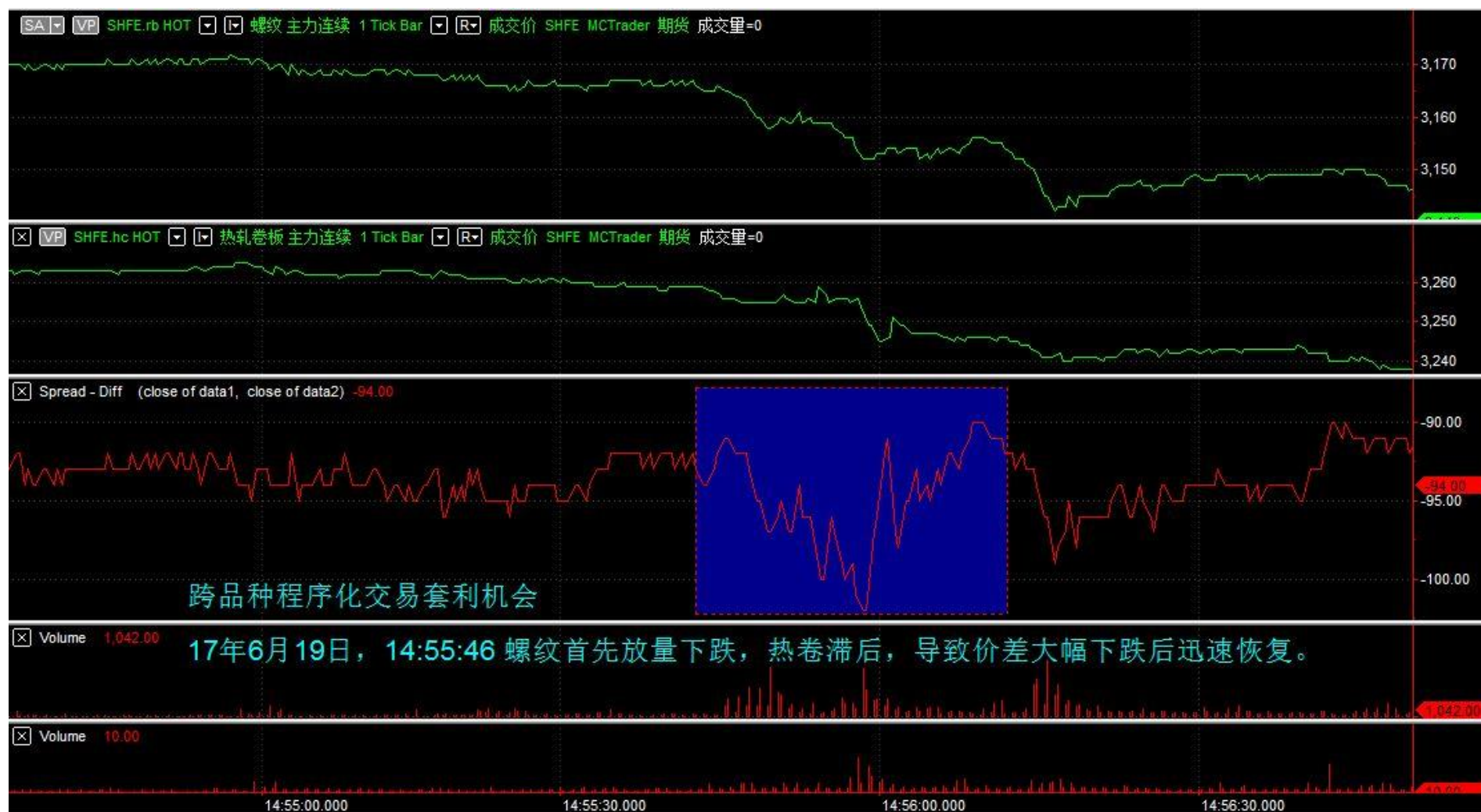
同一产业链上的相关品种：螺纹钢 VS. 热卷板

用MC开发一个跨品种配对交易策略

螺纹钢 vs. 热卷板

- 螺纹钢和热卷品种都是钢材，相关性很大
 - 相同的原材料、相似的前期加工流程
 - 用途不同；后期加工流程不同造成成本差异
- 由于两个品种价格变化时间有差异
 - 当螺纹钢先下跌后，做多螺纹钢，做空热卷
 - 当热卷也跟随下跌后获利平仓
- 下图中第三行副图为螺纹钢减热卷价差
 - 方框中发现有价差大规模下跌则做多价差
 - 价差恢复后获利平仓

跨品种价差 vs. 交易时机



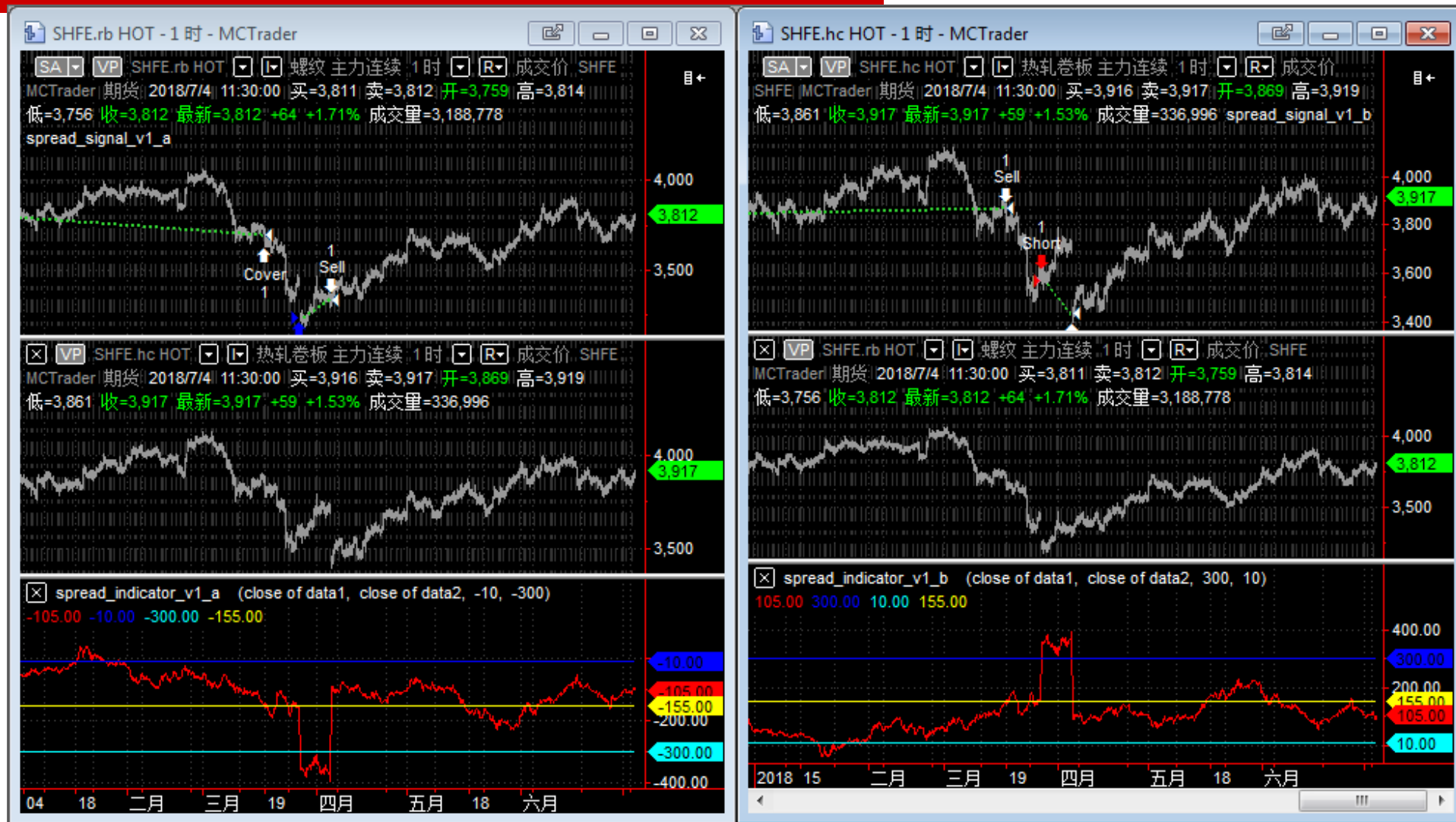
环境准备（1）

- ❑ 运行并登录MC，新建工作区
- ❑ 新建图表窗口，选择期货品种SHFE.rb HOT（螺纹主力，主图），插入商品，选择期货品种SHFE.hc HOT（热卷主力，子图）
- ❑ 分别设置商品，数据范围均从2016/1/1开始
- ❑ 切换到1小时K线，数据自动回补完成
- ❑ 同一工作区，新建图表，相反的顺序添加这两个商品，同样时段，同样周期
- ❑ 加载内置价差指标：spread-diff / spread-ratio

观察价差规律



价差方案v1-简单的上下边界阈值





```
// spread_indicator_v1_a
Inputs: data_series1(Close of data1), data_series2(Close of data2),
        upper_threshold(-10), lower_threshold(-300);
```

```
Variables: diff(0), slo(0);
```

```
diff = data_series1 - data_series2;
slo = lower_threshold + (upper_threshold-lower_threshold)/2;
```

```
Plot1(diff, "spread_diff");
Plot2(upper_threshold, "upper_th");
Plot3(lower_threshold, "lower_th");
Plot4(slo, "slo_th");
```

```
// spread_indicator_v1_b
Inputs: data_series1(Close of data1), data_series2(Close of data2),
        upper_threshold(300), lower_threshold(10);
```

```
Variables: diff(0), slo(0);
```

```
diff = data_series1 - data_series2;
slo = lower_threshold + (upper_threshold-lower_threshold)/2;
```

```
Plot1(diff, "spread_diff");
Plot2(upper_threshold, "upper_th");
Plot3(lower_threshold, "lower_th");
Plot4(slo, "slo_th");
```

```
// spread_signal_v1_a
Inputs: data_series1(Close of data1),
        data_series2(Close of data2),
        upper_threshold(-10),
        lower_threshold(-300);

Variables: diff(0), slo(0);

diff = data_series1 - data_series2;
slo = lower_threshold +
      (upper_threshold-lower_threshold)/2;

if marketposition = 0 then begin
    if diff > upper_threshold then
        sellshort next bar at market;
    if diff < lower_threshold then
        buy next bar at market;
end;

if marketposition = 1 then begin
    if diff cross over slo then
        sell next bar at market;
end;

if marketposition = -1 then begin
    if diff cross under slo then
        buytocover next bar at market;
end;
```

```
// spread_signal_v1_b
Inputs: data_series1(Close of data1),
        data_series2(Close of data2),
        upper_threshold(300),
        lower_threshold(10);

Variables: diff(0), slo(0);

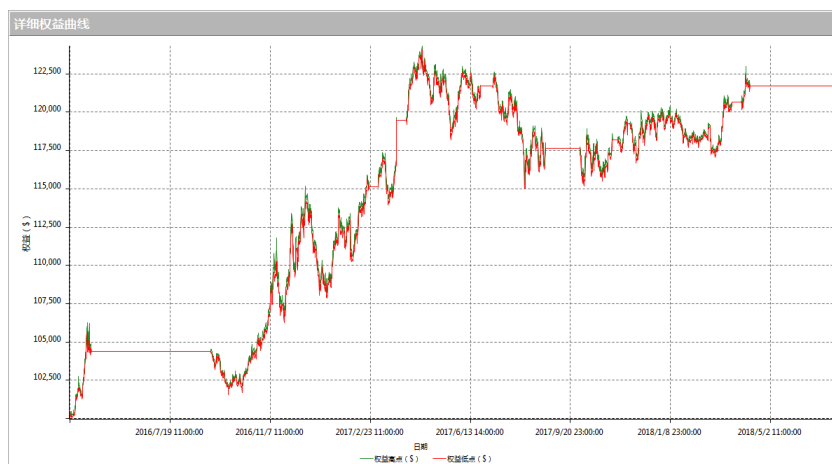
diff = data_series1 - data_series2;
slo = lower_threshold +
      (upper_threshold-lower_threshold)/2;

if marketposition = 0 then begin
    if diff > upper_threshold then
        sellshort next bar at market;
    if diff < lower_threshold then
        buy next bar at market;
end;

if marketposition = 1 then begin
    if diff cross over slo then
        sell next bar at market;
end;

if marketposition = -1 then begin
    if diff cross under slo then
        buytocover next bar at market;
end;
```

单品种回测 (v1)



总体交易分析

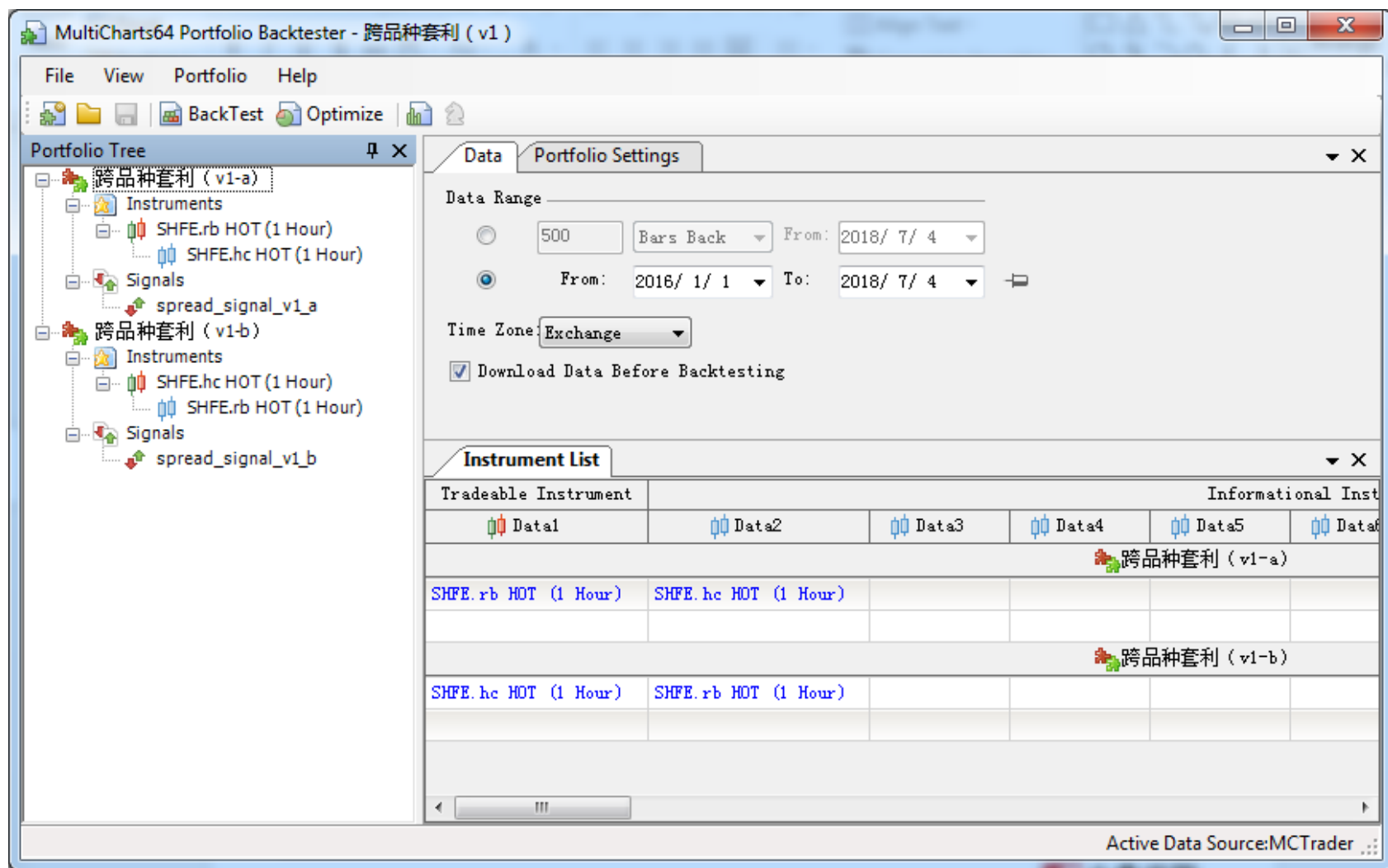
	所有交易	多头交易	空头交易
交易总数量	9	5	4
未平仓交易总数量	0	0	0
盈利交易次数	8	5	3
亏损交易次数	1	0	1
胜率	88.89%	100%	75%
单笔净利	\$2411.11	\$3552	\$985
平均盈利额	\$3216.25	\$3552	\$2656.67
平均亏损额	(\$4030)	N/A	(\$4030)
平均盈利/平均亏损	(.8)	N/A	(.66)
单笔最大盈利交易	\$10740	\$10740	\$4340
单笔最大亏损交易	(\$4030)	N/A	(\$4030)
交易的平均持仓K线根数	266.4	231.4	310.3
盈利交易的平均持仓K线根数	266.5	231.4	325
亏损交易的平均持仓K线根数	266	N/A	266
平均空仓K线根数	N/A	N/A	N/A
两笔盈利交易之间的平均空仓K线根数	261.8	613.8	1083.7
两笔亏损交易之间的平均空仓K线根数	3960	N/A	3960

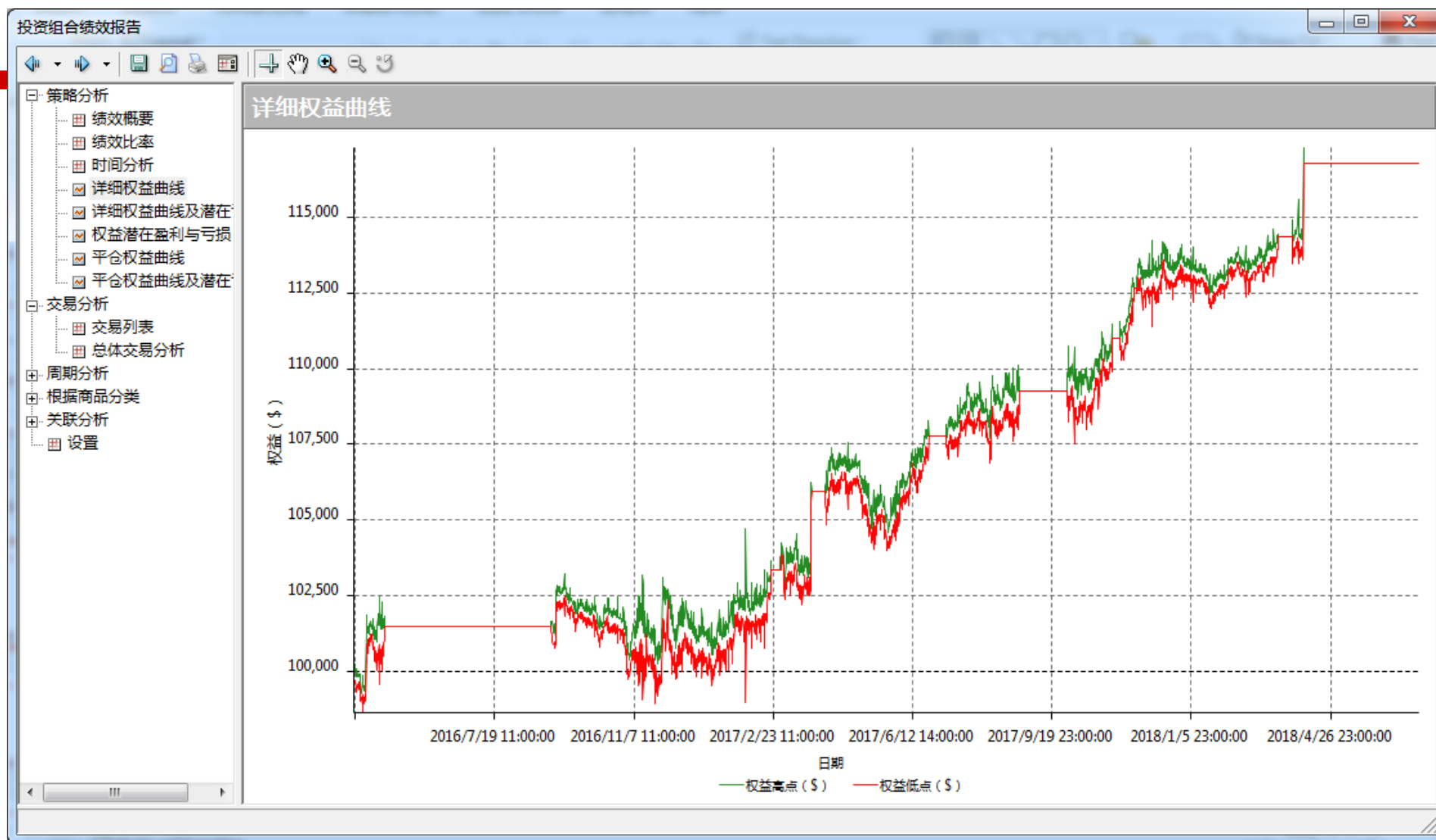


总体交易分析

	所有交易	多头交易	空头交易
交易总数量	9	4	5
未平仓交易总数量	0	0	0
盈利交易次数	5	2	3
亏损交易次数	4	2	2
胜率	55.56%	50%	60%
单笔净利	(\$547.78)	\$922.5	(\$1724)
平均盈利额	\$1794	\$2900	\$1056.67
平均亏损额	(\$3475)	(\$1055)	(\$5895)
平均盈利/平均亏损	(.52)	2.75	(.18)
单笔最大盈利交易	\$5510	\$5510	\$1360
单笔最大亏损交易	(\$8860)	(\$1760)	(\$8860)
交易的平均持仓K线根数	268.8	315.5	231.4
盈利交易的平均持仓K线根数	206.6	388	85.7
亏损交易的平均持仓K线根数	346.5	243	450
平均空仓K线根数	N/A	N/A	N/A
两笔盈利交易之间的平均空仓K线根数	640	1728.5	1325.3
两笔亏损交易之间的平均空仓K线根数	711.8	1873.5	1666.5

组合回测 (v1)





绩效概要			
	所有交易	多头交易	空头交易
净利	\$16770	\$21450	(\$4680)
毛利	\$34700	\$23560	\$11140
毛损	(\$17930)	(\$2110)	(\$15820)
账户资金额度需求	\$17930	\$2110	\$15820
账户资金收益比	93.53%	1016.59%	(29.58%)
初始资金收益	16.77%	21.45%	(4.68%)
盈利因子	1.94	11.17	(.7)
已付滑价	\$0	\$0	\$0
已付手续费	\$0	\$0	\$0
未平仓盈利/亏损	\$0	\$0	\$0
投资组合最大回撤	(\$4310)		
投资组合最大回撤 (%)	(4.17%)		
投资组合最大平仓交易回撤	\$0		
最大投资组合平仓交易潜在亏损 (%)	0%		
投资组合最大回撤的收益	3.89		

总体交易分析			
	所有交易	多头交易	空头交易
交易总数量	18	9	9
未平仓交易总数量	0	0	0
盈利交易次数	13	7	6
亏损交易次数	5	2	3
胜率	72.22%	77.78%	66.67%
单笔净利	\$931.67	\$2383.33	(\$520)
平均盈利额	\$2669.23	\$3365.71	\$1856.67
平均亏损额	(\$3586)	(\$1055)	(\$5273.33)
平均盈利/平均亏损	(.74)	3.19	(.35)

价差方案v2-布林带通道突破回归



```
// spread_indicator_v2_same
```

Inputs:

```
data_series1(Close of data1), data_series2(Close of data2),  
Length(20), NumDevs(2);
```

Variables:

```
diff(0), boll_mid(0), boll_upr(0), boll_lwr(0);
```

```
diff = data_series1 - data_series2;
```

```
boll_mid = AverageFC(diff, Length);
```

```
value1 = StandardDev(diff, Length, 1);
```

```
boll_upr = boll_mid + NumDevs * value1;
```

```
boll_lwr = boll_mid - NumDevs * value1;
```

```
Plot1(diff, "spread_diff");
```

```
Plot2(boll_mid, "boll_mid");
```

```
Plot3(boll_upr, "boll_upr");
```

```
Plot4(boll_lwr, "boll_lwr");
```

```
// spread_signal_v2_same (first version)
Inputs: data_series1(Close of data1), data_series2(Close of data2),
        Length(20), NumDevs(2);

Variables: diff(0), boll_mid(0), boll_upr(0), boll_lwr(0);

diff = data_series1 - data_series2;

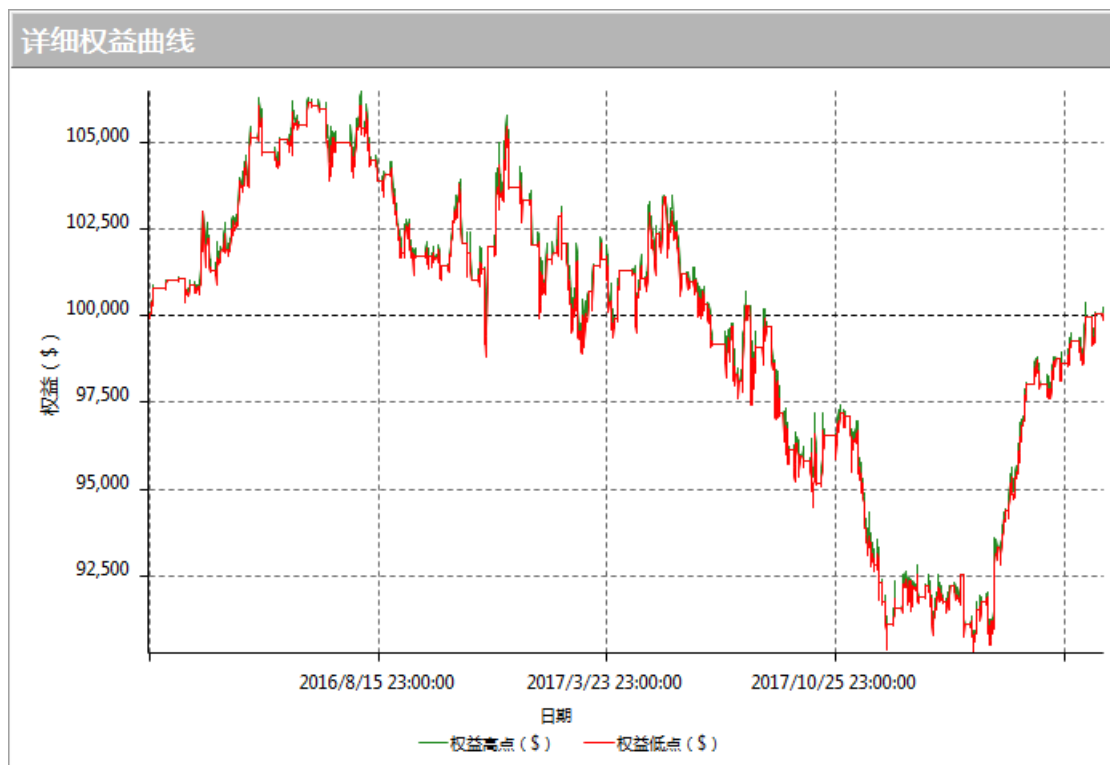
boll_mid = AverageFC(diff, Length);
value1 = StandardDev(diff, Length, 1);
boll_upr = boll_mid + NumDevs * value1;
boll_lwr = boll_mid - NumDevs * value1;

if marketposition = 0 then begin
    if diff cross under boll_upr then sellshort next bar at market;
    if diff cross over boll_lwr then buy next bar at market;
end;

if marketposition = 1 then
    if diff cross over boll_mid then sell next bar at market;

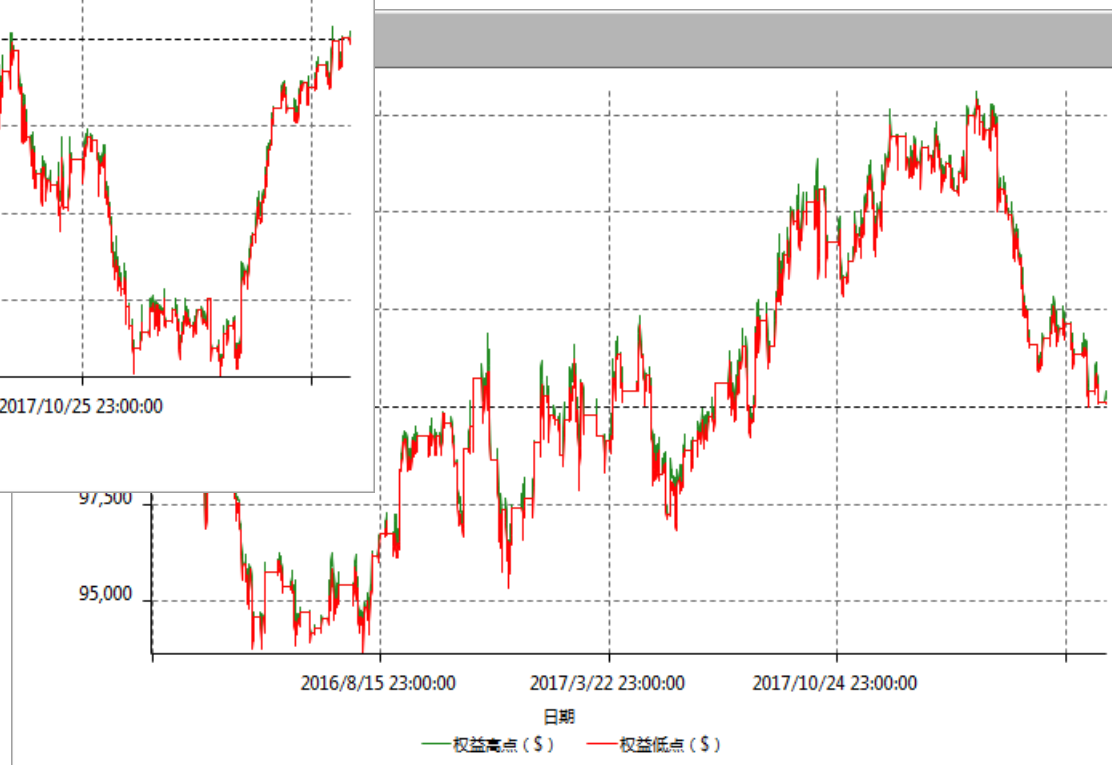
if marketposition = -1 then
    if diff cross under boll_mid then buytocover next bar at market;
```

单品种回测 (v2-first)

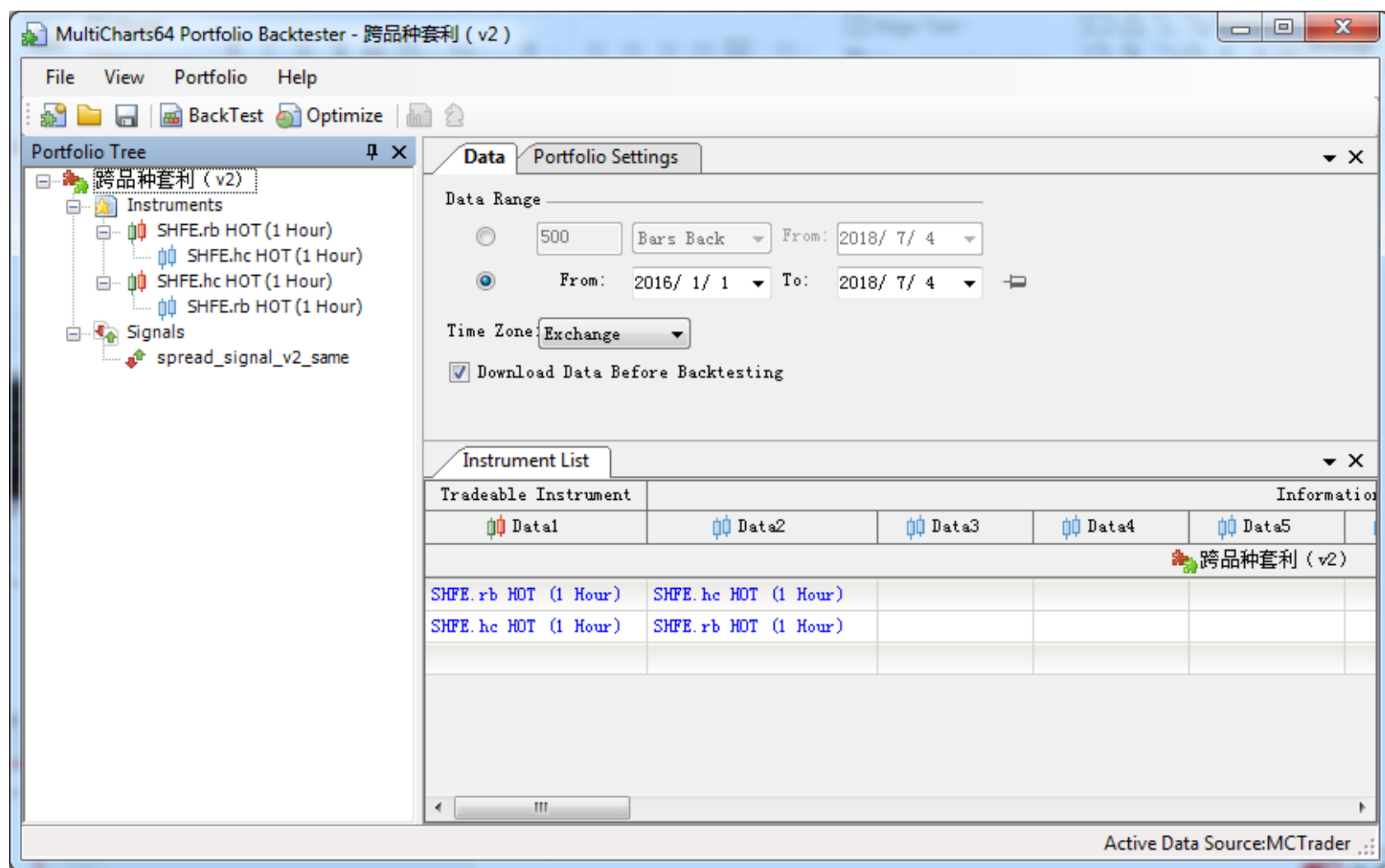


RB-HC

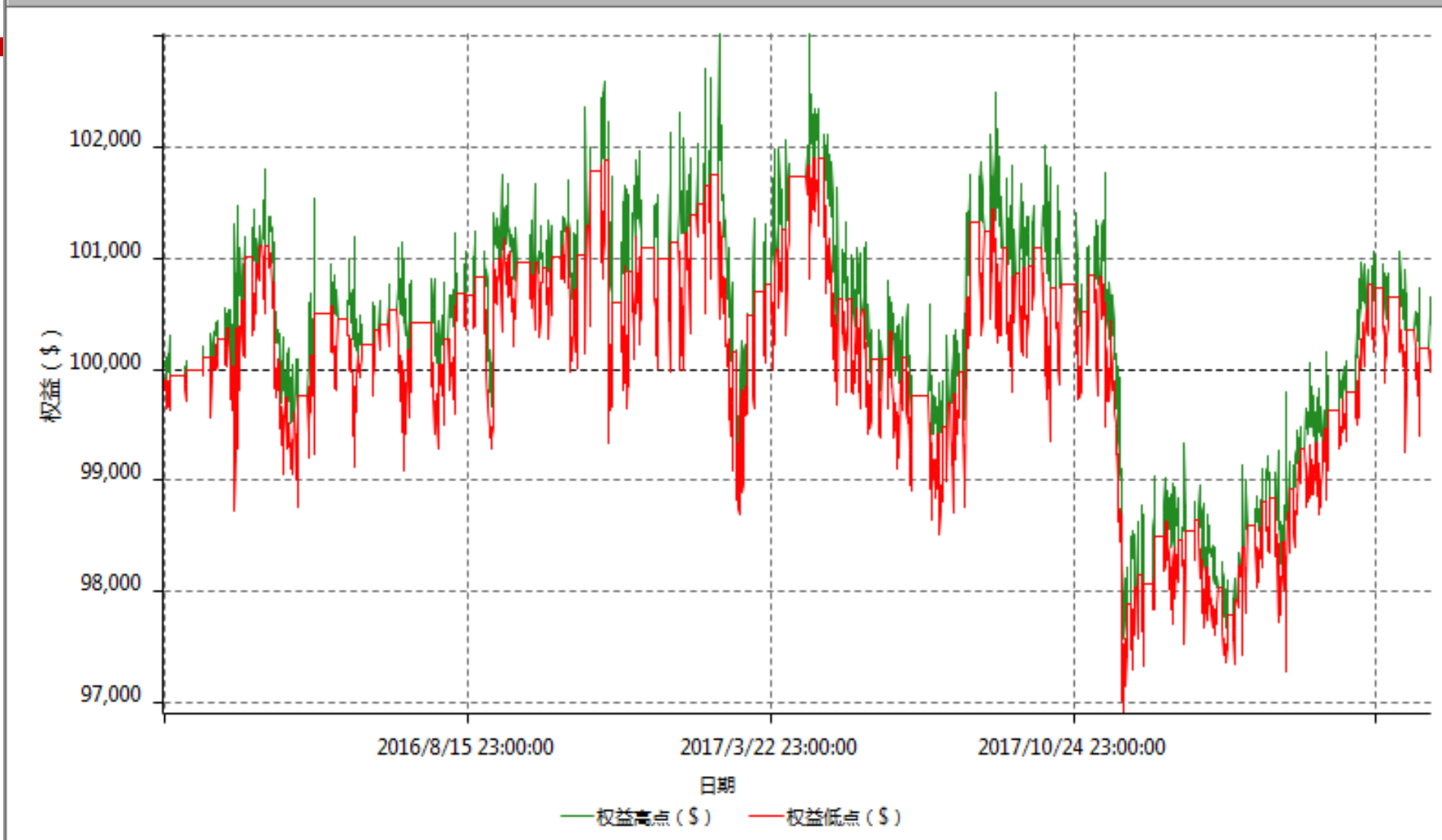
HC-RB



组合回测 (v2-first)



详细权益曲线



```
// spread_signal_v2_same (second version)
Inputs: data_series1(Close of data1), data_series2(Close of data2),
        Length(20), NumDevs(2);

Variables: diff(0), boll_mid(0), boll_upr(0), boll_lwr(0);

diff = data_series1 - data_series2;

boll_mid = AverageFC(diff, Length);
value1 = StandardDev(diff, Length, 1);
boll_upr = boll_mid + NumDevs * value1;
boll_lwr = boll_mid - NumDevs * value1;

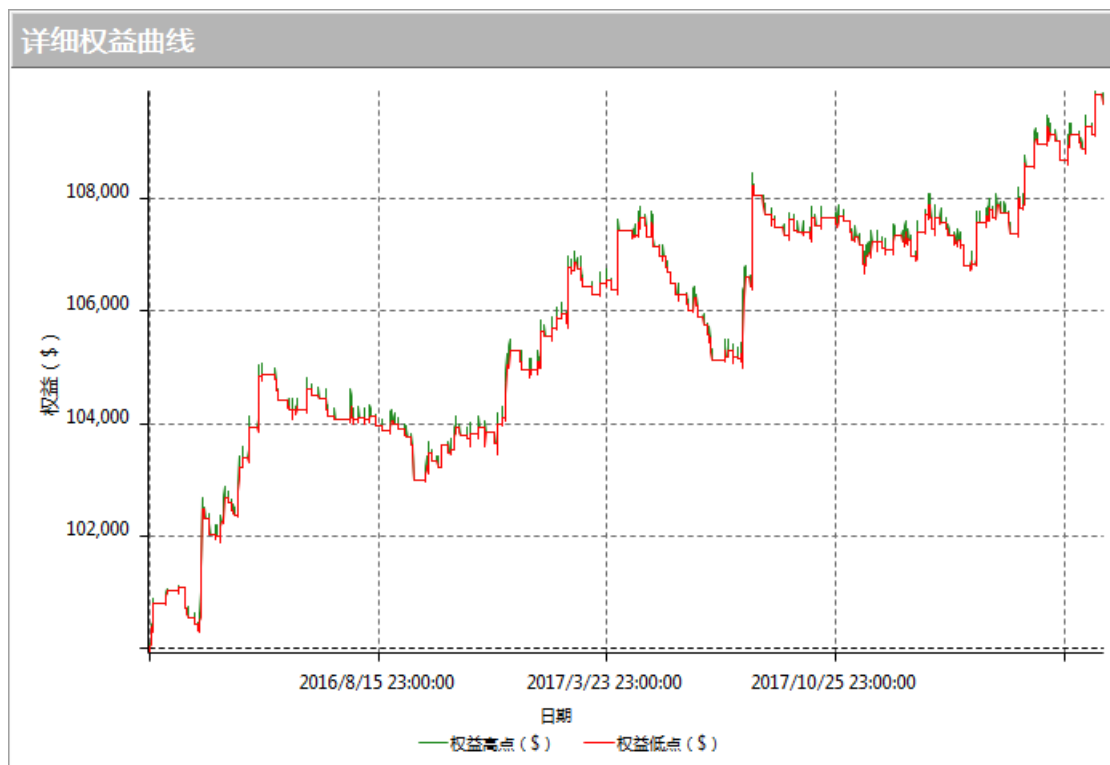
if marketposition = 0 then begin
    if diff cross under boll_upr then sellshort next bar at market;
    if diff cross over boll_lwr then buy next bar at market;
end;

if marketposition = 1 then
    if diff cross over boll_mid then sell next bar at market;

if marketposition = -1 then
    if diff cross under boll_mid then buytocover next bar at market;

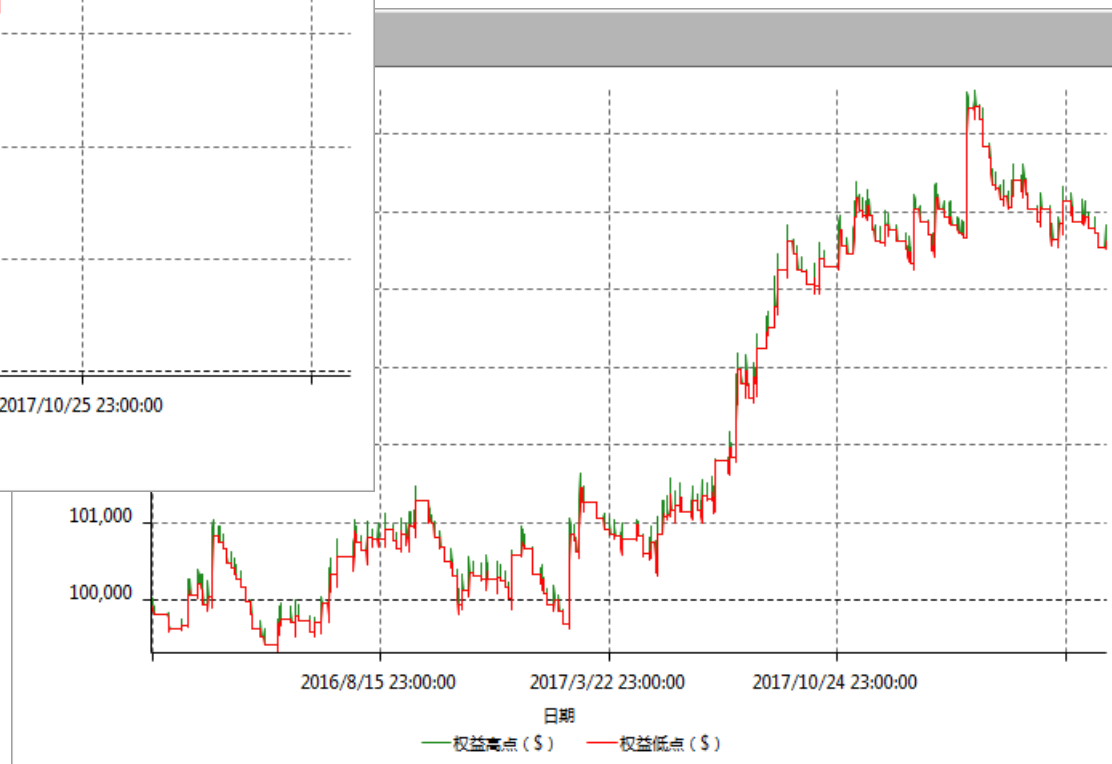
SetStopContract;
SetDollarTrailing(200);
```

单品种回测 (v2-second)

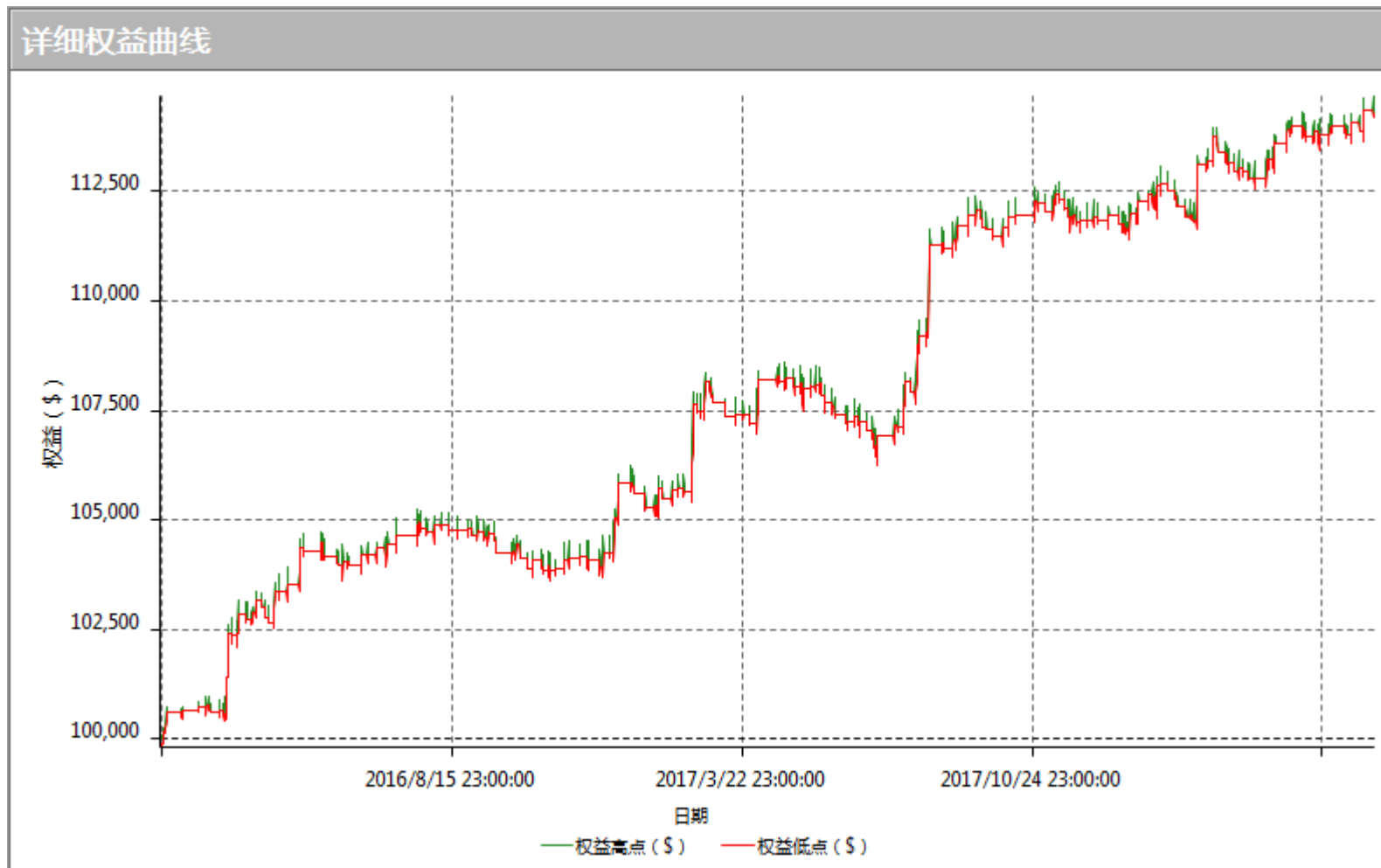


RB-HC

HC-RB



组合回测 (v2-second)



绩效概要

	所有交易	多头交易	空头交易
净利	\$14290	\$9950	\$4340
毛利	\$48870	\$26970	\$21900
毛损	(\$34580)	(\$17020)	(\$17560)
账户资金额度需求	\$4440	\$2690	\$3700
账户资金收益比	321.85%	369.89%	117.3%
初始资金收益	14.29%	9.95%	4.34%
盈利因子	1.41	1.58	1.25
已付滑价	\$0	\$0	\$0
已付手续费	\$0	\$0	\$0
未平仓盈利/亏损	\$0	\$0	\$0
投资组合最大回撤	(\$2330)		
投资组合最大回撤 (%)	(2.15%)		
投资组合最大平仓交易回撤	(\$2030)		
最大投资组合平仓交易潜在亏损 (%)	(1.87%)		
投资组合最大回撤的收益	6.13		

总体交易分析

	所有交易	多头交易	空头交易
交易总数量	462	228	234
未平仓交易总数量	0	0	0
盈利交易次数	179	91	88
亏损交易次数	274	134	140
胜率	38.74%	39.91%	37.61%
单笔净利	\$30.93	\$43.64	\$18.55
平均盈利额	\$273.02	\$296.37	\$248.86
平均亏损额	(\$126.2)	(\$127.01)	(\$125.43)
平均盈利/平均亏损	2.16	2.33	1.98

休息一下
5分钟后回来

主力合约切换日期不同步



解决方案

- 不用主力连续合约，而是用具体月份合约
- 用指数合约，并且提前手工映射具体合约

配对合约交易时段不同

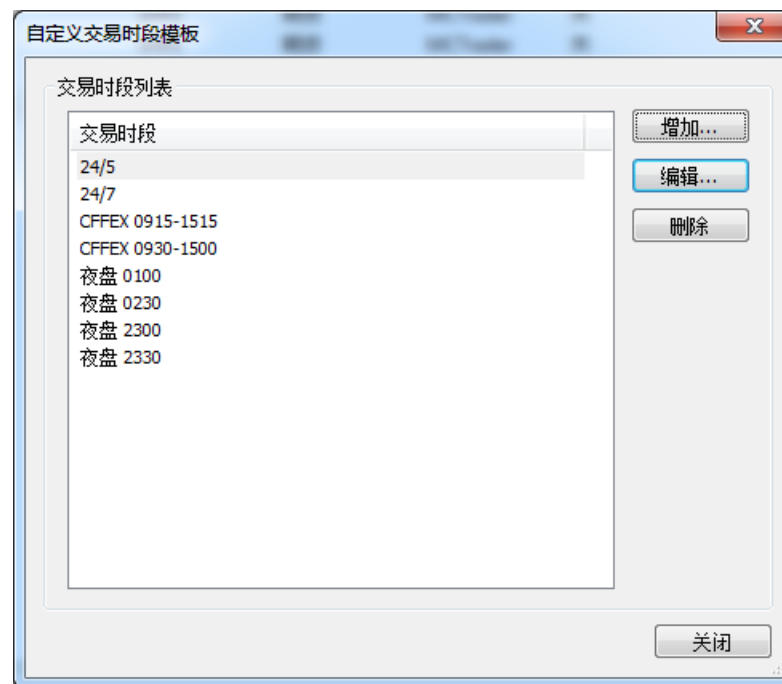


解决方案

□ 在报价管理器中自定义交易时段模板，然后在商品设置中修改交易时段：

□ 在代码中判断时间戳，只在相等部分下单：

```
If time = time of data2 then  
    {do something...}
```



捕捉近月和远月的异常价差：PTA

用MC开发一个跨期配对交易策略

PTA的跨期合约

- 不同到期日的期货合约价差在一个相对稳定的区间
 - 一旦价差出现大的波动就可以进场开仓
 - 等待价差回归后平仓止盈
 - 通过程序化交易捕捉这些转瞬即逝的套利机会
- 在下图中第三行副图的方块中价差瞬间下跌
 - 此时可进场做多
 - 价差恢复后平仓

跨期价差 vs. 交易时机 (PTA)



环境准备（2）

- ❑ 新建工作区，新建图表窗口
- ❑ 选择期货品种CZCE.ta HOT（PTA主力连续，主图），插入商品，选择期货品种CZCE.ta HOT2（PTA次热门月，子图）
- ❑ 分别设置商品，数据范围均从2018/1/1开始
- ❑ 切换到15分钟K线，数据自动回补完成
- ❑ 同一工作区，新建图表，相反的顺序添加这两个商品，同样时段，同样周期

价差方案v3-用乖离率衡量价差变动



```
// spread_indicator_v3_same
```

Inputs:

```
data_series1(Close of data1), data_series2(Close of data2),  
length1(20), thrust_th(12);
```

Variables:

```
diff(0), ma1(0), bias(0);
```

```
diff = data_series1 - data_series2;  
ma1 = AverageFC(diff, length1);  
bias = diff - ma1;
```

```
Plot1(diff, "spread_diff");  
Plot2(ma1, "ma_curve");  
Plot3(bias, "bias");  
Plot4(0, "zero_line");  
Plot5(thrust_th, "upper");  
Plot6(-thrust_th, "lower");
```

策略要点

□ 以乖离率的偏离程度作为入场条件

□ 以乖离率回归零轴作为价差恢复标志

□ 同方向（等间隔）最多允许两次加仓

策略属性

属性 自动交易 回测 警报

交易成本

手续费规则: No Commission 管理规则...

滑价: \$ 0 每笔交易 每股/每手

原始资金: \$ 100000 利率: 2 %

指标运算参考的最大Bars数量: 50

部位限制

☒ 最多允许 10 笔与目前仓位同向的进场委托单

☐ 当委托由不同的进场产生

☒ 无论委托是否由同一进场产生

单个商品的部位数量: 65000

委托数量 (未由信号指定的情况下)

☒ 固定股数/手数: 1

☐ 固定投资金额: 10000

无条件舍去: 1 股数/手数

最小投资股数/手数: 0

```
// spread_signal_v3_same
```

Inputs:

```
data_series1(Close of data1), data_series2(Close of data2),  
length1(20), thrust_th(12);
```

Variables:

```
diff(0), ma1(0), bias(0), add_pos_cnt(0);
```

```
diff = data_series1 - data_series2;
```

```
ma1 = AverageFC(diff, length1);
```

```
bias = diff - ma1;
```

```
// clear all positions, if applicable
```

```
if marketposition = 1 then begin
```

```
    if bias cross over 0 then sell next bar at market;
```

```
    add_pos_cnt = 0;
```

```
end;
```

```
if marketposition = -1 then begin
```

```
    if bias cross under 0 then buytocover next bar at market;
```

```
    add_pos_cnt = 0;
```

```
end;
```

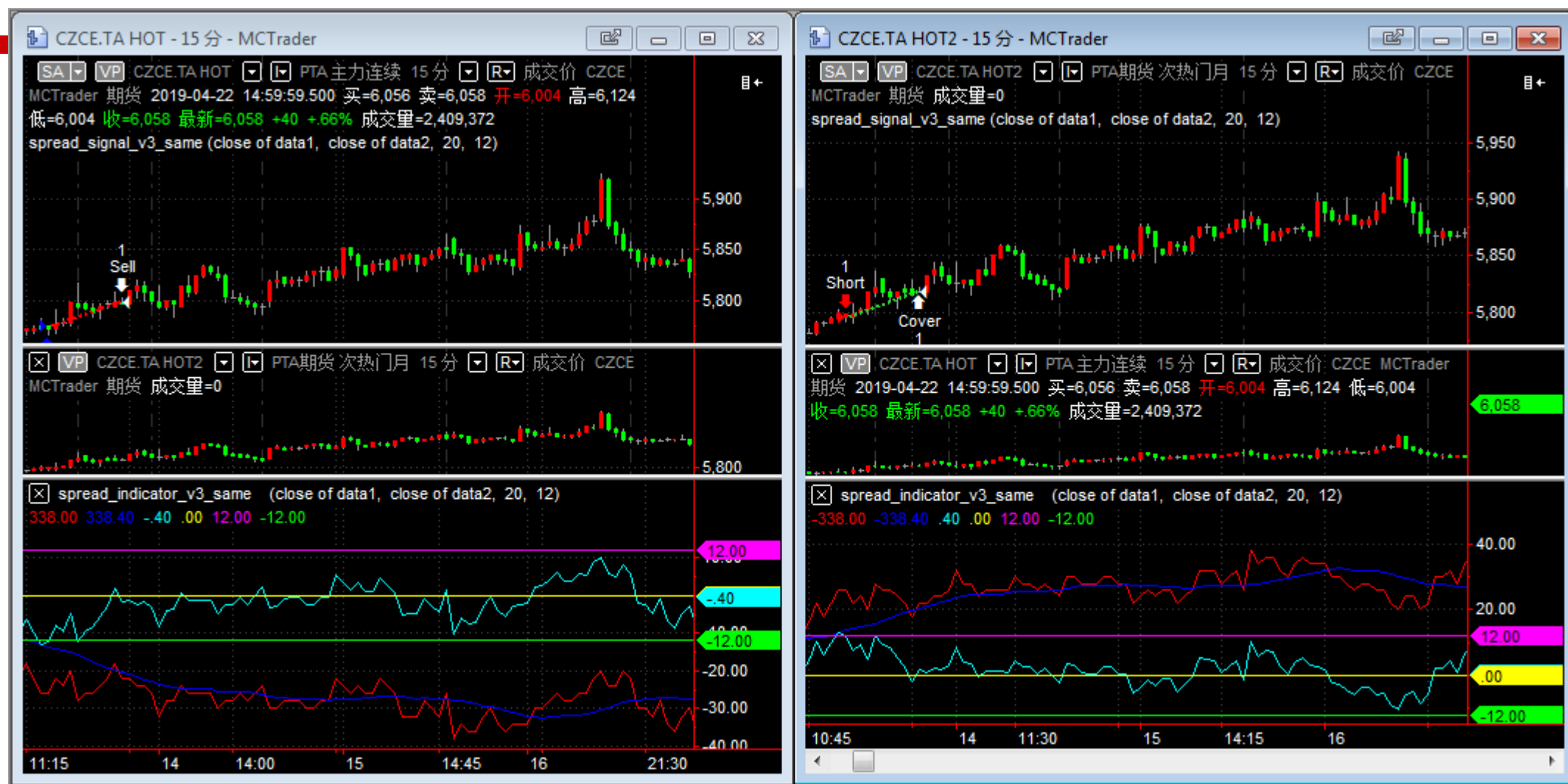
```
{continue in next page...}
```

```
// add long positions, if applicable
if add_pos_cnt = 0 and bias cross over thrust_th then begin
    sellshort next bar at market;
    add_pos_cnt += 1;
end;

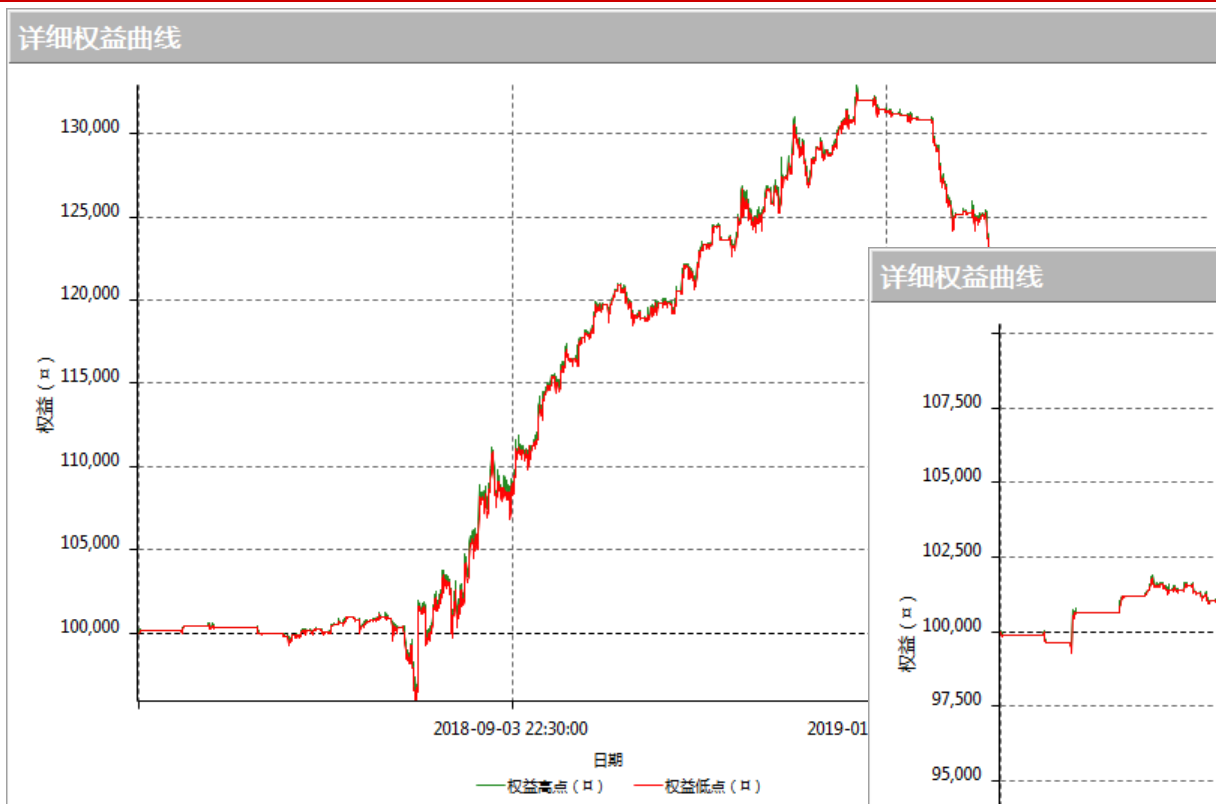
if add_pos_cnt = 1 and bias cross over 2*thrust_th then begin
    sellshort next bar at market;
    add_pos_cnt += 1;
end;

// add short positions, if applicable
if add_pos_cnt = 0 and bias cross under -thrust_th then begin
    buy next bar at market;
    add_pos_cnt += 1;
end;

if add_pos_cnt = 1 and bias cross under -2*thrust_th then begin
    buy next bar at market;
    add_pos_cnt += 1;
end;
```

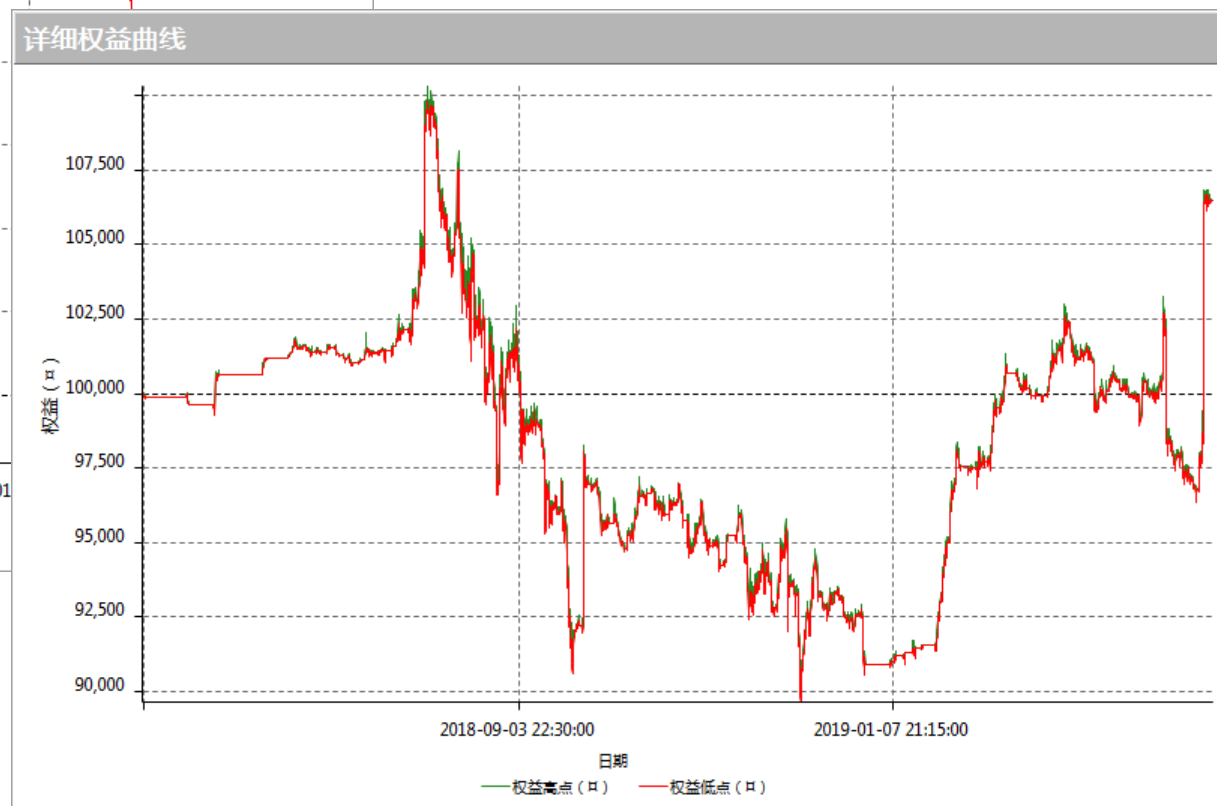


单品种回测 (v3)

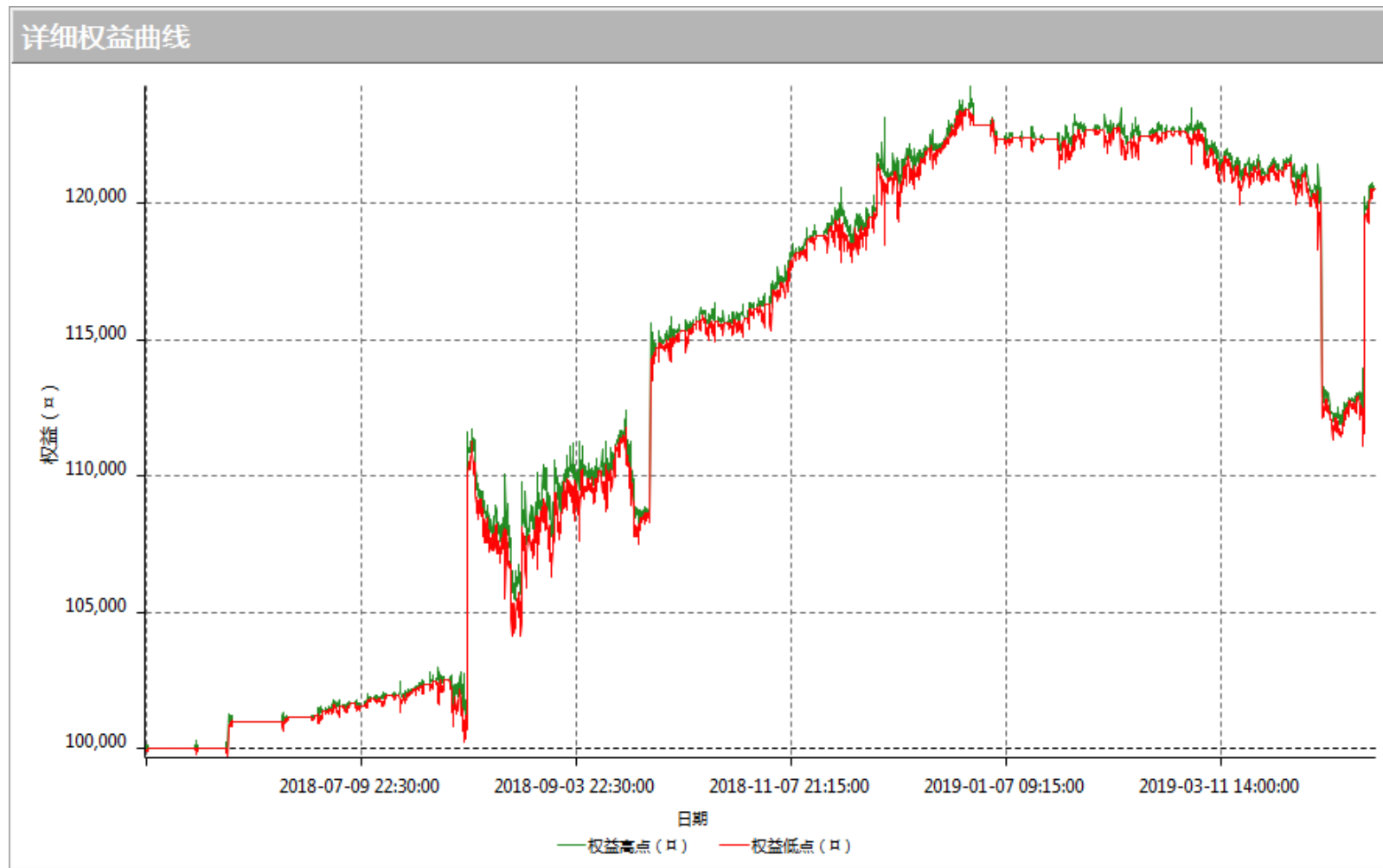


PTA HOT (vs. HOT2)

PTA HOT2 (vs HOT)



组合回测 (v3)



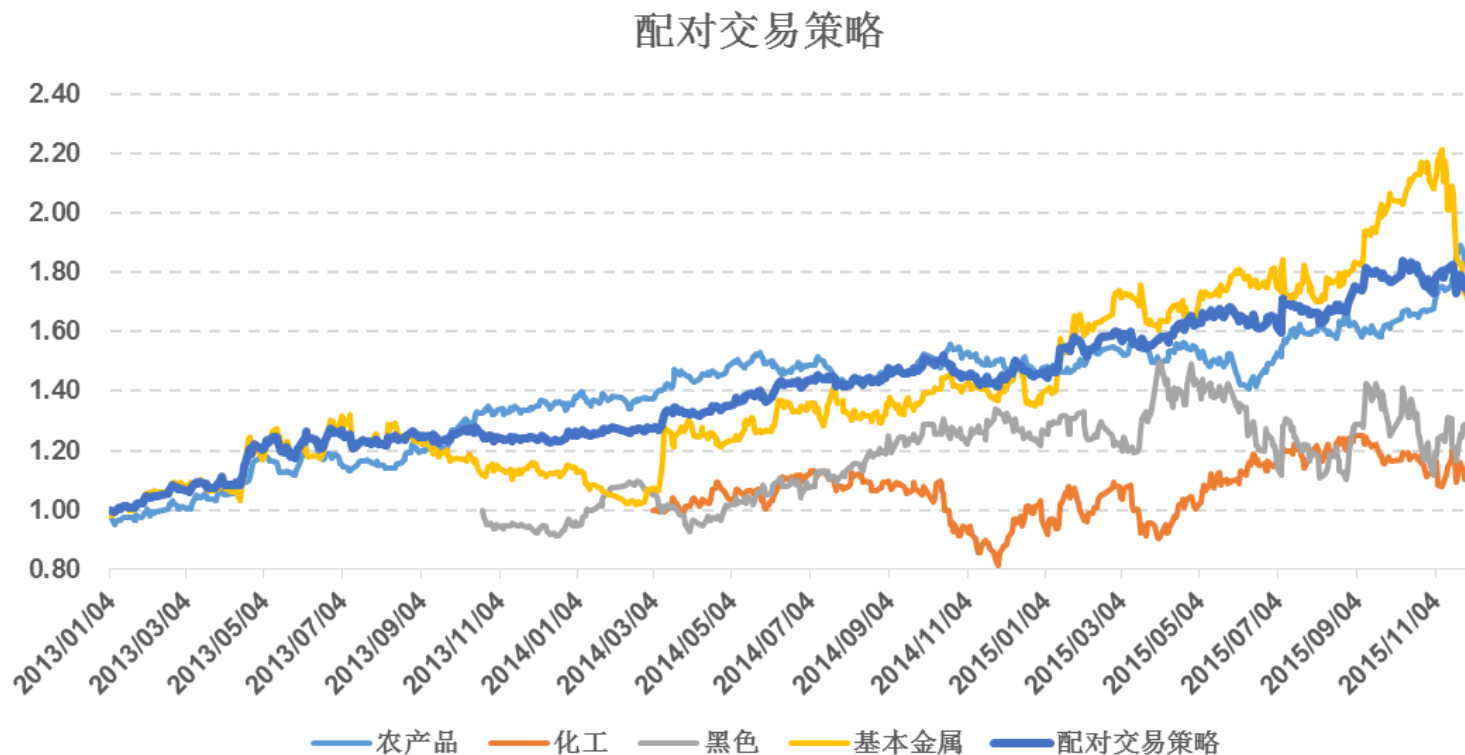
可尝试改进的方向

- ☐ 不同周期
- ☐ 常用技术指标和交易信号
- ☐ 止盈止损
- ☐ 动态加减仓
- ☐

综合实操：多品种多策略组合

- 配对交易的品种对选择主要是根据基本面和相关性进行筛选
- 为分散风险，品种对的选择较为丰富为好
 - 策略可覆盖农产品、化工、黑色和基本金属
 - 不同时期每个板块波动具有很强差异性，使得板块间策略收益性具有一定互补性

商品配对交易策略收益表现



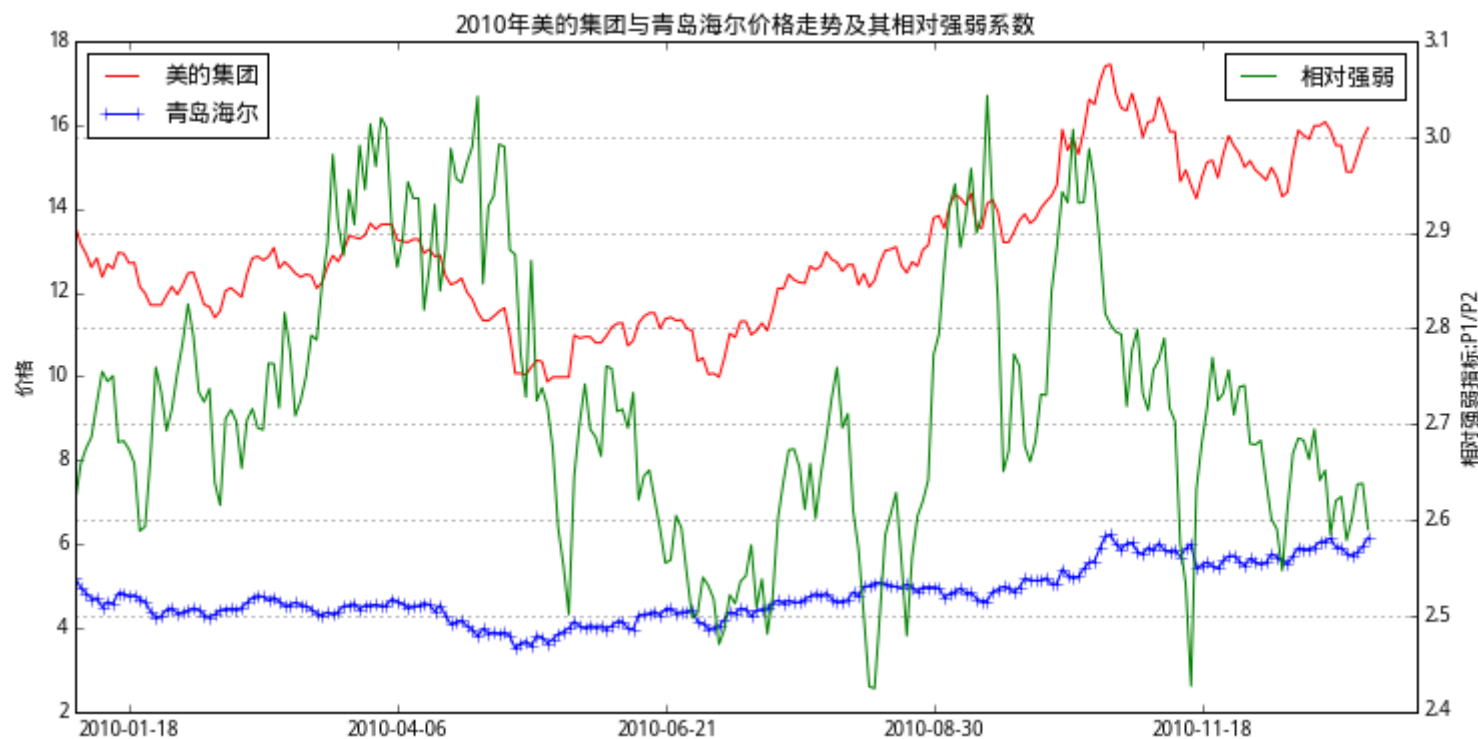
资料来源：Wind资讯，申万期货研究所

寻找相同行业板块内处于近似地位的股票对

统计套利之股票配对交易策略

配对候选：美的电器 vs. 青岛海尔

□ 价格走势 vs. 相对强弱系数



【参考原文】 <https://www.joinquant.com/post/12940>

操作步骤

□ 计算：相对强弱系数或价差

- 价差： $s_t = \log(P_t^A) - \beta \log(P_t^B)$

- 其中，通过回归分析，得到系数 β

- 标准化： $s'_t = (s_t - \mu_{s_t}) / \sigma_{s_t}$

□ 策略思路

- 选取：价差阈值（例如：1.5）

- 发现交易时机：正套/反套（融券做空）

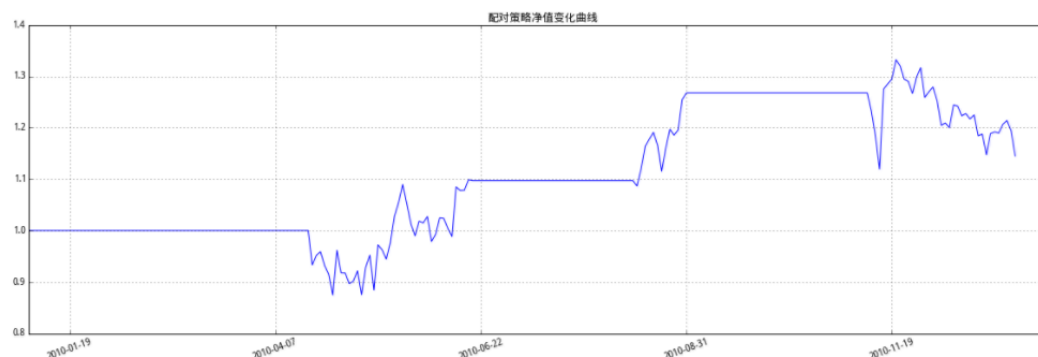
- 回归正常时（价差穿越0轴）：平仓

课后练习1

□ 参考原文链接：<https://www.joinquant.com/post/12940>

□ 验证原文中的结论：

- 价差曲线
- 净值走势
- 失效时段
- 其它配对



□ 阐述（如有的话）在这个动手实践过程中的

- 收获（有关新的“知识”方面）
- 体会（今后可复用的“方法论”）

课后练习2

- 尝试对课上所讲的跨品种（2个版本）或跨期（1个版本）配对交易策略的实现进行改进，任选其中一个版本即可
- 尝试的角度可参考（但不限于）前面“可尝试改进的方向”那页所列的条目
- 阐述（如有的话）在这个动手实践过程中的思路、结果（改善了还是变差了），以及自己对该结果的分析即可

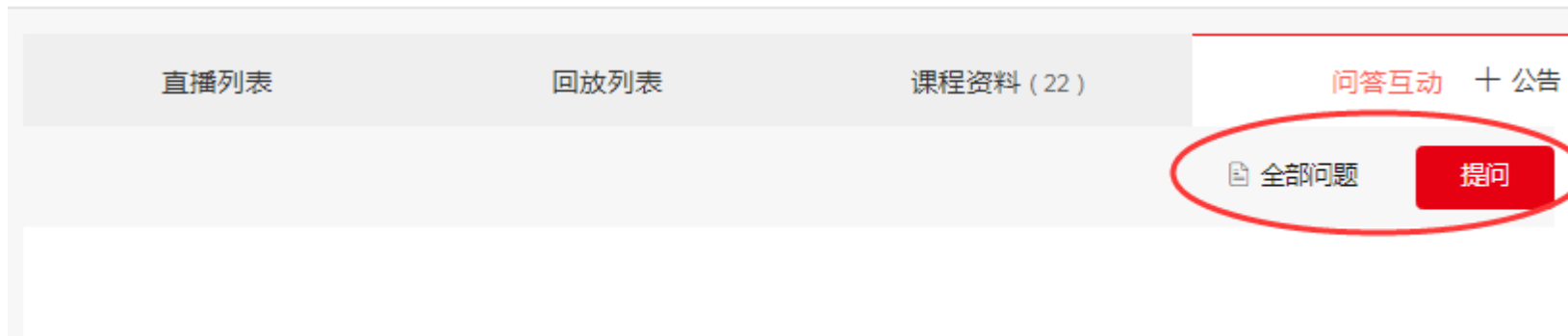
总结

- 几个相关且易混淆的术语
- 配对（套利）交易原理
- 用MC开发商品期货的跨品种和跨期配对交易策略
- 统计套利之股票配对交易策略

问答互动

在所报课的课程页面，

- 1、点击“全部问题”显示本课程所有学员提问的问题。
- 2、点击“提问”即可向该课程的老师 and 助教提问问题。



联系我们

小象学院：互联网新技术在线教育领航者

— 微信公众号：小象学院



THANKS