

波动率专题系列（三）初探指数波动率行业解构

投资咨询业务资格：
证监许可【2012】669号

报告要点

本文通过分解指数波动率的行业因子贡献，通过贡献程度和行业 Beta 对不同指数间的波动率差额进行趋势刻画。

摘要：

➤ 如何分解组合波动率？

在指数中，一个行业的风险因子对于整个指数波动率的影响，既包括个股或行业的权重，也包括行业的 Beta。公式为： $C_{\sigma_p^2} = \omega_i * \beta_i$ 。这种分解方式规避了相关系数的影响，是本文的创新亮点。

➤ 行业 Beta 具有哪些特征？

时序角度：在市场下跌时，行业 beta 变化和指数收益呈现反向关系；而当市场上涨阶段，行业 Beta 的下行呈现先反向再同向的阶段变化特征。截面角度：在市场下跌（上涨）时，高 Beta 行业的波动率走强（走弱）领先其他行业，而低 Beta 行业则是表现出抗跌性，也因此整体波动较低。

➤ 行业因子对指数波动率的贡献度特征以及为什么把贡献度作为本篇专题的核心？

第一，长期来看行业的贡献程度排序较为稳定，金融、信息技术、日常消费和工业排序靠前，这也是行业自身的属性。第二，波动率贡献程度变化走势和行业表现成反向关系的概率较大。第三，上证 50 指数历史波动率和沪深 300 指数历史波动率的差额和金融行业与信息技术行业的交替运行相关。通过行业贡献度在不同指数上的差异以及行业自身的走势表现，我们可以对不同指数的波动率差额进行描述。

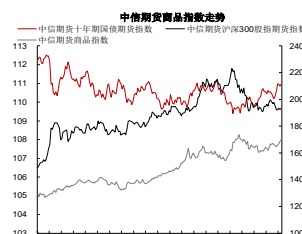
这也是我们对行业因子对波动率贡献程度分析的核心意义所在：我们可以根据波动率行业贡献程度和行业 Beta 对上证 50 指数和沪深 300 指数的波动率产生偏差的原因给出行业性解释。

➤ 权重变化对指数波动率的边际影响？

尽管个股调整引发指数波动上行预期，但结合权重调整，这个影响可能会被高估。

➤ 风险因子

1、因个股数据量较大，本文选取 wind 行业数据，因此会产生细微偏差；2、波动率差额的行业性解释仅在趋势层面有效，在隔日级别的差额“毛刺”中效果不佳



权益策略团队

姜沁
021-60812986
从业资格号 F3005640
投资咨询号 Z0012407

康遵禹
010-58135952
kangzunyu@citicsf.com
从业资格号 F03090802
投资咨询号 Z0016853

目录

摘要：.....	1
一、 投资组合波动率分解.....	3
1、背景阐述及数据选取.....	3
2、指标理论推导及应用意义.....	4
二、 行业 Beta 系数的特征分析.....	5
1、行业 Beta 的时变特征.....	6
2、行业 Beta 的截面特征.....	6
三、 行业因子对指数波动率的贡献程度.....	7
1、行业因子对指数波动率的贡献程度特征.....	8
2、构建波动率差额指标 $C0$	9
四、 行业权重变化对指数波动率的边际影响.....	10
免责声明.....	11

图表目录

图表 1：市场指数中的行业权重占比.....	3
图表 2：沪深 300 指数与 wind 行业 Beta.....	5
图表 3：上证 50 指数与 wind 行业 Beta.....	5
图表 4：行业因子对沪深 300 指数贡献度.....	7
图表 5：行业因子对上证 50 指数贡献度.....	7
图表 6：波动率差额与金融、信息技术贡献度.....	8
图表 7：波动率差额指标.....	9
图表 8：沪深 300 指数样本调整（2021. 12. 13）.....	10

一、投资组合波动率分解

1、背景阐述及数据选取

从市场环境角度出发，近期市场的结构化行情明显，期权标的主要跟随的上证 50 和沪深 300 指数行情与波动率走势均出现一定程度分化。目前，在期权市场上对于波动率的研究仍主要停留在指数层面，本文旨在通过对行业层面对指数波动率的贡献程度进行研究，探讨上证 50 指数与沪深 300 指数的波动率走势分化的原因。

首先我们根据投资组合公式对指数进行行业层面拆解，得到以下公式：

$$r_p = \sum \omega_i * r_i$$

$$\sigma_p^2 = \sum \omega_i^2 * \sigma_i^2 + 2 * \sum_{i=1} \sum_{j < i} \omega_i * \omega_j * \sigma_i * \sigma_j * \rho_{ij}$$

其中投资组合 P 为标的指数，资产 i 为个股或行业。考虑到个股数据数据量过大，因此在本文研究中，资产 i 选取 wind 行业指数， ω_i 定义为市场指数中涵盖个股所在的行业在全部指数中权重占比。具体在上证 50 指数和沪深 300 指数中的行业权重占比如下表所示。

图表 1：市场指数中的行业权重占比

wind 行业	上证 50 指数	沪深 300 指数
材料	5.36	8.88
电信服务	1.17	0.46
房地产	1.40	1.74
工业	5.54	14.70
公用事业	3.22	2.39
金融	31.67	21.17
可选消费	6.04	8.43
能源	2.23	1.12
日常消费	22.31	14.50
信息技术	12.81	17.28
医疗保健	8.26	9.33

资料来源：Wind 中信期货研究部

回到公式我们发现，标的指数组合的方差除了各个行业方差的权重加权之外，还包含了不同行业间的加权协方差（相关系数）。由于行业间的相关系数同样并不稳定，我们难以将行业权重行业波动率与行业间相关系数这两个处于不同维度的变量进行统一讨论。因此我们需要调整出一个新的变量，来刻画行业风险因子对指数波动率的贡献程度。受到投资组合风险管理中 Component-VaRs 以及 Margin-VaRs 推导过程的启发，我们引入投资组合波动率的贡献程度 $C_{\sigma_p^2}$ （后简称为 C）与投资组合波动率边际贡献 $M_{\sigma_p^2}$ （后简称为 M），这两个指标也是本文研究中的创新点。

2、指标理论推导及应用意义

➤ 投资组合波动率的贡献程度 $C_{\sigma_p^2}$

为规避相关系数带来的影响，我们采用另外一种方式计算组合波动率：

$$\sigma_p^2 = Cov(r_p, r_p)$$

$$\sigma_p^2 = Cov(\sum \omega_i * r_i, r_p)$$

$$\sigma_p^2 = \sum \omega_i * Cov(r_i, r_p)$$

$$\sigma_p^2 = \sum (\omega_i * \beta_i) * \sigma_p^2$$

$$C_{\sigma_p^2} = \omega_i * \beta_i$$

至此我们得到结论：在指数中，一个行业风险因子对于整个指数波动率的影响，既包括个股或行业的权重，也包括行业的 Beta。由于指数内的行业权重变化周期为半年一次时间较久，因此我们可先假定权重不变，将 Beta 变成我们重点研究的对象。这样处理的优势是：第一，我们成功避开了相关性矩阵的影响；第二，对于行业来说，Beta 可近似视作一种属性，Beta 的时变特征和截面特征有助于我们对行业特征进行分析，我们将在下一节进行具体对 Beta 和波动率贡献度进行分析。

➤ 投资组合波动率的边际贡献 $M_{\sigma_p^2}$

在推导边际贡献前，我们先推导两个资产的组合边际，而后进行递归：

$$\sigma_p^2 = \omega_1^2 * \sigma_1^2 + 2 * \omega_1 * \omega_2 * \sigma_1 * \sigma_2 * \rho_{12} + \omega_2^2 * \sigma_2^2$$

$$M = \frac{\partial \sigma_p^2}{\partial \omega_1} = 2 * \omega_1 * \sigma_1^2 + 2 * \omega_2 * \sigma_1 * \sigma_2 * \rho_{12}$$

$$M = 2 * Cov(r_1, \omega_1 * r_1) + 2 * Cov(r_1, r_2 * \omega_2)$$

$$M = 2 * Cov(r_1, r_p)$$

$$M = 2 * \beta_1 * \sigma_p^2$$

推广到多个资产，

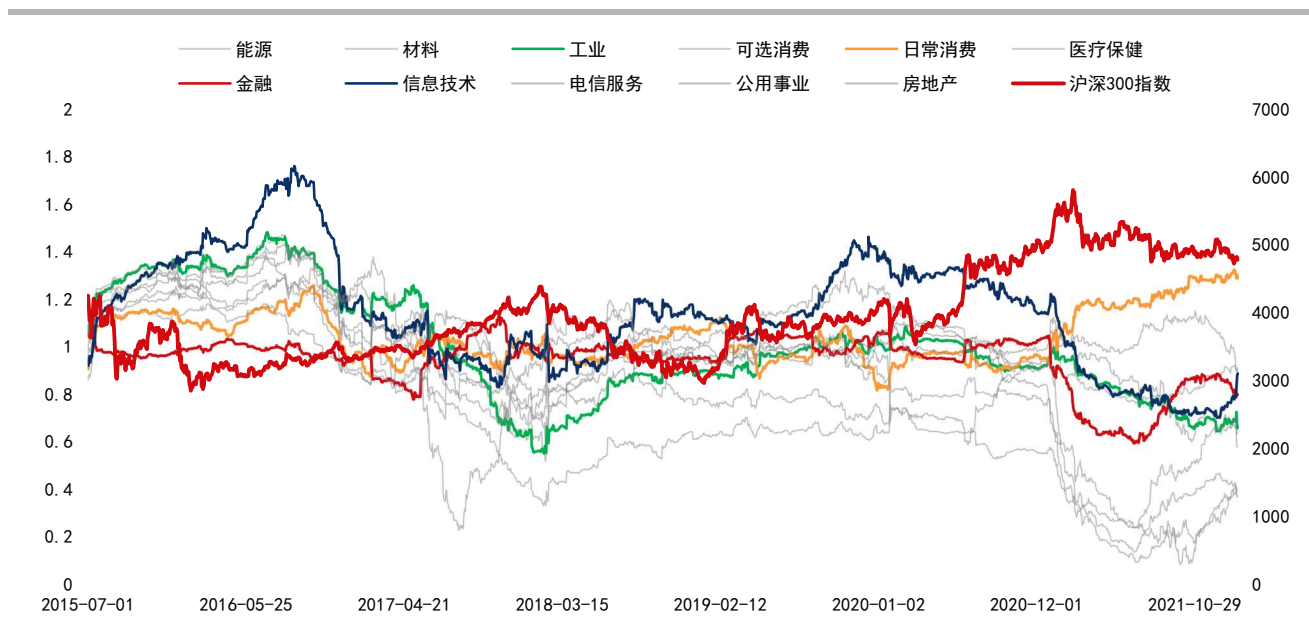
$$M = \frac{\partial \sigma_p^2}{\partial \omega_i} = 2 * \beta_i * \sigma_p^2$$

我们推导出投资组合边际贡献度的意义在于，当标的指数进行重新编制时，个股及行业权重发生变化后，我们可以通过权重变化乘以边际贡献度从而近似判断指数调整对整体指数波动率的影响，且在这个过程中我们不需要考虑指数成分变化导致的相关性矩阵的变化影响。

二、行业 Beta 系数的特征分析

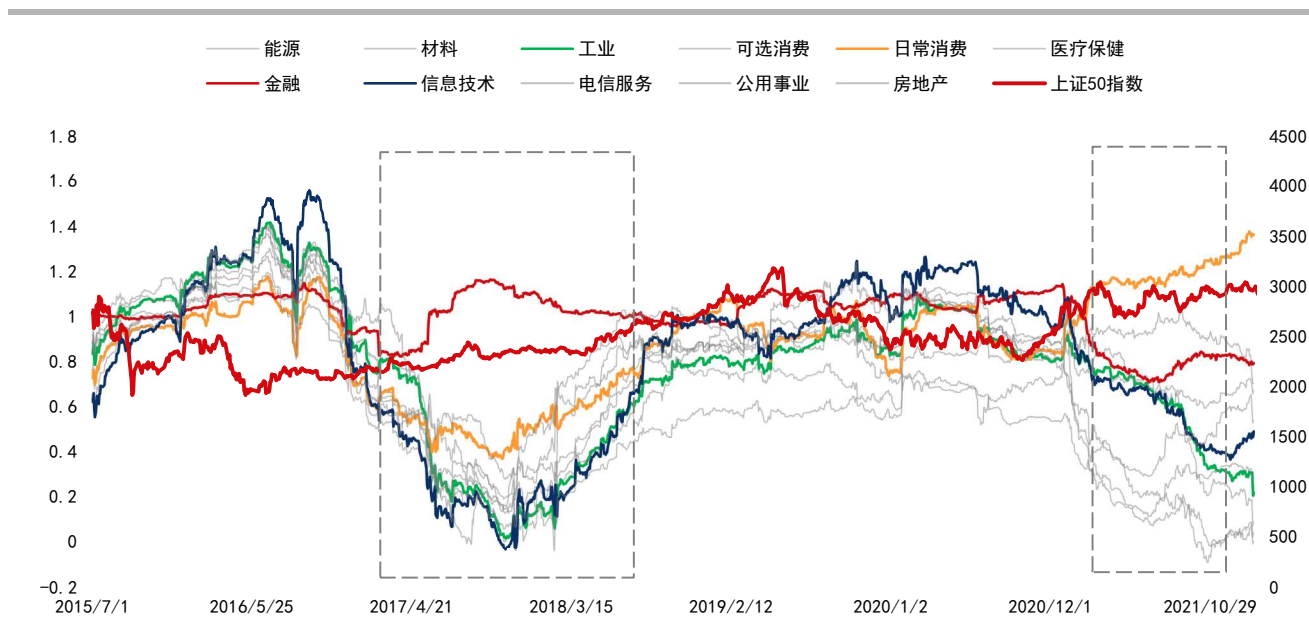
上文已经论证，我们可以通过研究 $\omega_i * \beta_i$ 来刻画行业因子对投资组合波动率的贡献程度。其中 Beta 是一种风险收益指数，用来衡量个股或者行业相较于基准市场的收益风险波动情况，我们计算了 2015 年初至 2021 年底的各 wind 行业指数的 Beta 走势并进行分析。为细致刻画 Beta 走势变化，行业 Beta 的计算周期为 120 个交易日。

图表 2：沪深 300 指数与 wind 行业 Beta



资料来源：Wind 中信期货研究部

图表 3：上证 50 指数与 wind 行业 Beta



资料来源：Wind 中信期货研究部

1、行业 Beta 的时变特征

首先我们讨论 Beta 的变化特征及原因：通过观察各行业 beta 系数和基准指数价格的走势关系后发现，Beta 系数和基准指数在整体趋势上呈现反向关系，且在高 Beta 行业表现尤其明显。对此，我们从相关性角度对出现该现象的原因进行解释。

$$\beta_i = \rho_{i,m} * \sigma_i / \sigma_m$$

一般当市场下跌时，行业间的相关系数、行业收益波动率与市场波动率均会出现增大，且由于市场波动率相对稳定，因此行业相关性的提升幅度会高于市场波动率的提升幅度（以沪深 300 指数为例，我们测算了各行业与基准指数相关系数序列平均值的标准差为 14.13%，测算了沪深 300 指数收益历史波动率的标准差为 10.91%，说明行业相关系数变动幅度相较于指数变动更宽）。再乘以行业收益波动率的变化幅度后，最终 Beta 上升的概率较大。因此当市场下跌时，行业 beta 变化和收益指数呈现反向关系。

而当市场上涨阶段，行业 Beta 的下行呈现先反向再同向的阶段性变化特征。原因在于在市場上涨的初期，往往是由特定行业带动，因此其他行业和基准市场的相关系数不高，因此行业 Beta 与基准走势反向；而随着到了上涨中期，市场交投情绪向好，又会带动其他行业出现上涨，此时行业相关系数会集体走高，行业 Beta 与基准同向。例如 2017 年-2018 年上证 50 指数和行业 Beta 的走势中，行业相关系数呈现阶段性变化，因此行业 Beta 也出现先下降后上升的变化。但是金融行业是例外，回溯 2017 年行情我们发现，自 2015 年股灾后机构投资者占比有所上升，重点布局绩优蓝筹；此外，金融行业本身在上证 50 指数中占比较高，因此 2017 年全年金融行业指数收益与上证 50 指数收益表现高度相关。因此金融行业 Beta 与上证 50 指数呈现正向关系。（后期 Beta 回落原因是受到其他行业上涨的挤出效应）

2、行业 Beta 的截面特征

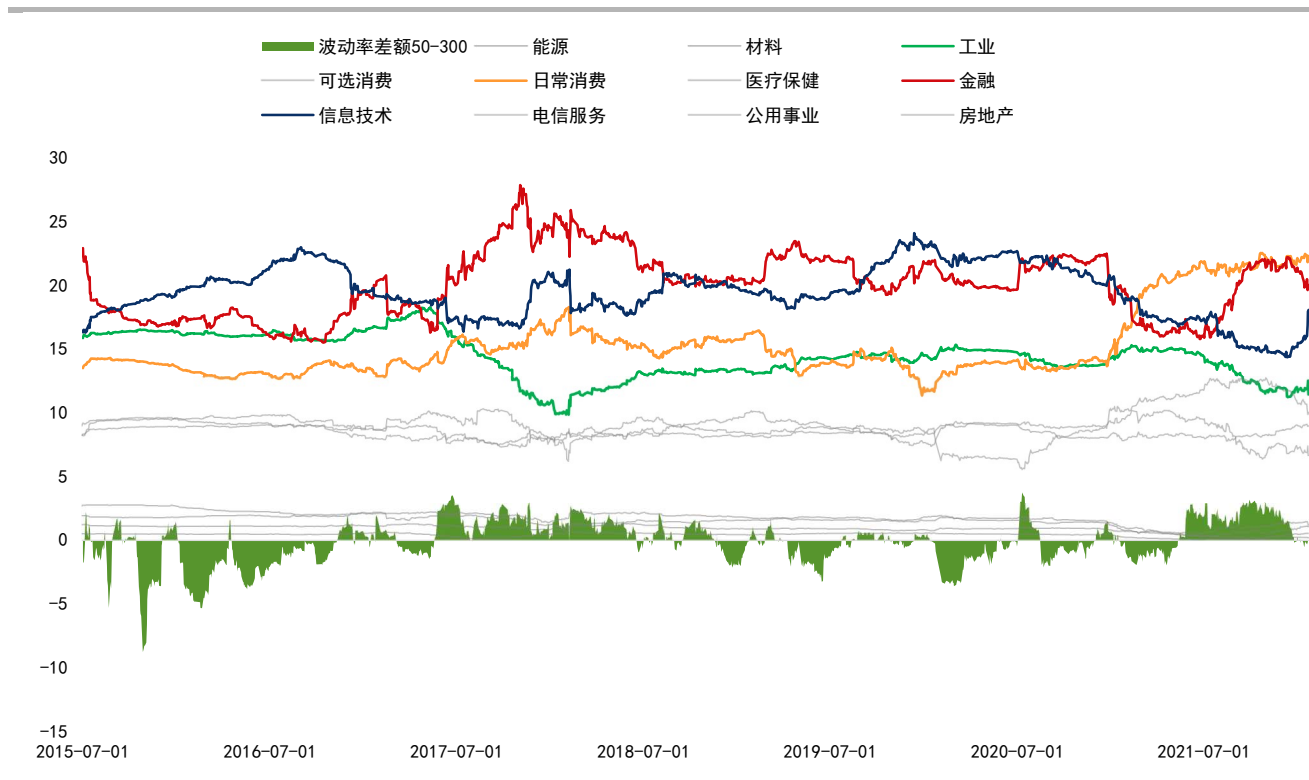
行业 Beta 系数的趋势和指数走势反向，这种负相关性会在高 Beta 行业表现尤其明显。出现这一现象的原因在于，各行业 Beta 序列也会经历“收敛与发散”交替的不同阶段，行业指数受到系统性风险和非系统性风险影响，因此尤其在低 Beta 的行业例如公用事业、电信服务以及能源等等，都表现出较好的抗跌性。例如 2021 年 2 月-5 月，当沪深 300 指数出现下跌时，公用事业和能源板块逆势走强，而其他各行业均普跌。这就导致公用事业和能源板块的 Beta 和标的指数同时下降的同向性最为明显，其他行业 beta 的走势则呈现震荡或者反向上升。

将以上两点特征进行总结：在市场下跌（上涨）时，高 Beta 行业的波动率走强（走弱）领先其他行业，而低 Beta 行业则是表现出抗跌性，也因此整体波动较低。这个结论和我们在投资组合波动率的贡献程度 C 的公式中展现的一致，在下一章节，我们也将引入权重进行贡献度分析。

三、 行业因子对指数波动率的贡献程度

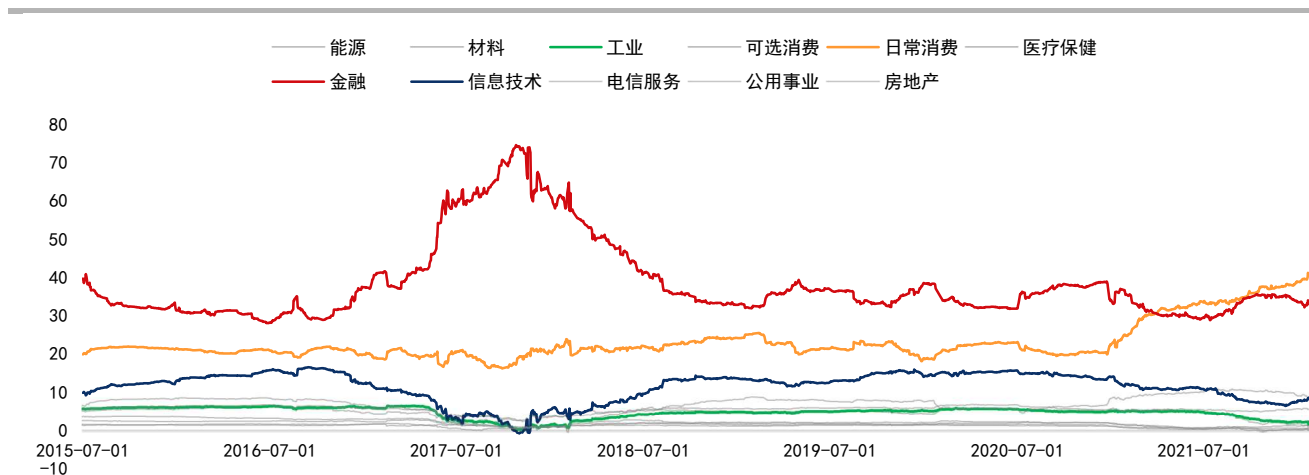
前文在第一、二章描述了波动率行业分解与行业 Beta 的特征，接下来我们将根据公式计算上证 50 指数和沪深 300 指数的波动率贡献程度。（由于指数并不能完全涵盖行业指数，因此计算出贡献程度后还需按权重总和为 100%进行比例调整，特此说明）。

图表 4：行业因子对沪深 300 指数贡献度



资料来源：Wind 中信期货研究部

图表 5：行业因子对上证 50 指数贡献度



资料来源：Wind 中信期货研究部

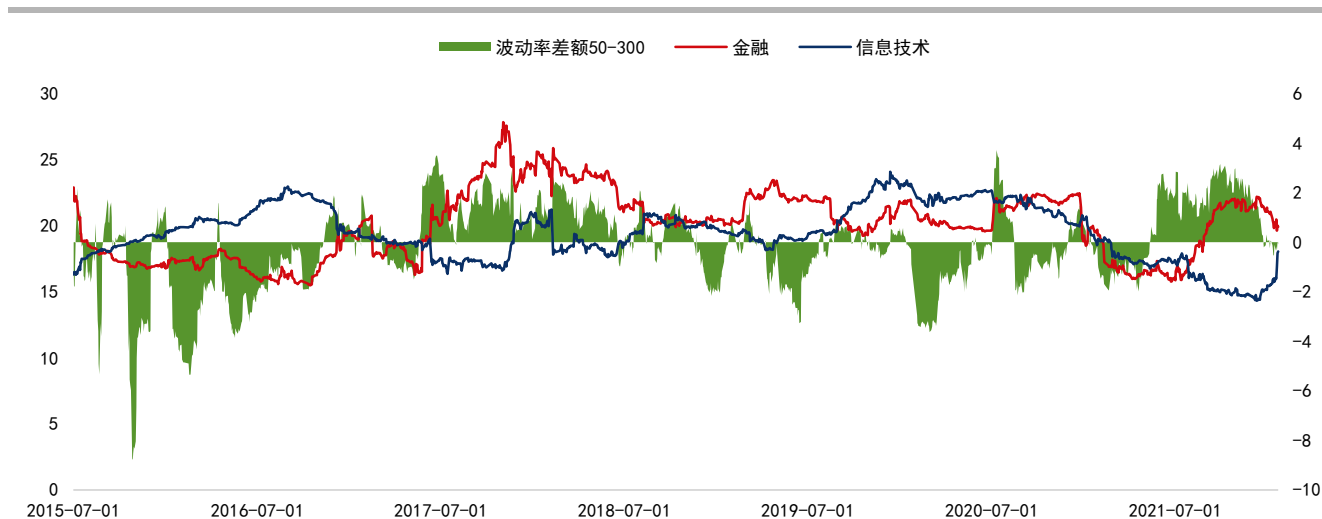
1、行业因子对指数波动率的贡献程度特征

我们综合权重和行业 Beta 后得到各行业因子对指数波动率的贡献分布后，发现如下特征：第一，长期来看行业的贡献程度排序较为稳定：对于沪深 300 指数来说，贡献度由高到低的排序是金融行业和信息技术行业第一档，日常消费和工业占据第二档；对于上证 50 指数来说，贡献度最高的三个行业分别是金融、日常消费与信息技术，且上证 50 指数行业分布的集中度更高，稳定性更好。因此图表中我们已将其他贡献度较低的行业隐去，仅关注主要行业特征。

第二，贡献程度变化走势和行业表现成反向关系的概率较大，这也可以从上文对行业 Beta 的分析中得到证明。举例从 2021 年来看，消费行业在在指数波动率中的占比不断升高，也佐证了消费行业的行情走势在 2021 年依旧表现不佳。反观高景气度为特征的信息技术行业在 2021 年表现较好，指数波动率贡献程度不断下降。

第三，波动率差额和金融行业与信息技术行业的交替运行相关。图表 4 中阴影面积部分为上证 50 指数和沪深 300 指数 30 天历史波动率的差额。长期看，差额围绕 0 值上下波动，且和沪深 300 指数中金融行业和信息技术行业的贡献度的轮动相关。若金融行业贡献度对沪深 300 指数波动率的贡献较高，则波动率差额为正的可能性较大；反之，若信息技术行业的贡献较高，则波动率差额为负值的可能性更大。

图表 6：波动率差额与金融、信息技术贡献度



资料来源：Wind 中信期货研究部

对此我们给出解释原因，假设沪深 300 指数波动率不变，当金融行业贡献较高，根据贡献度的第二点特征，说明金融行业收益表现相较于信息技术行业较差，这也导致与金融行业相关性较高的上证 50 指数收益表现较差，此时更容易出现上证 50 指数的波动率走高。当然上述规律也存在例外，例如在 2019 年 3 月-8 月，虽然金融行业因子对沪深 300 指数波动率的贡献度高于信息技术行业，但波动率差额仍为负。我们回溯当时的行业 Beta 后发现，在该阶段金融行业 Beta 反而是小于信息技术 Beta 的。事实上在 2019 年的市场下跌阶段金融行业表现反而优于信息技术行业，从而上证 50 指数的波动率低于沪深 300 指数波动率。

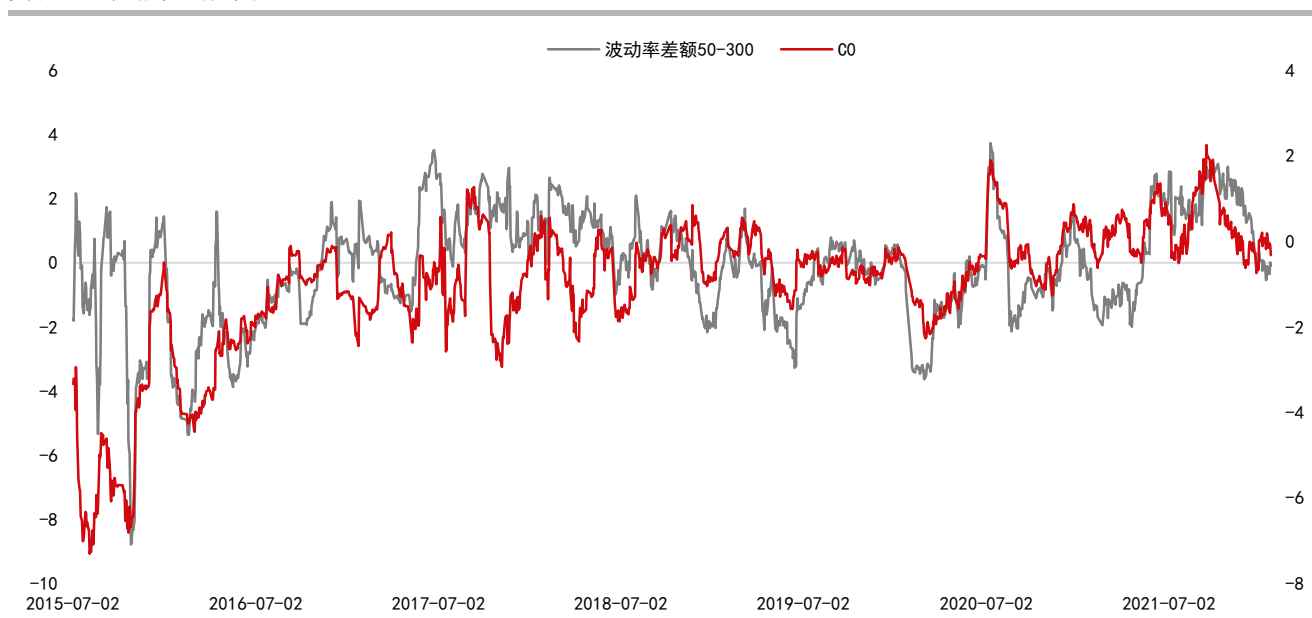
这也是我们对行业因子对波动率贡献程度分析的核心意义所在：我们可以根据波动率行业贡献程度和行业 Beta 对上证 50 指数和沪深 300 指数的波动率产生偏差的原因给出行业性解释。这里需要注意的是，上述成因解释在趋势层面有效，但在隔日级别的波动率差额“毛刺”难以给出解释，我们也在风险因子中对此给出提示。

2、构建波动率差额指标 C_0

受到波动率差额与金融行业和信息技术行业的走势启发，波动率出现差额主要产生原因来源于两方面：1、行业贡献度在沪深 300 指数和上证 50 指数上的差异；2、行业自身的走势表现。由此我们构建新指标 C_0 ，采取行业波动率衡量行业走势表现。

$$C_0 = \sum (C_{50_行业} - C_{300_行业}) * \sigma_i$$

图表 7：波动率差额指标



资料来源：Wind 中信期货研究部

波动率差额指标 C_0 走势完整地刻画了波动率差额走势，尤其在拐点部分表现较好，与真实的波动率差额指标的拐点高度一致，可以成为我们后续判断沪深 300 指数和上证 50 指数波动率差额走势拐点的指标。

但是如同我们上文所述，波动率差额指标 C_0 对真实波动率拐点的验证意义明确，但依旧难以在隔日级别的波动率差额“毛刺”给出解释，需要投资者注意。

四、行业权重变化对指数波动率的边际影响

回顾前文在行业 Beta 主导的行业因子贡献部分，我们做出的基本假设是指数内行业权重保持不变。因此最后，我们将从指数内行业权重的变化出发，对指数波动率的变化进行分析。本篇报告暂不讨论由行业波动率自身变化带来的边际影响。

我们推导投资组合边际贡献度的意义也正是在于此，当标的指数进行重新编制时，当个股及行业权重发生变化后，我们可以通过权重变化乘以边际贡献度从而近似判断指数调整对整体指数波动率的影响，且在这个过程中我们不需要考虑指数成分变化导致的相关性矩阵的变化影响。

$$M = \frac{\partial \sigma_p^2}{\partial \omega_i} = 2 * \beta_i * \sigma_p^2$$

图表 8：沪深 300 指数样本调整（2021.12.13）

wind 行业	调整前	调整后	12 月 13 日行业 Beta
材料	7.38	8.88	0.65
电信服务	0.41	0.46	0.46
房地产	2.00	1.74	0.67
工业	10.34	14.70	0.65
公用事业	1.77	2.39	0.27
金融	23.66	21.17	0.89
可选消费	9.24	8.43	0.87
能源	1.07	1.12	0.32
日常消费	15.93	14.50	1.30
信息技术	16.94	17.28	0.70
医疗保健	11.26	9.33	1.06

资料来源：Wind 中信期货研究部

经过计算，指数波动率在调整后边际降低 1.39%。从直观来看，本次指数样本调整加入了波动率较高的个股，指数波动率或本应上涨。因此对计算结果，我们做几点说明：第一，除了个股的高波动率外，低相关系数也是应该考量的因素；第二，虽然信息技术和工业的权重增加，但其行业 Beta 目前较低，反而挤出了高 Beta 行业（例如日常消费和金融）的权重；第三，我们讨论的仅是调整时点权重带来的边际影响，未来的指数波动率也会随着个股的高波动性而存在上升空间。

另一方面，样本调整后波动率变化 1.39%这个结果也很细微，对波动率实际走势并不构成较大影响。举例来看，在 2021 年 12 月 13 日至 12 月 14 日，沪深 300 指数实际历史波动率从 11.18%降至 10.90%时，就已经下降了 2.50%。

整体来看，尽管个股调整引发指数波动上行预期，但结合权重调整，我们认为这个影响可能会被高估。

免责声明

除非另有说明，中信期货有限公司拥有本报告的版权和/或其他相关知识产权。未经中信期货有限公司事先书面许可，任何单位或个人不得以任何方式复制、转载、引用、刊登、发表、发行、修改、翻译此报告的全部或部分材料、内容。除非另有说明，本报告中使用的所有商标、服务标记及标记均为中信期货有限公司所有或经合法授权被许可使用的商标、服务标记及标记。未经中信期货有限公司或商标所有权人的书面许可，任何单位或个人不得使用该商标、服务标记及标记。

如果在任何国家或地区管辖范围内，本报告内容或其适用与任何政府机构、监管机构、自律组织或者清算机构的法律、规则或规定内容相抵触，或者中信期货有限公司未被授权在当地提供这种信息或服务，那么本报告的内容并不意图提供给这些地区的个人或组织，任何个人或组织也不得在当地查看或使用本报告。本报告所载的内容并非适用于所有国家或地区或者适用于所有人。

此报告所载的全部内容仅作参考之用。此报告的内容不构成对任何人的投资建议，且中信期货有限公司不会因接收人收到此报告而视其为客户。

尽管本报告中所包含的信息是我们于发布之时从我们认为可靠的渠道获得，但中信期货有限公司对于本报告所载的信息、观点以及数据的准确性、可靠性、时效性以及完整性不作任何明确或隐含的保证。因此任何人不得对本报告所载的信息、观点以及数据的准确性、可靠性、时效性及完整性产生任何依赖，且中信期货有限公司不对因使用此报告及所载材料而造成的损失承担任何责任。本报告不应取代个人的独立判断。本报告仅反映编写人的不同设想、见解及分析方法。本报告所载的观点并不代表中信期货有限公司或任何其附属或联营公司的立场。

此报告中所指的投资及服务可能不适合阁下。我们建议阁下如有任何疑问应咨询独立投资顾问。此报告不构成任何投资、法律、会计或税务建议，且不担保任何投资及策略适合阁下。此报告并不构成中信期货有限公司给予阁下的任何私人咨询建议。

深圳总部

中信期货有限公司

深圳总部 地址：深圳市福田区中心三路 8 号卓越时代广场（二期）北座 13 层 1301-1305、14 层

邮编：518048

电话：400-990-8826