



证券研究报告

2019年12月25日

分钟线的尾部特征

——市场微观结构剖析系列之一

分析师：严佳炜 执业证书编号：S1220519090003

联系人：邱捷铭 联系方式：18938852865（微信同号）

方正证券（601901.SH）是行业领先的大型综合类证券公司，致力于为客户提供交易、投融资、财富管理等全方位金融服务。
Founder Securities (601901.SH), an industry-leading large comprehensive securities company, is committed to providing its clients with full services in stock transactions, investment & financing, wealth management, among others.



一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- 风险管理(risk management)和极值理论(Extreme Value Theory)的重要贡献在于其更强调刻画金融资产的尾部风险(Tail risk)，而不是整体。
- 金融资产的收益率数据往往具有非正态性和尾部效应，传统的均值-方差理论框架对此风险特性的估计不足。
- 对于金融资产的收益率数据，其围绕均值附近的数据往往为噪音扰动，相比之下，尾部数据的价格发现功能更强。
- 基于此角度，对于金融资产的日内数据，运用风险管理中的**VaR模型（在险价值）**和**CVaR模型（条件在险价值）**进行尾部效应分析可以提供有价值的预测信息。

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- 若资产收益率 X 为满足某种概率分布的随机变量，给定置信度 $\alpha \in (0,1)$ ，则 $VaR(X)$ 描述了在 $\alpha\%$ 情况下，收益率 X 的数值最大为多少。其具体公式定义为：

$$VaR_{\alpha}(X) = \min\{z | F_X(z) \geq \alpha\}$$

- $CVaR$ 的定义是基于 VaR 定义的派生。给定置信度 $\alpha \in (0,1)$ ，则 $CVaR(X)$ 描述了在 $\alpha\%$ 情况下，关于资产 X 的平均损失值。其具体公式定义为：

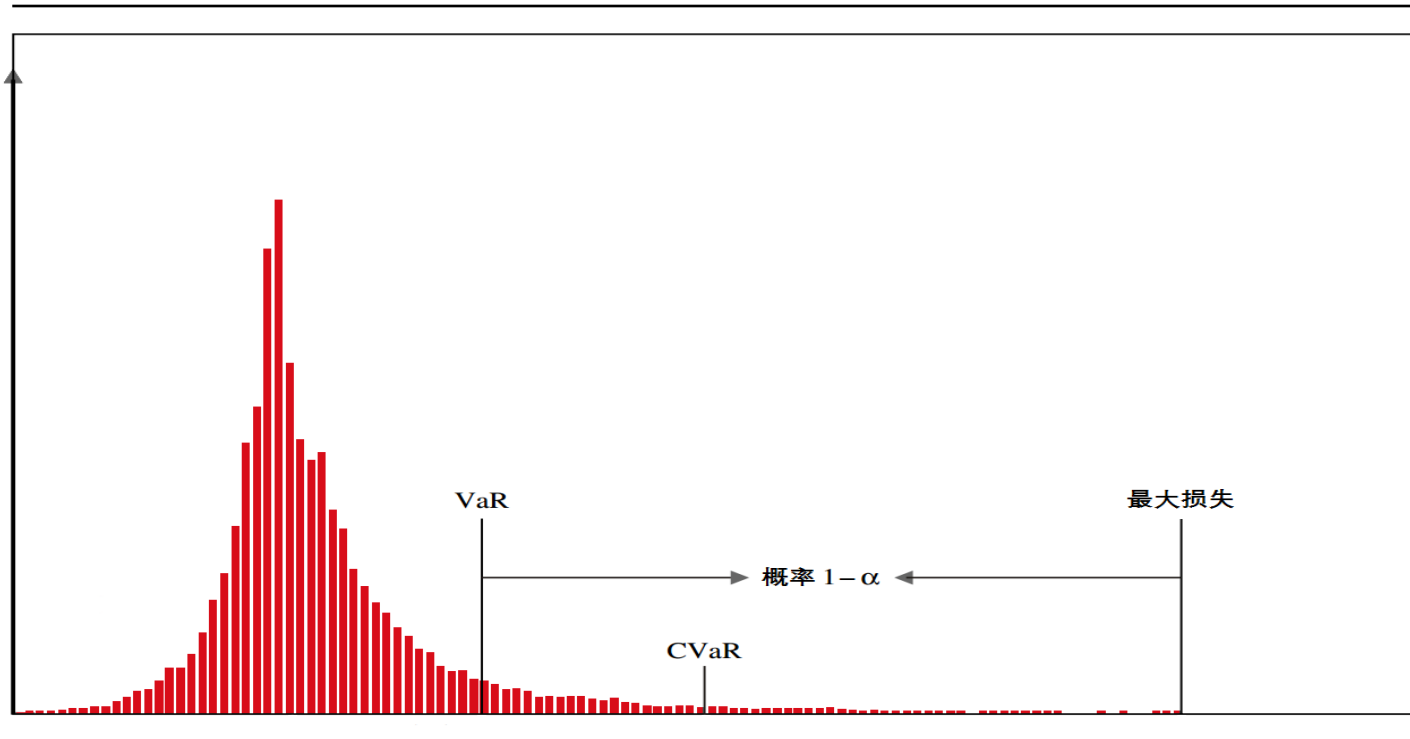
$$CVaR_{\alpha}(X) = E[X | X \leq VaR_{\alpha}(x)]$$

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

报告由翁子晨于2023年11月14日自Wind金融终端下载 仅供内部使用，请勿传阅
wengzicheng@founders.cn



图表1：VaR与CVaR示意图



资料来源：方正证券研究所

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- 在正态分布假设下，标准差 σ 和VaR、CVaR包含同样的风险信息，可以互相转换。以置信度 $\alpha = 95\%$ 为例，若 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ ，上述三者之间存在以下转换关系：

$$VaR_{95\%}(X) = \mu + 1.65 \cdot \sigma$$

$$CVaR_{95\%}(X) = \mu + \sigma \frac{e^{-1.65^2/2}}{\sqrt{2\pi}(1 - 95\%)}$$

- 然而，实际的金融序列并不完全满足正态分布。

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- 绝大部分的金融序列满足**厚尾分布**。
- VaR和CVaR在描述厚尾分布的风险时比标准差更具有优势：
 - 投资者更担心由于下跌波动带来的损失，而不是上涨。标准差对于风险的描述不具备方向性，但VaR和CVaR在描述风险时包含了波动的方向。
 - 标准差的权重更多地分配在描述均值附近的波动，而不是尾部风险；VaR和CVaR更强调尾部风险。
 - 对于存在尾部效应的非正态收益率分布，标准差往往会低估风险。
 - VaR和CVaR旨在控制在极端情况下的最大损失，更符合实际情况下风险管理的需要。

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- VaR和CVaR同作为风险测度，CVaR符合相干性(coherence)的定义，因其满足以下性质：
 - 单调性(Monotonicity): CVaR的值不会随着资产的规模增加而减少；
 - 正其次性(Positive Homogeneity): 若资产的规模增加 k 倍($k>0$)，CVaR的值也会增加 k 倍；
 - 平移等价(Translation equivariance): 在资产组合中增加无风险资产并不会改变CVaR对于整体组合风险的描述；
 - 次可加性(Subadditivity): 非完全线性相关的两个资产 X 和 Y ，其组合的CVaR值不会大于资产 X 和 Y 两者各自CVaR值的和。
- VaR不满足次可加性的定义，因而其不符合相干性的定义。

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- 由于不满足次可加性，对于分散配置的投资组合，VaR可能会高估投资组合的整体风险；
- VaR可能会低估极端尾部风险；
- CVaR具有更好的数学性质。CVaR函数是连续的凸函数，可以用于最优化中的约束条件并进行有效估计。VaR函数是非连续且非凸的。

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- 基于上述的分析思路，我们尝试采用CVaR构建因子。
- 给定置信区间 $\alpha \in (0,1)$ ，使用T交易日的分钟收益率序列 $Return_t$ 计算得到的CVaR值为：

$$CVaR_T = CVaR_\alpha(Return_t)$$

- 每日计算左侧5%CVaR值，每月末对当月所有交易日的CVaR值求算术平均，得到CVaR因子。

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

该报告由翁子晨于2023年11月14日自Wind金融终端下载，仅供内部使用，请勿传阅



➤ 策略构建

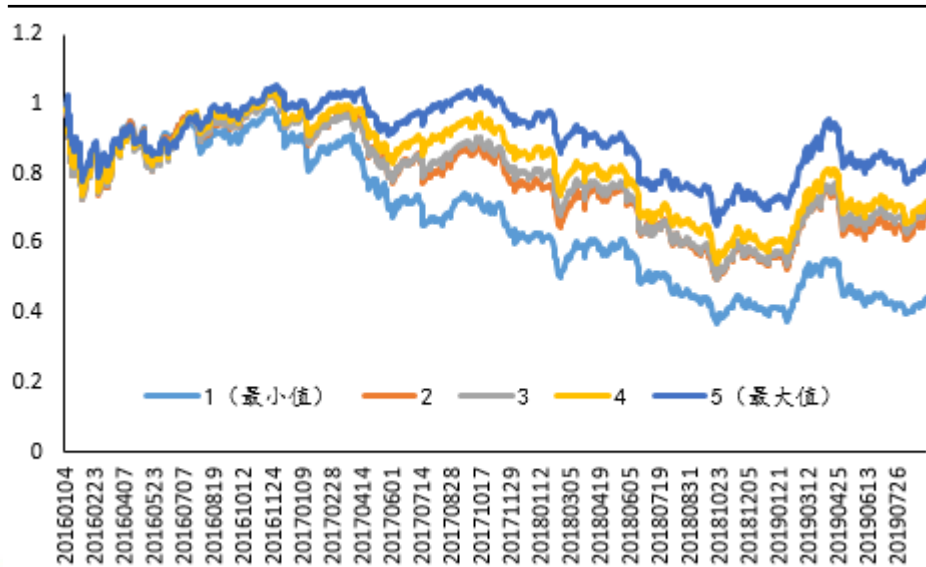
- 选股范围：全部A股、中证500成分股、沪深300成分股
- 回测区间：2016年1月-2019年9月
- 分组方式：根据因子值分为5组
- 调仓频率：每月调仓
- 股票权重：组内个股等权
- 交易成本：印花税0.1%，佣金0.08%，滑点0.05%

一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

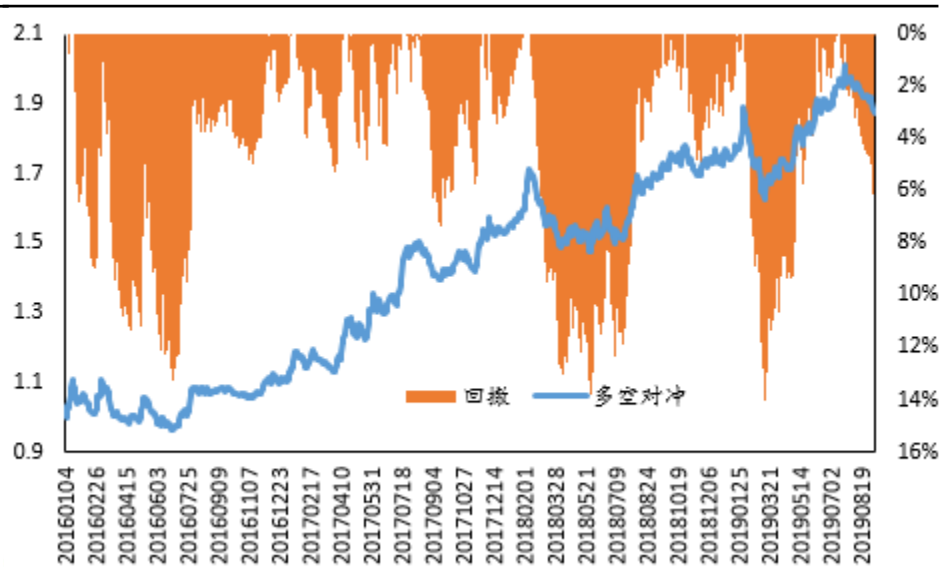
- 在全A中因子有效性尚可，分组收益基本单调。

Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲最大回撤	多空对冲年化收益
0.0827	1.7287	1.3898	14.03%	18.30%

图表2：CVaR因子分组收益（全A）



图表3：CVaR因子多空收益（全A）

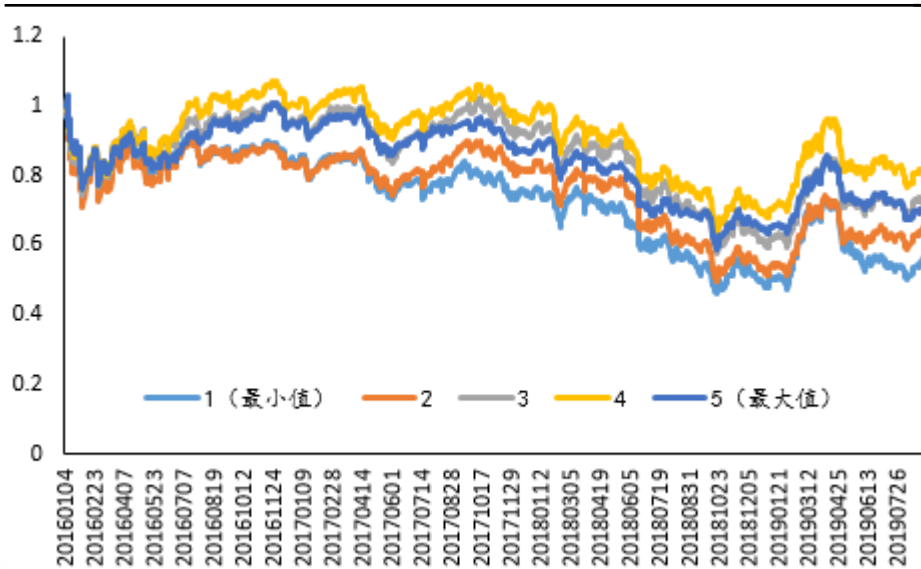


一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

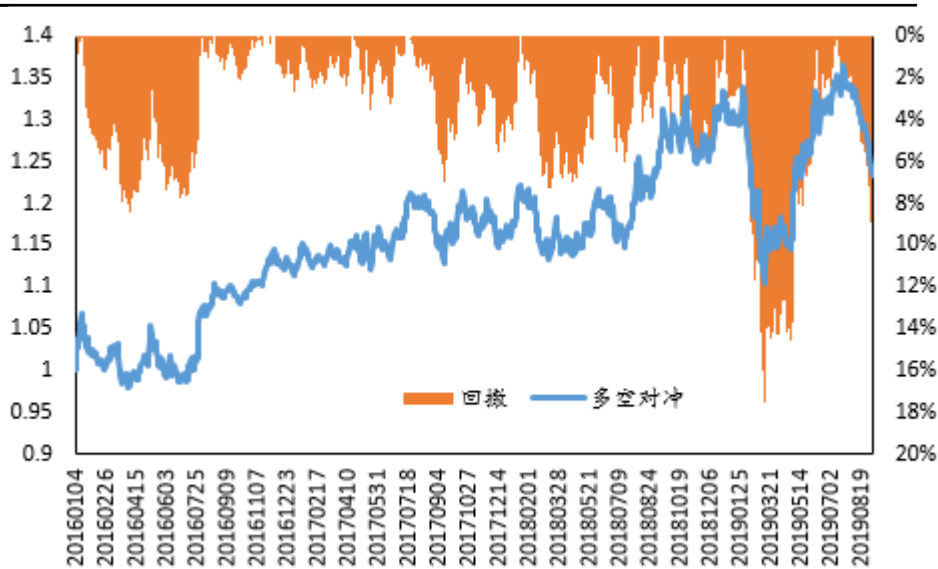
- 在 500 指数成分内因子效果下降，分组单调性减弱。

Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲最大回撤	多空对冲年化收益
0.0618	1.3164	0.5054	17.55%	5.79%

图表4：CVaR因子分组收益（500成分内）



图表5：CVaR因子多空收益（500成分内）

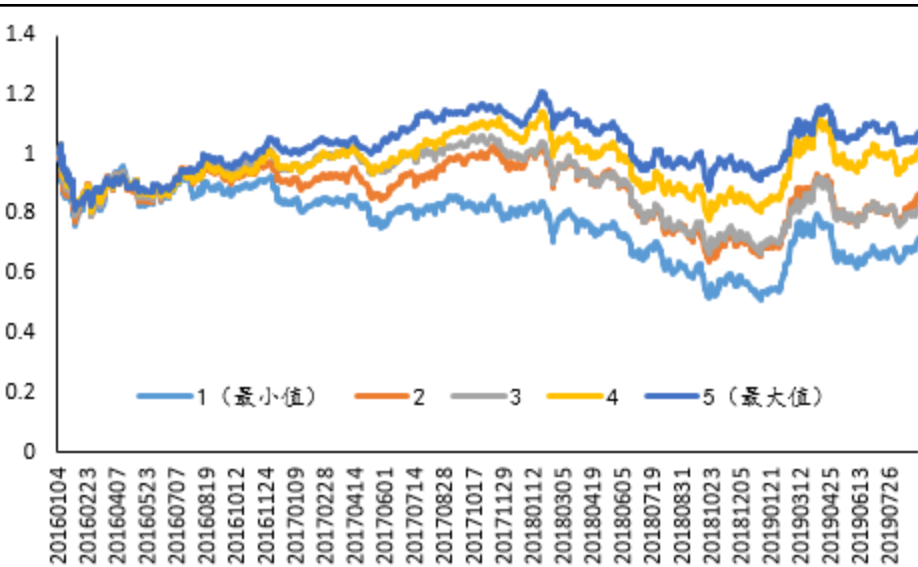


一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

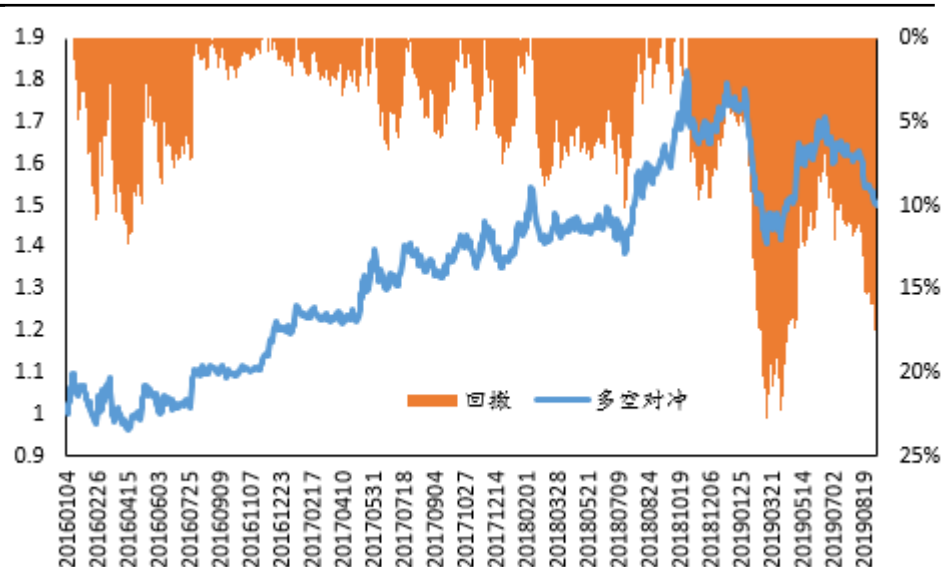
- 在300指数成分内因子效果依然不佳，分组勉强单调。

Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲最大回撤	多空对冲年化收益
0.0754	1.2501	0.7295	22.73%	11.42%

图表6：CVaR因子分组收益（300成分内）



图表7：CVaR因子多空收益（300成分内）



一、尾部效应：基于风险管理和极值理论

- 我们将因子值对市值、行业、换手、反转、波动进行回归，发现回归之后效果显著下降，且分组不再单调。
- 问题出在哪里呢？

图表8：CVaR因子正交前后效果对比

		Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲最大回撤
全A	正交前	0.0827	1.7287	1.3898	14.03%
	正交后	0.0349	1.4663	0.9406	6.43%
500内	正交前	0.0828	1.3164	0.5054	17.55%
	正交后	0.0219	0.7929	0.0144	15.27%
300内	正交前	0.0754	1.2501	0.7295	22.73%
	正交后	0.0139	0.5115	0.0055	13.07%

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

二、VWAR：对尾部效应的强化

- 在分钟高频数据环境下，某一分钟时段内的价格波动幅度及方向由买卖双方的强弱对比所决定；
- 激烈成交的时段往往比稀疏成交的时段更具有价格发现功能；
- 在流动性不足的情况下，可能会由于委买和委卖之间的差价过大而收集到大量的收益率数据噪音；
- 为了更准确地分析尾部特征，必须降低这些数据噪音，并强化有效数据。

二、VWAR：对尾部效应的强化

- 成交量加权平均收益率(Volume Weighted Average Return, VWAR)是解决该问题的一个方式。日度数据的VWAR的计算方法如下：

$$daily(VWAR) = \frac{\sum Return_t * Volume_t}{\sum Volume_t}$$

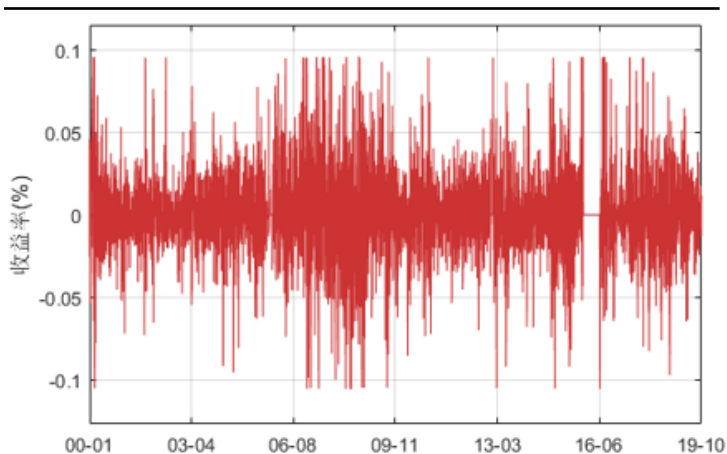
- 对于高频数据序列，我们将每分钟的VWAR定义为当前分钟的收益率与对应时段成交量总和的乘积：

$$VWAR_t = Return_t \times Volume_t$$

二、VWAR：对尾部效应的强化

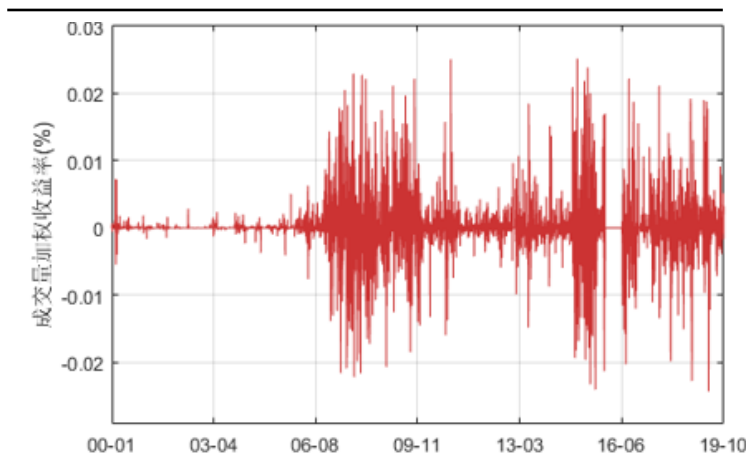
- 使用万科A(000002.SZ)的分钟线收益率观察VMAR和普通收益率序列之间的差别。
- 可以看到，在交易平淡的时段内，VWAR的序列更趋近于0，而收益率序列则展现出了更高的噪音。在交易激烈的时段内，VWAR的序列更能突出交易的活跃度和交易方向。

图表9：万科A的分钟线收益率序列



资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

图表10：万科A的VWAR序列

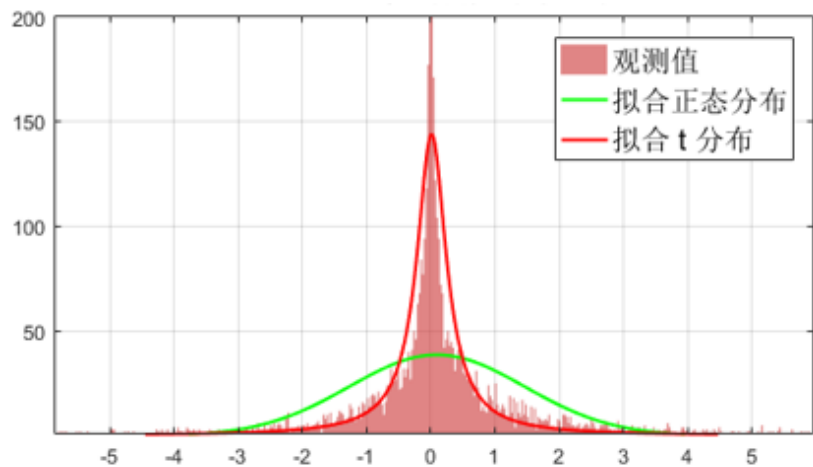


资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

二、VWAR：对尾部效应的强化

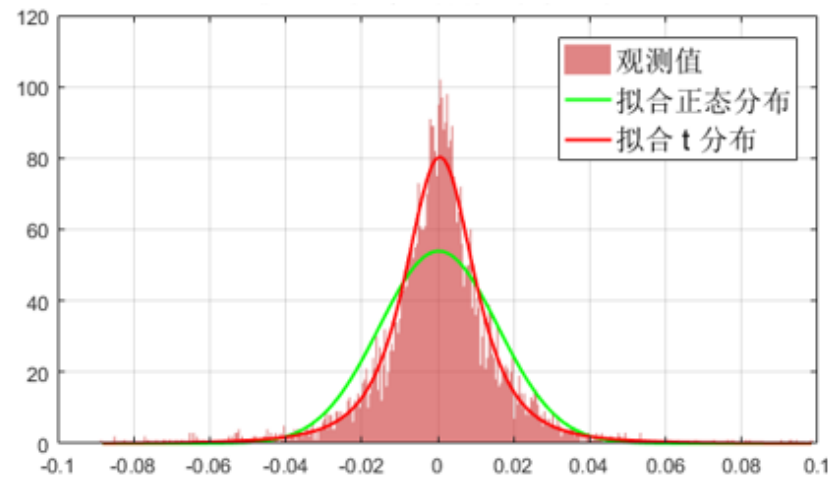
- 在使用VWAR进行高频数据分析可以减少噪音干扰，突出尾部信息。
- VWAR数据比收益率数据具有更高的峰度和偏度值，即更强的非正态性。

图表11：万科A的VWAR序列分布图



资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

图表12：万科A的分钟线收益率序列分布图



资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

二、VWAR：对尾部效应的强化

- 在使用VWAR进行高频数据分析可以减少噪音干扰，突出尾部信息。
- VWAR数据比收益率数据具有更高的峰度和偏度值，即更强的非正态性。

图表13：万科A的收益率序列和VWAR序列统计量

	偏度	峰度	Jarque-Bera 统计量
VWAR数据	-2.41	44.41	66177.88
收益率数据	-1.05	17.55	8215.79

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

二、VWAR：对尾部效应的强化

- 与前文所述类似，我们使用T交易日的分钟级别 $VWAR_t$ 序列，计算得到VCVaR值：

$$VCVaR_T = CVaR_\alpha(VWAR_t)$$

- 每日计算左侧5%VCVaR值，月末对当月所有交易日的VCVaR值求算术平均，得到VCVaR因子。

三、测算：构建单因子组合

该报告由翁子晨于2023年11月14日自Wind金融终端下载，仅供内部使用，请勿传阅



wjng@founders.cn

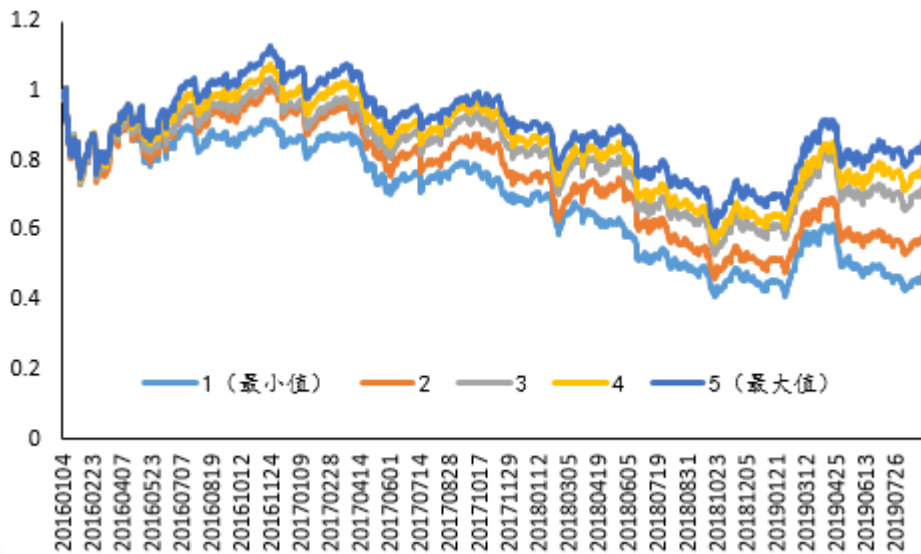
- 通过如下流程对因子有效性进行检验：
- 使用回归剥离市值、行业、换手、反转、波动五个因子，得到残差作为选股因子；
- 使用优化器确定组合的个股权重，其中对行业、市值、权重偏离进行了约束。

三、测算：构建单因子组合

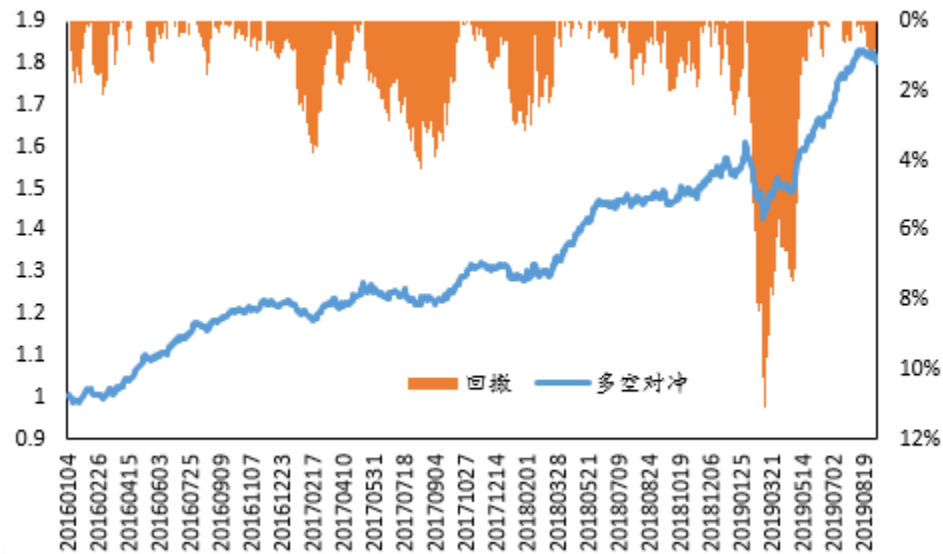
- 在全A中因子有效性明显，分组收益单调。

Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲最大回撤	多空对冲年化收益
0.0701	2.6377	2.7502	11.08%	17.06%

图表14：VCVaR因子（正交后）分组收益（全A）



图表15：VCVaR因子（正交后）多空收益（全A）

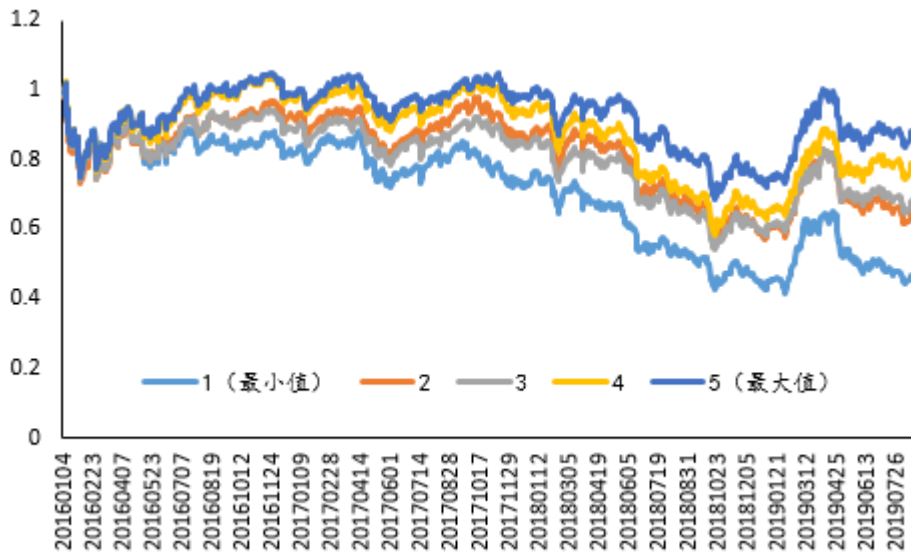


三、测算：构建单因子组合

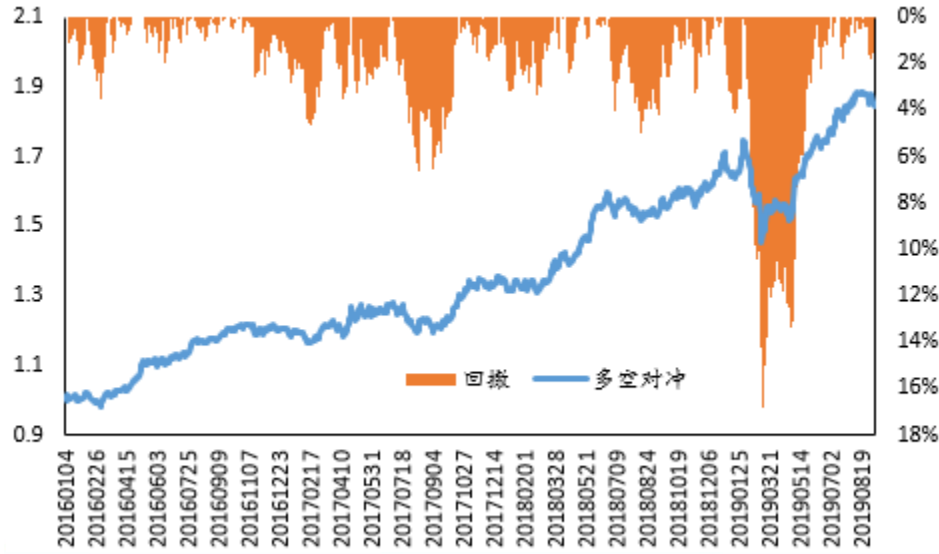
- 在500指数成分内因子依然有效，分组收益基本单调。

Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲最大回撤	多空对冲年化收益
0.0739	1.9836	1.8543	16.80%	17.80%

图表16: VCVaR因子（正交后）分组收益（500成分内）



图表17: VCVaR因子（正交后）多空收益（500成分内）

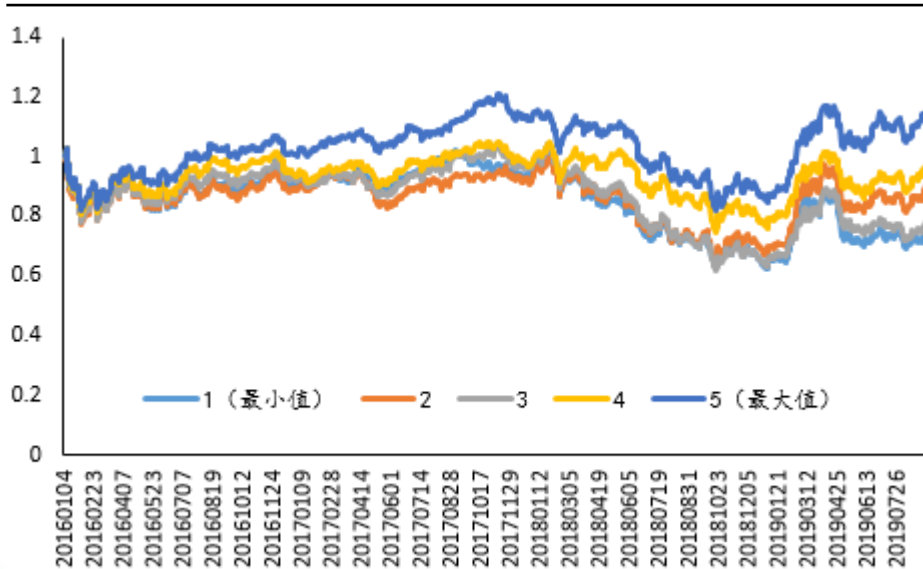


三、测算：构建单因子组合

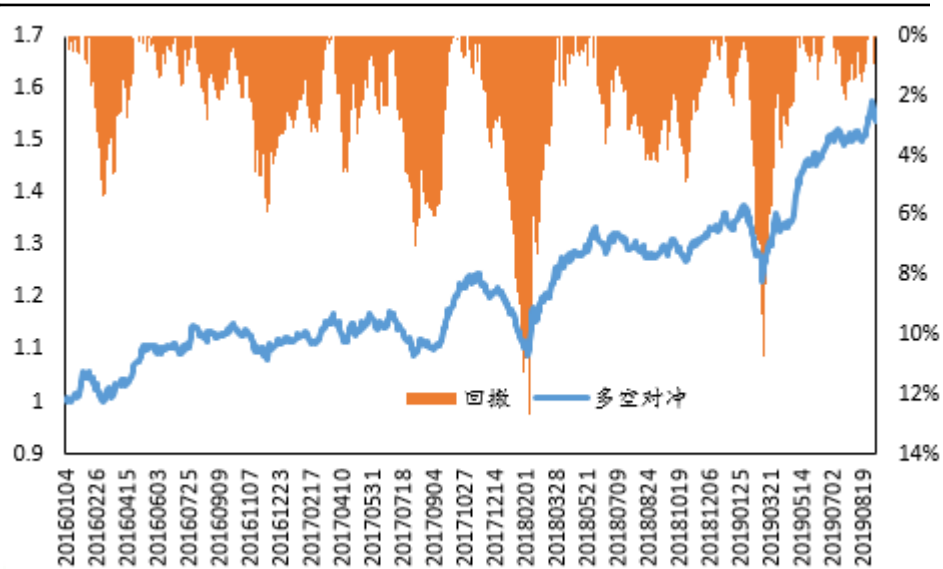
- 在300指数成分内因子有效性略下滑，但依然有较好的效果。

Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲最大回撤	多空对冲年化收益
0.0514	1.4493	1.4587	12.70%	12.19%

图表18: VCVaR因子（正交后）分组收益（300成分内）



图表19: VCVaR因子（正交后）多空收益（300成分内）



三、测算：构建单因子组合

- 正交化后因子的相关性大幅下降

图表20： VCVaR因子正交前后与常见因子的因子值相关性

	市值	波动	换手	反转
正交前	-30.43%	-10.01%	-18.48%	11.50%
正交后	2.74%	0.12%	-0.93%	-0.22%

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

三、测算：构建单因子组合

- 根据前面得到的正交后的因子，使用优化器确定个股权重，从而构建组合。
- 优化目标为最大化因子暴露，约束条件为市值、行业 and 个股权重偏离。
- 具体形式如下，其中 f 为因子值， S 为市值因子矩阵， H 为行业哑变量矩阵， w_b 为基准权重。

- $$\begin{aligned} \max \quad & f^T w \\ \text{s.t.} \quad & sl \leq S(w - wb) \leq sh \\ & hl \leq H(w - wb) \leq h_h \\ & w_l \leq w - wb \leq w_h \\ & \mathbf{0} \leq w \leq l \\ & \mathbf{1}^T w = 1 \end{aligned}$$

三、测算：构建单因子组合

该报告由翁子晨于2023年11月14日自Wind金融终端下载，仅供内部使用，请勿传阅



wjzq.founders.cn

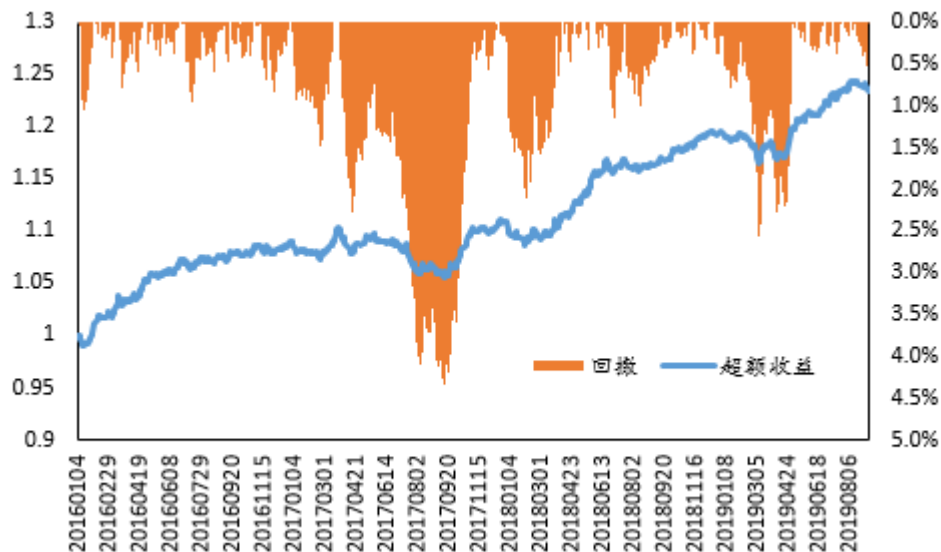
➤ 策略构建

- 选股范围：中证500、沪深300成分股
- 回测区间：2016年1月-2019年9月
- 调仓频率：每月调仓
- 股票权重：使用优化器确定，对市值、行业、权重偏离进行约束
- 交易成本：印花税0.1%，佣金0.08%，滑点0.05%

三、测算：构建单因子组合

- 500成分内效果

图表21： VCVaR因子在500指数内构建的组合表现



资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

三、测算：构建单因子组合

- 500成分内效果

图表22： VCVaR因子在500指数内构建的组合分年度表现

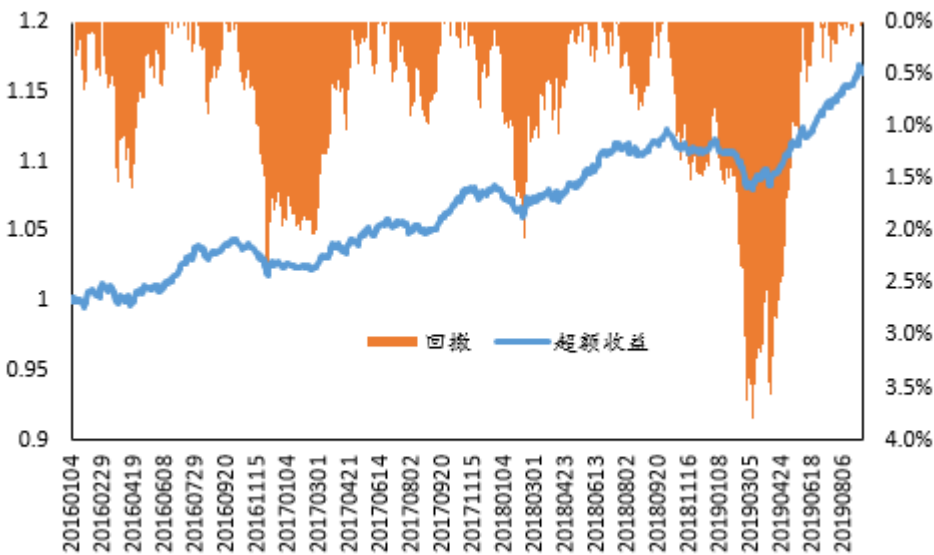
	年化收益率	最大回撤	夏普比率
2016	8.97%	1.04%	3.02
2017	1.99%	4.33%	0.66
2018	8.57%	1.33%	2.80
2019	4.88%	2.45%	1.71

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

三、测算：构建单因子组合

- 300成分内效果

图表23： VCVaR因子在300指数内构建的组合表现



年化收益	4.31%
年化波动	2.42%
夏普	1.78
最大回撤	3.81%
月胜率	68.89%

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

三、测算：构建单因子组合

- 300成分内效果

图表24： VCVaR因子在300指数内构建的组合分年度表现

	年化收益率	最大回撤	夏普比率
2016	2.69%	2.45%	1.07
2017	5.03%	0.97%	2.43
2018	3.68%	1.52%	1.50
2019	6.43%	3.05%	2.40

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

三、测算：构建单因子组合

- 上述的所有测算，均使用CVaR衡量左尾的风险特性，即计算左侧5%CVaR值。
- 我们对右尾的风险特性也做了研究，结果表明，其与左尾呈现非常接近的风险特征。

图表25：左侧、右侧VCVaR因子（正交后）效果对比

		Rank_IC	IC_IR	多空对冲夏普	多空对冲年化收益	多空对冲最大回撤
全A	左侧5%VCVaR	0.0701	2.6377	2.7502	17.06%	11.08%
	右侧5%VCVaR	-0.0877	-3.4109	3.3284	19.43%	10.48%
500内	左侧5%VCVaR	0.0739	1.9836	1.8543	17.80%	16.80%
	右侧5%VCVaR	-0.0803	-2.3945	1.8360	16.69%	16.51%
300内	左侧5%VCVaR	0.0514	1.4493	1.4587	12.19%	12.70%
	右侧5%VCVaR	-0.0562	-1.3789	1.5266	12.57%	11.80%

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

三、测算：构建单因子组合

- 上述的所有测算，均使用CVaR衡量左尾的风险特性，即计算左侧5%CVaR值。
- 我们对右尾的风险特性也做了研究，结果表明，其与左尾呈现非常接近的风险特征。

图表26：左侧、右侧VCVaR因子构建的组合效果对比

		年化收益	年化波动	夏普	最大回撤	月胜率
500内	左侧5%VCVaR	6.05%	2.99%	2.03	4.33%	71.11%
	右侧5%VCVaR	5.61%	2.74%	2.05	3.58%	68.89%
300内	左侧5%VCVaR	4.31%	2.42%	1.78	3.81%	68.89%
	右侧5%VCVaR	3.80%	2.33%	1.63	4.43%	60.00%

资料来源：Wind资讯，方正证券研究所

四、总结

该报告由翁子晨于2023年11月14日自Wind金融终端下载，仅供内部使用，请勿传阅



foundersec.com.cn

- 基于风险管理和极值理论，提出VCVaR选股因子，以表征个股尾部风险
- 使用VWAR对尾部效应进行强化
- 剥离常见风格后，因子依然具备选股能力
- 通过构建单因子组合，发现因子在指数成分内同样有效

- 本报告基于历史数据进行测试，不构成任何投资建议。市场投资者结构变化、政策变化、经济基本面变化，都可能导致模型失效。

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

方正证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司客户使用。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，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。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离制度控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。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“方正证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

公司投资评级的说明

强烈推荐：分析师预测未来半年公司股价有20%以上的涨幅；

推荐：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的涨幅；

中性：分析师预测未来半年公司股价在-10%和10%之间波动；

减持：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的跌幅。

行业投资评级的说明

推荐：分析师预测未来半年行业表现强于沪深300指数；

中性：分析师预测未来半年行业表现与沪深300指数持平；

减持：分析师预测未来半年行业表现弱于沪深300指数。

THANKS



方正证券股份有限公司

北京市西城区太平桥大街丰盛胡同28号太平洋保险大厦B座11层
11F, Pacific Insurance Building, No.28 Fengsheng Lane, Taipingqiao Street,
Xicheng District, Beijing, China