

相关研究

《量化研究新思维（二十一）——ETF是否会提高个股波动率：来自美国市场的证据》2020.09.29

《分享科技红利，“指”击科创板——工银瑞信科创ETF投资价值分析》2020.09.22

《收益与风险兼顾，新股申购加持——国泰中证500指数增强投资价值分析》2020.09.23

债券量化系列之二——债券违约概率模型及多因子组合优化

投资要点：

- **债务违约事件数量增长较快。**近年来，债券违约的数量和涉及的金额均呈现上升趋势。2015年，全年仅有7例违约，涉及的金额仅为16.55亿元。截至2020年8月底，债券违约的数量为128例，涉及的金额为1403.52亿元。
- **部分债券在违约之前仍然保持高评级。**债券发生违约的前一个月，有44.10%的债项评级为C，占比最高，有8.95%的债项评级为CC，两者合计为53.06%。然而，有约16%的债券在违约前的一个月，债项评级仍在AA-及以上。
- **违约债券的基本面情况。**主要从两个方面来分析：一是根据所选的基本面财务指标从低到高构建5个债券组合，月度再平衡，计算债券违约事件在5个组合中出现的频率；二是计算每个违约的债券违约前一个月的因子暴露情况。总体来看，违约债券主要呈现出低偿债能力，低盈利水平和低成长水平的特征。
- **违约概率预测模型。**从发债公司的基本面因子出发，利用Logistic回归模型结合Bagging算法，搭建违约风险概率模型，以预测债券的违约概率。若按照违约概率将所有债券分成5组，大约有61%的违约事件出现在预测违约概率最高的债券组合中，而只有0.44%的违约事件出现在预测违约概率最低的债券组合中。
- **企业债多因子组合优化。**通过组合优化的方法，在尽量降低债券组合违约风险的目标下，控制单只债券的权重，构建优化组合。优化后的组合与复合因子得分前10%的债券组合的收益风险特征接近，但可以较好地控制组合内的债券数量，且避免选到违约债券。
- **风险提示。**数据挖掘是从历史先验数据获取经验模型的方法，存在模型失效可能。

分析师:冯佳睿

Tel:(021)23219732

Email:fengjr@htsec.com

证书:S0850512080006

分析师:张振岗

Tel:(021)23154386

Email:zzg11641@htsec.com

证书:S0850519050001

目 录

1. 债券违约分析	6
1.1 违约债券分类	6
1.2 违约债券的评级变化	8
2. 违约债券的基本面分析	9
2.1 偿债能力	9
2.2 营运能力	11
2.3 盈利水平	13
2.4 成长水平	14
3. 违约概率模型	16
4. 企业债多因子组合优化	18
5. 总结	19
6. 风险提示	19

图目录

图 1	历年债券违约数量（单位：例）	6
图 2	历年债券违约涉及金额（单位：亿元）	6
图 3	债券违约数量：违约类型（2015-2020.08）	6
图 4	债券违约分布：违约类型（2015-2020.08）	6
图 5	债券违约数量：发行方式（2015-2020.08）	7
图 6	债券违约分布：发行方式（2015-2020.08）	7
图 7	债券违约分布时间序列：发行方式	7
图 8	债券违约数量：债券类型（2015-2020.08）	7
图 9	债券违约分布：违约类型（2015-2020.08）	7
图 10	债券违约分布时间序列：债券类型	8
图 11	债券违约前 12 个月的债项评级变化	8
图 12	债券违约前 12 个月的主体评级变化	9
图 13	违约债券分布：流动比率	10
图 14	违约债券分布：速动比率	10
图 15	违约债券分布：保守速动比率	10
图 16	违约债券分布：现金流量比率	10
图 17	违约债券分布：流动负债比率	10
图 18	违约债券分布：资产负债率	10
图 19	违约债券分布：产权比率	11
图 20	违约债券分布：已获利息倍数	11
图 21	违约债券分布：有形资产带息债务比	11
图 22	违约债券分布：有形资产比例	11
图 23	违约债券的偿债因子暴露	11
图 24	违约债券分布：存货周转率	12
图 25	违约债券分布：应收账款周转率	12
图 26	违约债券分布：流动资产周转率	12
图 27	违约债券分布：固定资产周转率	12
图 28	违约债券分布：总资产周转率	12
图 29	违约债券的营运因子暴露	13
图 30	违约债券分布：ROE	13

图 31	违约债券分布: ROA	13
图 32	违约债券分布: 销售净利率	14
图 33	违约债券分布: 营业利润率	14
图 34	违约债券的盈利因子暴露	14
图 35	违约债券分布: 净利润同比增长率	15
图 36	违约债券分布: 营收同比增长率	15
图 37	违约债券分布: 总资产同比增长率	15
图 38	违约债券分布: 股东权益同比增长率	15
图 39	违约债券分布: ROE 同比增长率	15
图 40	违约债券的成长因子暴露	16
图 41	违约概率预测: Logistic 回归复合因子模型	17
图 42	债券组合净值对比	18

表目录

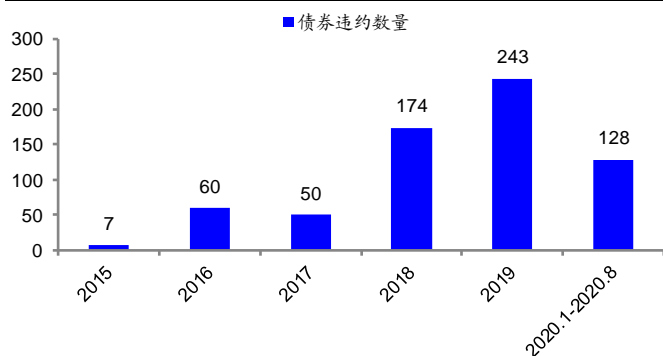
表 1	偿债能力指标.....	9
表 2	营运能力指标.....	12
表 3	盈利能力指标.....	13
表 4	成长水平指标.....	14
表 5	L1 正则化 Logistic 回归的因子选中比例.....	17
表 6	组合优化参数.....	18
表 7	债券组合风险收益特征（2015-2020.08）.....	19
表 8	债券组合年度收益对比	19

1. 债券违约分析

近年来，债券违约的数量和涉及的金额均呈现上升趋势。如下图所示，2015 年，全年仅 7 例违约，涉及的金额仅为 16.55 亿元，而 2016 年的数量和金额就分别上升至 60 例和 410.83 亿元。

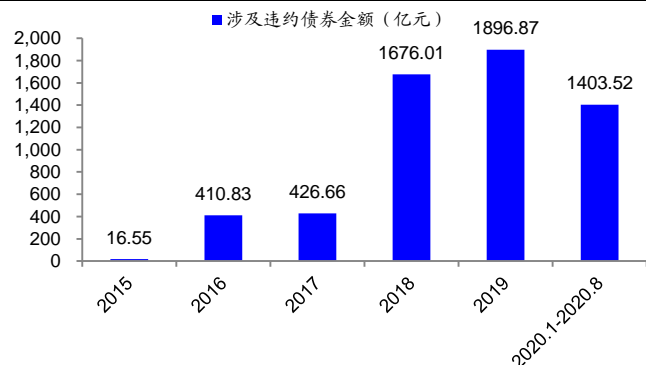
2018 年，债券违约的数量和金额跃升，数量从 2017 年的 50 例增加到 174 例，涉及的金额也从 2017 年的 426.66 亿元上升到 1676.01 亿元。2019 年全年债券违约的数量达到 243 例，涉及的金额达到 1896.87 亿元。

图1 历年债券违约数量（单位：例）



资料来源：Wind，海通证券研究所

图2 历年债券违约涉及金额（单位：亿元）



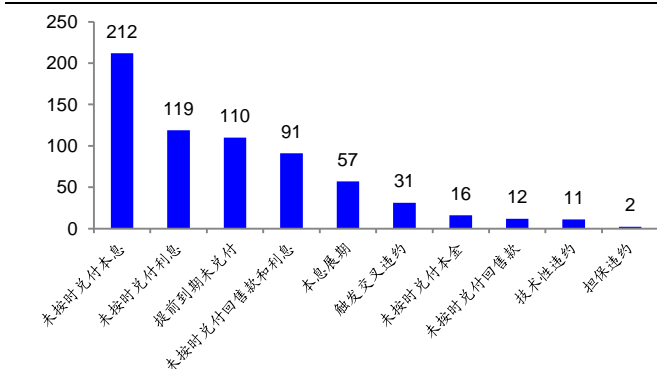
资料来源：Wind，海通证券研究所

截至 2020 年 8 月底，2020 年债券违约的数量为 128 例，涉及的金额为 1403.52 亿元。2019 年同期为 157 例和 1116.92 亿元，违约的数量虽出现下降，但涉及的金额依然保持增长。

1.1 违约债券分类

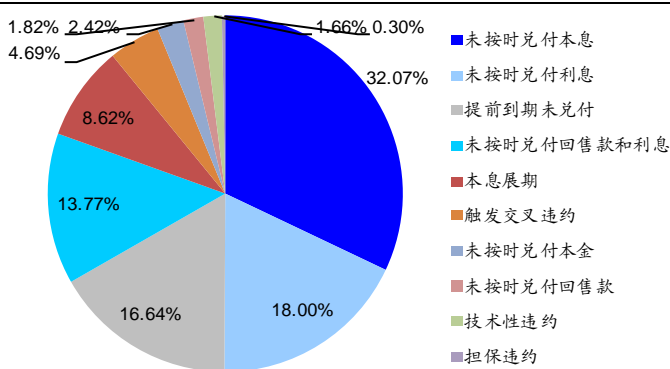
如下图所示，从债券违约的类型来看，2015-2020.08 期间，数量最多的是“未按时兑付本息”，达到 212 例，占比 32.07%。其次为“未按时兑付利息”的 119 例，占比 18%。

图3 债券违约数量：违约类型（2015-2020.08）



资料来源：Wind，海通证券研究所

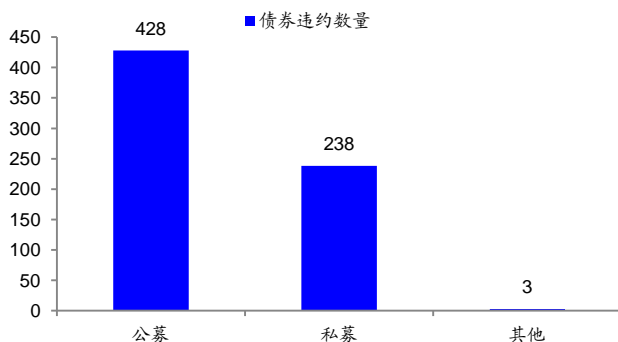
图4 债券违约分布：违约类型（2015-2020.08）



资料来源：Wind，海通证券研究所

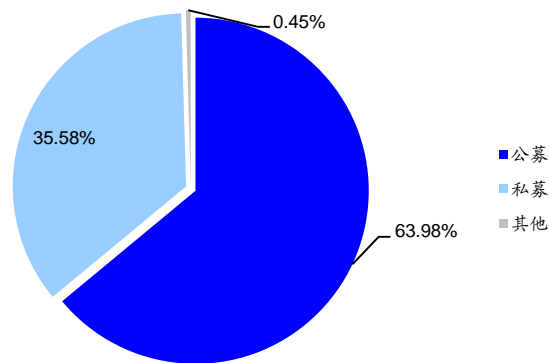
如下图所示，按照发行方式分类，公募债券的违约数量最多，达 427 例，占比为 64.60%。而私募债券的违约数量为 231 例，占比为 34.95%。

图5 债券违约数量：发行方式（2015-2020.08）



资料来源：Wind，海通证券研究所

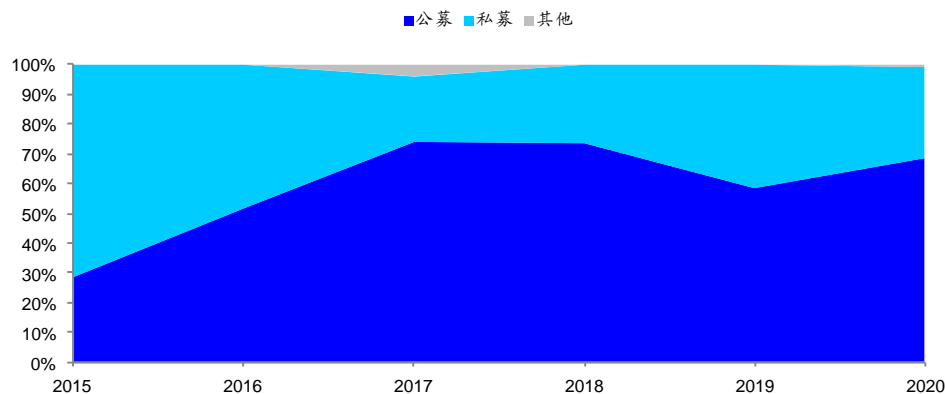
图6 债券违约分布：发行方式（2015-2020.08）



资料来源：Wind，海通证券研究所

如下图所示，从历史分布来看，2017 年之前，私募债的违约比例高于公募债。但 2017 年之后，公募债违约的比例基本维持在 60%-70%之间。

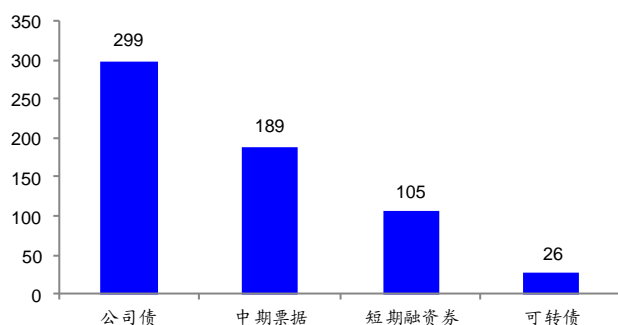
图7 债券违约分布时间序列：发行方式



资料来源：Wind，海通证券研究所

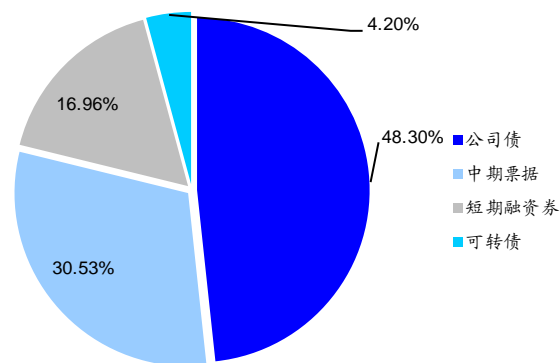
如下图所示，从债券类型来看，违约数量最多的是公司债(299 例)，占比为 48.30%，接近一半。其次为中期票据的 189 例和短期融资券的 105 例，占比分别为 30.53%和 16.96%。另外，可转债也有 26 例违约事件，约占 4.2%。

图8 债券违约数量：债券类型（2015-2020.08）



资料来源：Wind，海通证券研究所

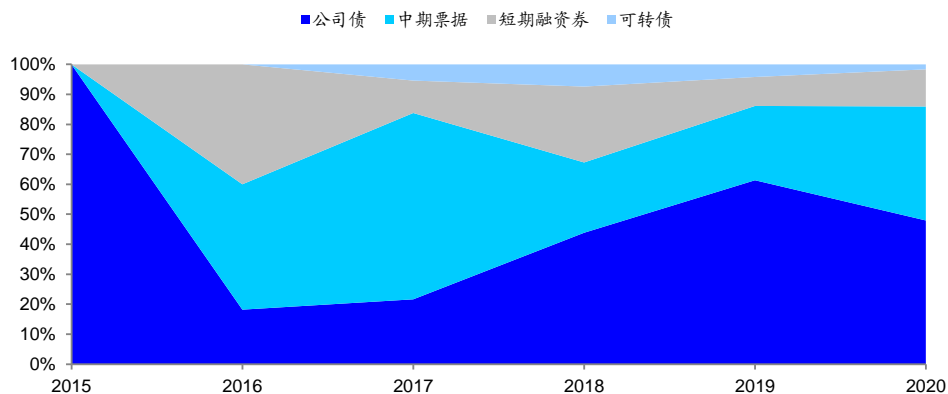
图9 债券违约分布：违约类型（2015-2020.08）



资料来源：Wind，海通证券研究所

如下图所示，从历史分布来看，除 2016 年，中期票据和短融违约的数量超过公司债，以及 2017 年中期票据违约的数量超过公司债，其他年份违约数量最多债券类型均为公司债。

图10 债券违约分布时间序列：债券类型

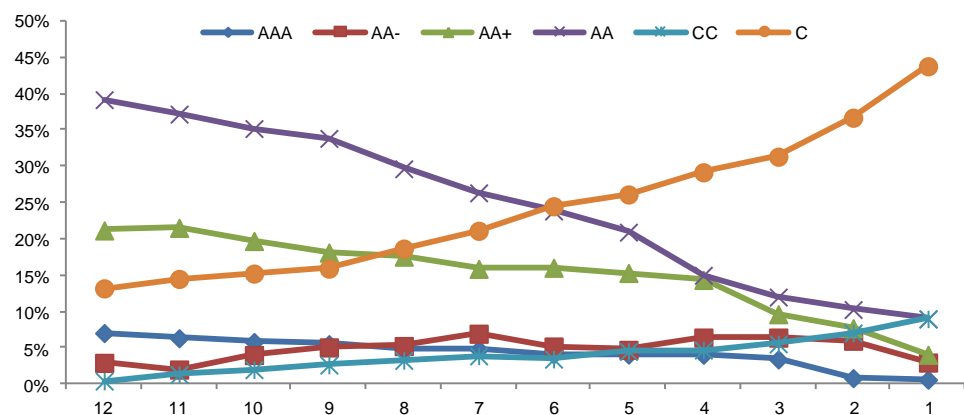


资料来源：Wind，海通证券研究所

1.2 违约债券的评级变化

如下图所示，债券违约前一个月，有 44.10% 的债项评级为 C，占比最高；有 8.95% 的债项评级为 CC，两者合计为 53.06%。然而，约 16% 的债券在违约前一个月的债项评级仍在 AA-及以上。其中，AAA 级有 0.66%，AA+级有 3.93%，AA 级有 8.73%，AA-级有 3.06%。

图11 债券违约前 12 个月的债项评级变化



资料来源：Wind，海通证券研究所

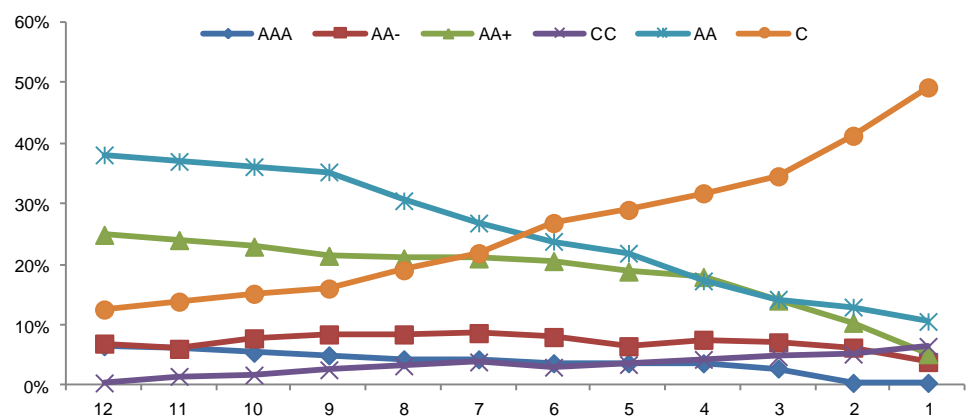
从评级的时间序列变化来看，违约债券在违约的前一年约有 40% 的债项评级为 AA，21% 的债项评级为 AA+，7% 的债项评级为 AAA。也就是说，有接近 70% 的违约债券在违约前一年的债项评级在 AA 及以上。

如下图所示，债券违约的前一个月，有 49.67% 的主体评级为 C，占比最高，有 6.59% 的主体评级为 CC，两者合计为 56.26%。然而，约 20% 的债券在违约前一个月的主体评级仍在 AA-及以上。其中，AAA 级有 0.44%，AA+级有 5.27%，AA 级有 10.33%，AA-级有 5.93%。

从评级的时间序列变化来看，违约债券的主体评级和债项评级相似，同样有接近 70% 的违约债券在违约前一年的主体评级在 AA 及以上。

从上述分析可见，仅从评级来预判债券违约事件并不全面，我们需要更加精细的指标和方法。

图12 债券违约前 12 个月的主体评级变化



资料来源：Wind，海通证券研究所

2. 违约债券的基本面分析

截至 2020 年 8 月，违约债券的发债主体均为企业，因此我们可从发债企业的财务指标出发，分析违约债券的基本面情况，寻找预判违约的思路。对于债券的基本面因子，我们划分成 4 类：偿债能力、营运能力、盈利水平和成长水平。

本文主要从两个方面来分析违约债券的基本面情况：一是根据所选的基本面财务指标从低到高构建 5 个债券组合（对应组合 Q1-Q5），月度再平衡，计算债券违约事件在 5 个组合中出现的频率；二是计算每个违约的债券违约前一个月的因子暴露，然后观察违约债券在不同基本面指标上的因子暴露均值。

2.1 偿债能力

对于偿债能力指标，我们进一步细分成短期偿债因子和长期偿债因子。短期偿债因子包括流动比率、速动比率、保守速动比率、现金流量比率和流动负债比率，长期偿债因子包括资产负债率、已获利息倍数、有形资产带息债务比和有形资产比例。

下表列示了各个偿债因子的计算公式和方向。其中，方向为正意味着指标越高，短期（或者长期）偿债能力越强，反之亦然。在短期偿债因子中，流动负债比率的方向为负，意味着流动负债越低的债券，短期偿债能力越强，而其他因子的方向均为正。长期偿债因子中，资产负债率和产权比率的方向为负，已获利息倍数、有形资产带息债务比和有形资产比例的方向为正。

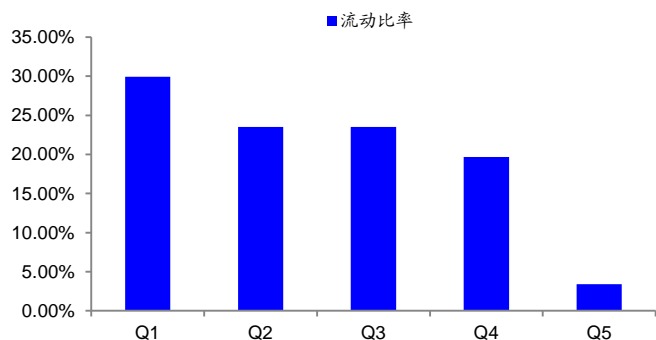
表 1 偿债能力指标

	名称	计算公式	方向
短期偿债因子	流动比率	流动资产/流动负债	+
	速动比率	(流动资产-存货)/流动负债	+
	保守速动比率	(现金+ 短期证券+ 应收票据+应收账款净额) / 流动负债	+
	现金流量比率	经营活动产生的现金流量净额/流动负债	+
	流动负债比率	流动负债/负债合计	-
长期偿债因子	资产负债率	负债总额/资产总额	-
	产权比率	负债总额与所有者权益总额	-
	已获利息倍数	息税前利润总额/利息支出	+
	有形资产带息债务比	有形资产/带息债务	+
	有形资产比例	有形资产/总资产	+

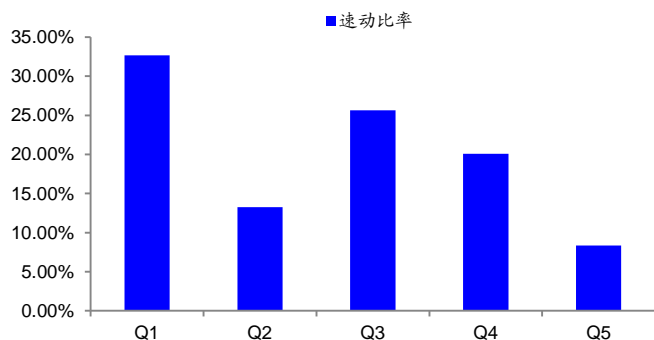
资料来源：Wind，海通证券研究所

理论上来说，偿债能力越强的债券违约概率越低。因此，方向为正的偿债因子的违约债券分布应当呈单调递减，而方向为负的偿债因子的违约债券分布则呈单调递增。

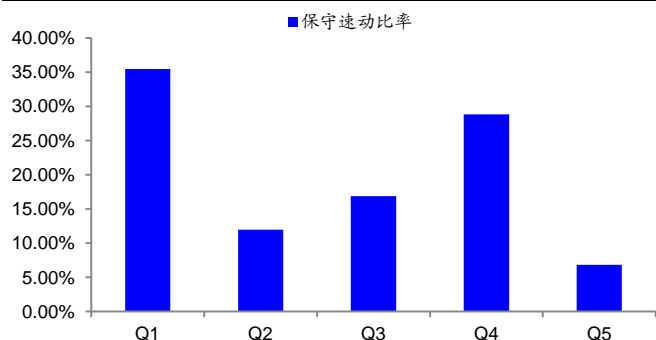
如图 13-图 22 所示，流动比率、速动比率、保守速动比率、已获利息倍数、有形资产带息债务比和有形资产比例 7 个因子，对应的违约债券分布整体呈单调递减；而流动负债比率、资产负债率和产权比率 3 个因子，对应的违约债券分布整体呈单调递增，均与理论逻辑保持一致。

图13 违约债券分布：流动比率


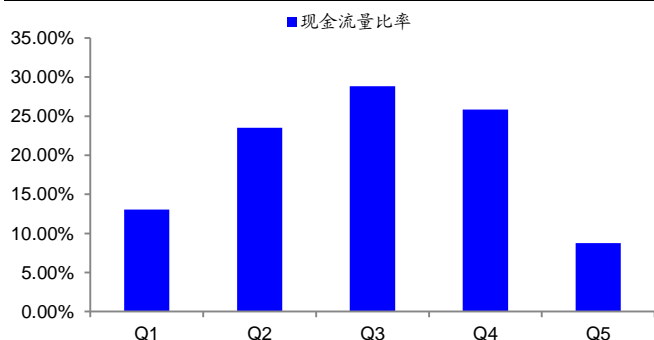
资料来源：Wind，海通证券研究所

图14 违约债券分布：速动比率


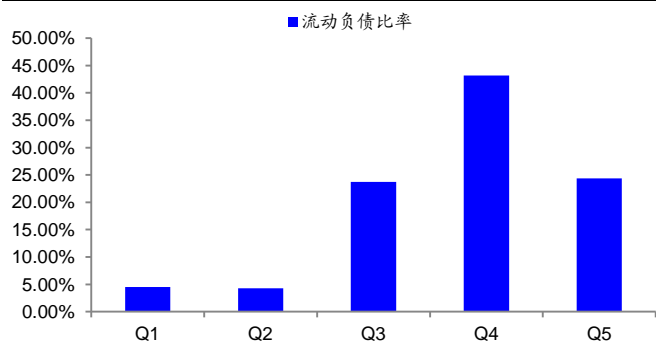
资料来源：Wind，海通证券研究所

图15 违约债券分布：保守速动比率


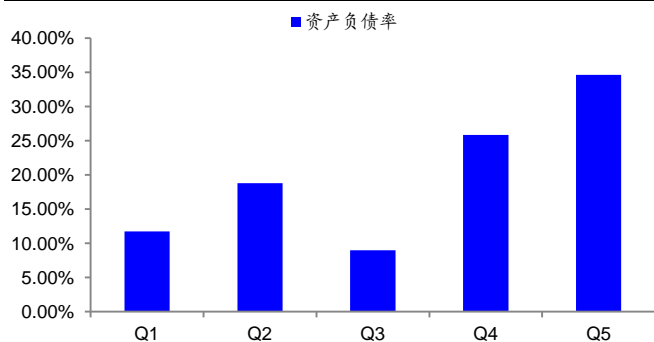
资料来源：Wind，海通证券研究所

图16 违约债券分布：现金流量比率


资料来源：Wind，海通证券研究所

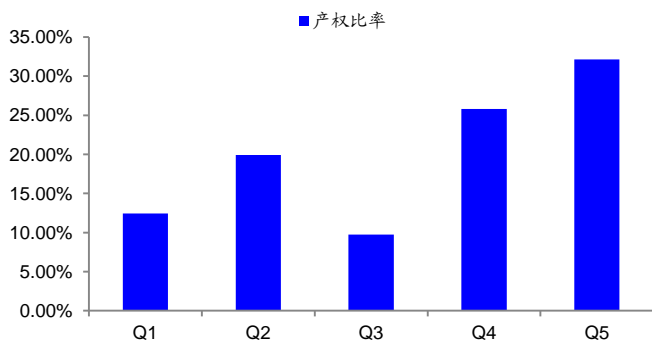
图17 违约债券分布：流动负债比率


资料来源：Wind，海通证券研究所

图18 违约债券分布：资产负债率


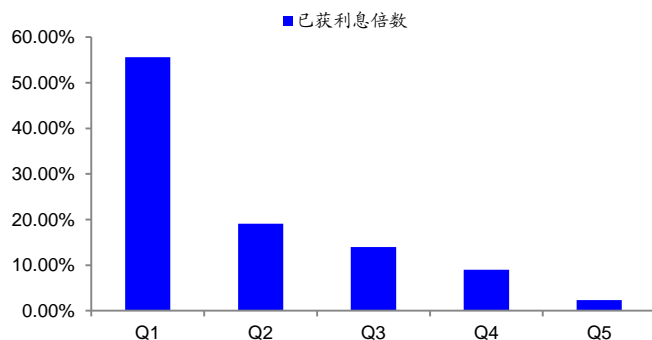
资料来源：Wind，海通证券研究所

图19 违约债券分布：产权比率



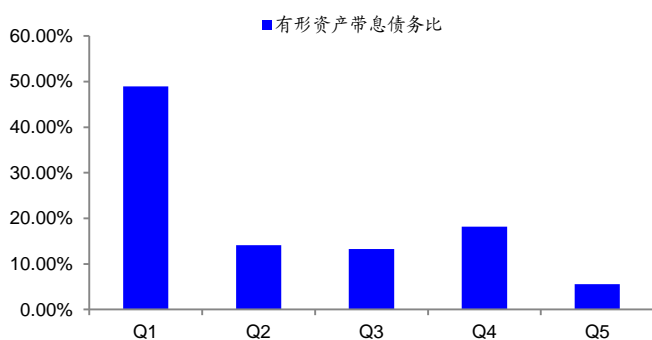
资料来源：Wind，海通证券研究所

图20 违约债券分布：已获利息倍数



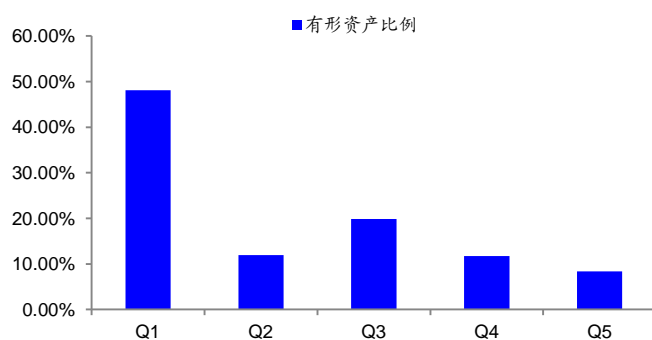
资料来源：Wind，海通证券研究所

图21 违约债券分布：有形资产带息债务比



资料来源：Wind，海通证券研究所

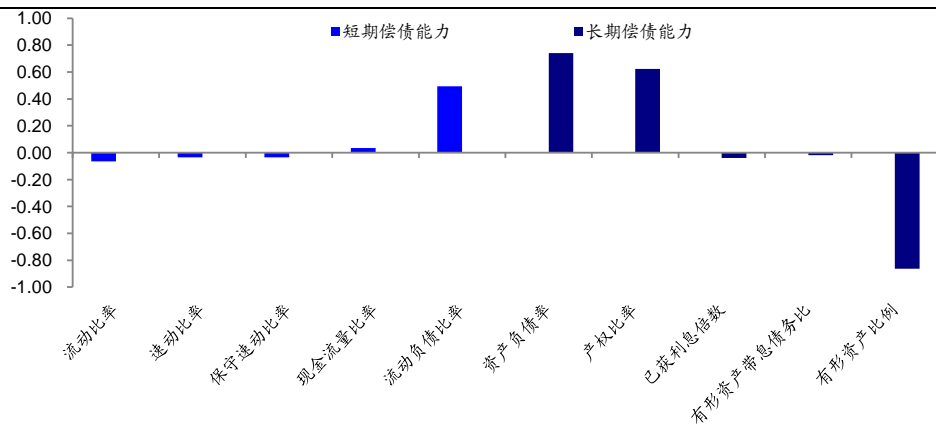
图22 违约债券分布：有形资产比例



资料来源：Wind，海通证券研究所

从因子暴露来看，违约债券在流动负债比率、资产负债率和产权比率三个因子上有较高的正向暴露，在有形资产比例上有较高的负向暴露。因此，违约债券整体呈现出流动负债比例较高、高杠杆和低有形资产比例的特征。

图23 违约债券的偿债因子暴露



资料来源：Wind，海通证券研究所

2.2 营运能力

如下表所示，营运能力包括存货周转率、应收账款周转率、流动资产周转率、固定资产周转率和总资产周转率5个因子，方向均为正向。

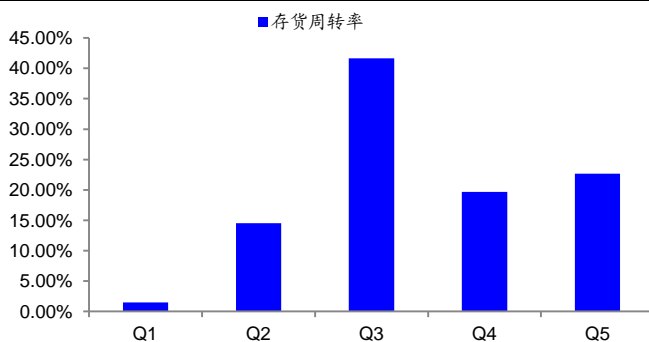
表 2 营运能力指标

名称	计算公式	方向
存货周转率	销售收入/存货平均余额	+
应收账款周转率	销售收入/应收账款平均余额	+
流动资产周转率	销售收入/流动资产平均余额	+
固定资产周转率	销售收入/固定资产平均余额	+
总资产周转率	销售收入/总资产平均余额	+

资料来源：Wind，海通证券研究所

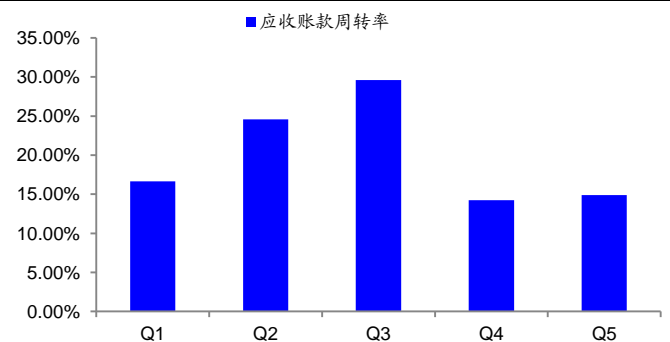
如图 24-图 28 所示，违约债券在不同营运能力指标分组下的分布与方向逻辑不符。例如，高总资产周转率组合的违约事件似乎比低总资产周转率组合更少一些。

图24 违约债券分布：存货周转率



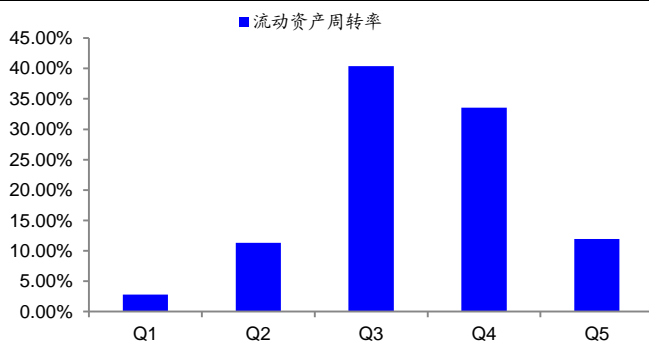
资料来源：Wind，海通证券研究所

图25 违约债券分布：应收账款周转率



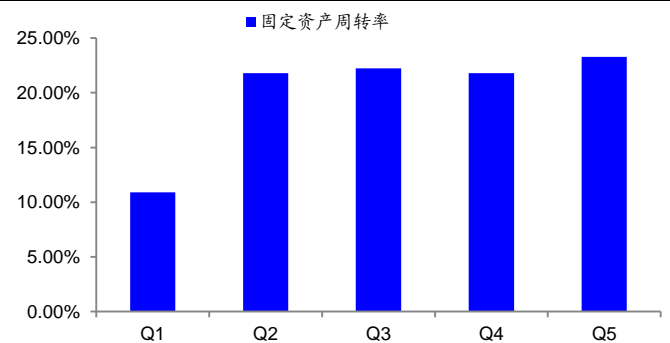
资料来源：Wind，海通证券研究所

图26 违约债券分布：流动资产周转率



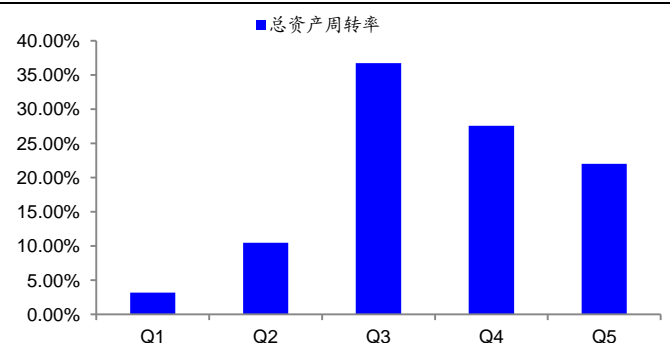
资料来源：Wind，海通证券研究所

图27 违约债券分布：固定资产周转率



资料来源：Wind，海通证券研究所

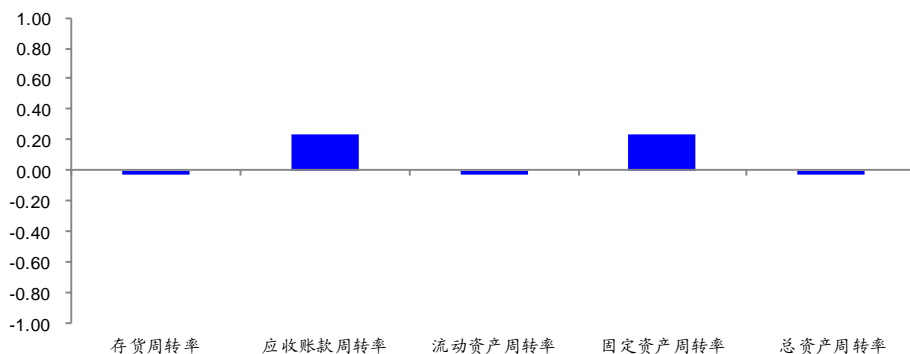
图28 违约债券分布：总资产周转率



资料来源：Wind，海通证券研究所

从因子暴露来看，违约债券在营运能力因子上并没有很明显的暴露。我们认为，营运能力因子与债券违约的相关性并不高。

图29 违约债券的营运因子暴露



资料来源：Wind，海通证券研究所

2.3 盈利水平

如下表所示，盈利水平包括 ROE、ROA、销售净利率和营业利润率 4 个因子，方向均为正向。

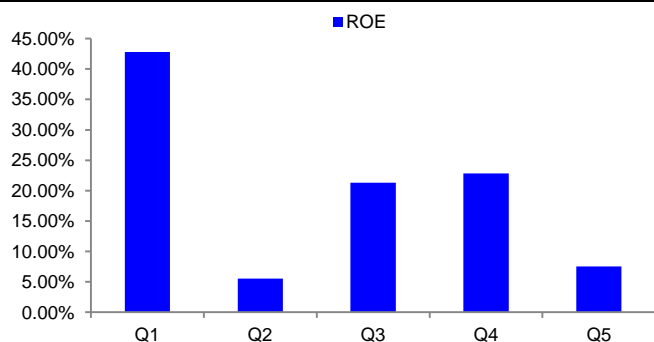
表 3 盈利能力指标

名称	计算公式	方向
ROE	净利润/净资产	+
ROA	净利润/总资产	+
销售净利率	净利润/销售收入	+
营业利润率	营业利润/全部业务收入	+

资料来源：Wind，海通证券研究所

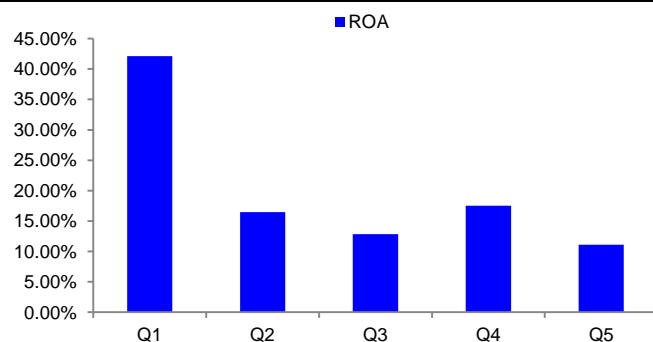
如图 30-图 33 所示，盈利水平较高的债券组合中，出现违约事件的次数相对更少，而 40%-50%的违约债券出现在盈利水平最低的债券组合之中。

图30 违约债券分布：ROE



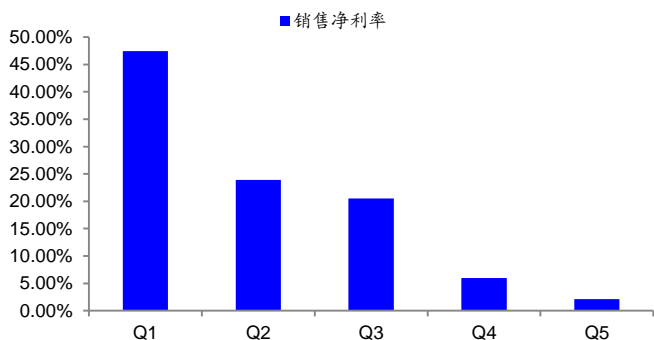
资料来源：Wind，海通证券研究所

图31 违约债券分布：ROA



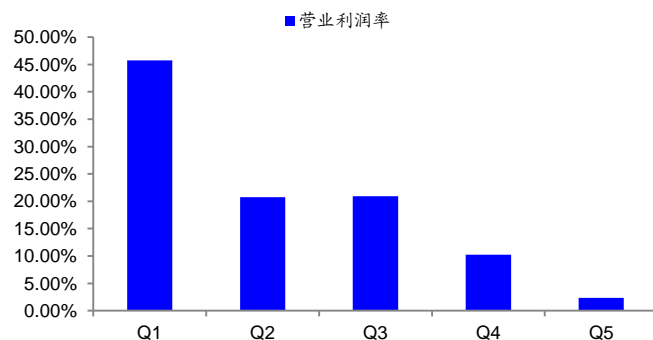
资料来源：Wind，海通证券研究所

图32 违约债券分布：销售净利率



资料来源：Wind，海通证券研究所

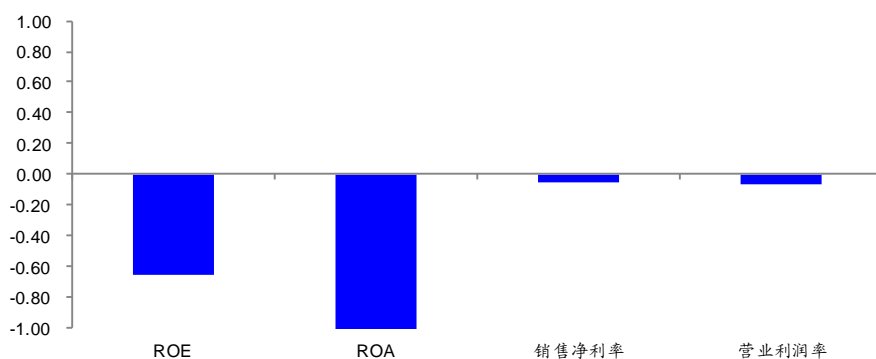
图33 违约债券分布：营业利润率



资料来源：Wind，海通证券研究所

从因子暴露来看，违约债券在 ROE 和 ROA 两个因子上都有着较高的负向暴露。因此，我们认为，违约债券整体呈现出低盈利水平的特征。

图34 违约债券的盈利因子暴露



资料来源：Wind，海通证券研究所

2.4 成长水平

如下表所示，成长水平包括净利润同比增长率、营收同比增长率、总资产同比增长率、股东权益同比增长率和 ROE 同比增长率 5 个因子，其方向均为正向。

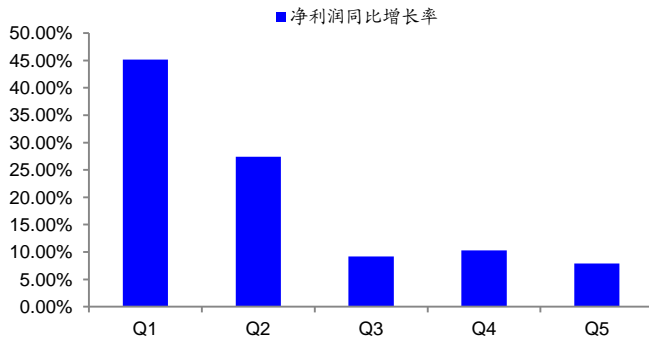
表 4 成长水平指标

名称	计算公式	方向
净利润同比增长率	$(\text{当期净利润} - \text{上一年同期净利润}) / \text{上一年同期净利润}$	+
营收同比增长率	$(\text{当期营收} - \text{上一年同期营收}) / \text{上一年同期营收}$	+
总资产同比增长率	$(\text{当期期末总资产} - \text{上一年同期期末总资产}) / \text{上一年同期期末总资产}$	+
股东权益同比增长率	$(\text{当期期末股东权益} - \text{上一年同期期末股东权益}) / \text{上一年同期期末股东权益}$	+
ROE 同比增长率	$(\text{当期 ROE} - \text{上一年同期 ROE}) / \text{上一年同期 ROE}$	+

资料来源：Wind，海通证券研究所

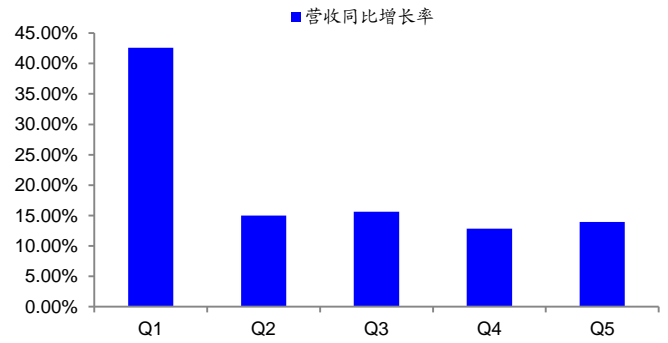
如图 35-图 39 所示，与盈利因子类似，违约债券在成长因子上的分布整体呈单调递减的特征。大约有 40%-50% 的违约债券出现在成长水平最低的债券组合之中，成长水平最高的债券组合仅有约 10% 左右的违约事件。

图35 违约债券分布：净利润同比增长率



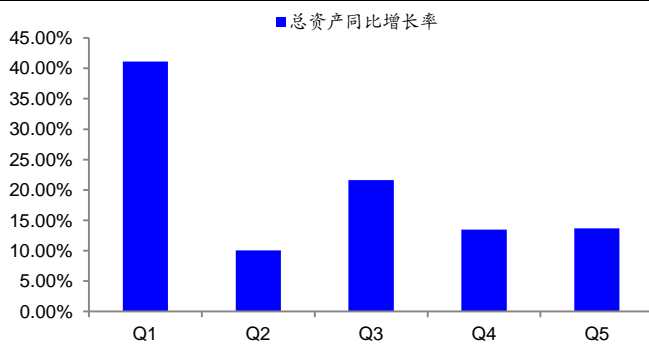
资料来源：Wind，海通证券研究所

图36 违约债券分布：营收同比增长率



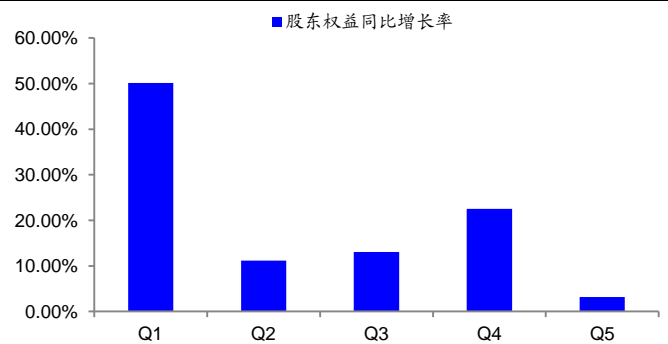
资料来源：Wind，海通证券研究所

图37 违约债券分布：总资产同比增长率



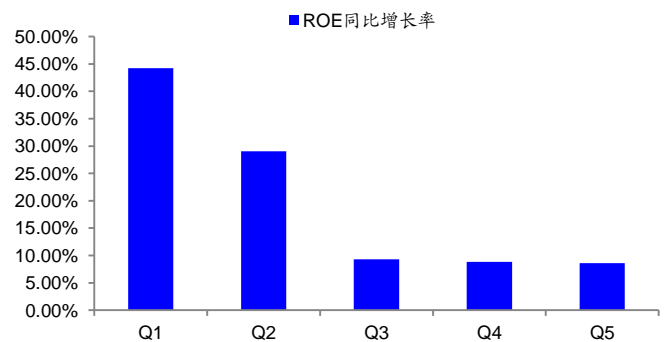
资料来源：Wind，海通证券研究所

图38 违约债券分布：股东权益同比增长率



资料来源：Wind，海通证券研究所

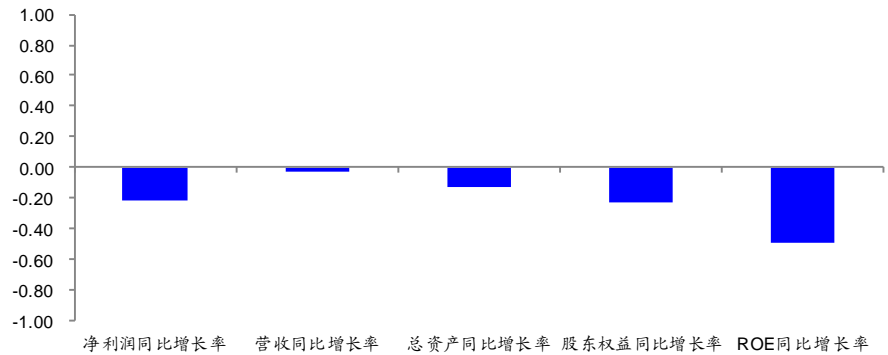
图39 违约债券分布：ROE 同比增长率



资料来源：Wind，海通证券研究所

从因子暴露来看，违约债券在 ROE 同比增长率上有着较高的负向暴露，整体呈现出低成长水平的特征。

图40 违约债券的成长因子暴露



资料来源: Wind, 海通证券研究所

3. 违约概率模型

结合上文的分析结果, 我们使用 Logistic 回归来预测未来 1 期的债券违约概率, 具体模型如下:

$$\log\left(\frac{P_{\text{违约}}}{1-P_{\text{违约}}}\right) = \alpha + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k$$

其中, 自变量 X_i 为上一节讨论的债券基本面因子。

根据 Logistic 回归模型可知, 债券的违约概率计算公式如下。

$$P_{\text{违约}} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta^T X + \alpha)}}$$

考虑到债券中违约事件的占比较小, 极易产生训练数据不均衡的问题, 我们采用 Bagging 算法 (Bootstrap Aggregating) 来训练模型。

Bagging 是一种集成学习方法, 在集成学习中, 一般会训练多个模型, 并将它们结合起来以获得更好的结果, 具体步骤如下。

- 1) 将违约债券按违约时间的先后等分成 2 组, 作为违约训练数据和违约测试数据。
- 2) 在违约训练数据中随机抽取 200 条, 数据标签为 1; 在不违约的债券中随机抽取 200 条数据, 数据标签为 0。这两组数据共同组成最终的训练数据样本。
- 3) 在违约数据中, 将债券违约前一个月的基本面因子作为训练数据的特征, 训练得到 Logistic 回归模型中的参数 β 和 α 。
- 4) 重复 2) 和 3) 的步骤 1000 次, 计算参数 β 和 α 的均值作为最终的估计值, 并得到违约测试数据中每只债券的违约概率预测。

在预测债券违约概率之前, 首先要进行训练数据的特征筛选, 我们采用了 L1 正则化的 Logistic 回归来挑选合适的基本面因子。相比于普通的 Logistic 回归, 它通过构造一个惩罚函数来实现特征筛选, 其目标函数的表达式如下。

$$\operatorname{argmin}_{\beta \in \mathbb{R}^n} \left\{ -\sum_{i=1}^n \left[y_i (x_i^T \beta) - \log(1 + \exp(x_i^T \beta)) \right] + \lambda \|\beta\|_1 \right\}$$

如下表所示，在进行了 10000 次 L1 正则化的 Logistic 回归之后，我们计算了每个债券基本面因子被回归模型选中的比例。考虑到营运能力因子与债券违约相关性并不高，我们在回归模型之前，人为剔除了营运能力因子。

表 5 L1 正则化 Logistic 回归的因子选中比例

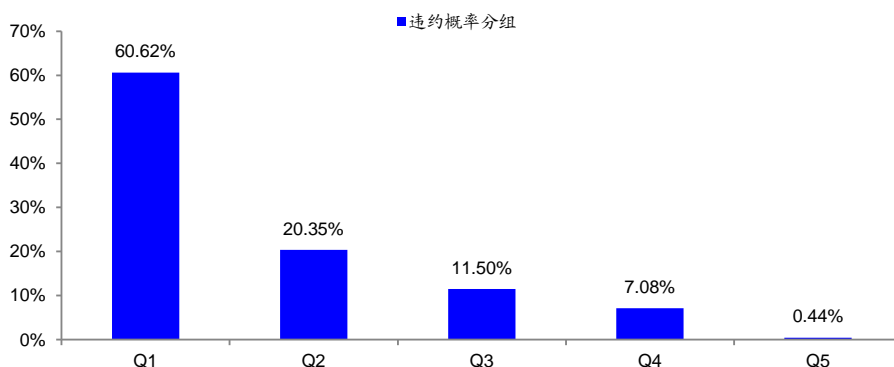
	名称	选中比例
偿债能力	流动比率	74%
	速动比率	81%
	保守速动比率	75%
	现金流量比率	100%
	流动负债比率	100%
	资产负债率	100%
	产权比率	94%
	已获利息倍数	95%
	有形资产带息债务比	12%
	有形资产比例	100%
盈利能力	ROE	99%
	ROA	88%
	销售净利率	39%
	营业利润率	43%
成长能力	净利润同比增长率	70%
	营收同比增长率	47%
	ROE 同比增长率	79%
	总资产同比增长率	72%
	股东权益同比增长率	99%

资料来源：Wind，海通证券研究所

仅保留选中比例在 90% 以上的 8 个因子，包括现金流量比率、流动负债比例、资产负债率、产权比率、已获利息倍数、有形资产比例、ROE 和股东权益同比增长率。其中，偿债能力因子 6 个，盈利能力因子和成长能力因子各 1 个。

在违约测试数据中，我们按照每只债券的违约概率预测值从高到低分成 5 组，结果如下图所示。有 61% 的违约事件出现在预测违约概率最高的债券组合中，而只有 0.44% 的违约事件出现在预测违约概率最低的债券组合中。由此可见，我们基于基本面因子构建的债券违约概率预测模型，能够比较准确地预警债券违约事件。

图 41 违约概率预测：Logistic 回归复合因子模型



资料来源：Wind，海通证券研究所

4. 企业债多因子组合优化

在本系列的第一篇报告《债券量化系列之一——企业债多因子体系初探》中，我们引入了多因子选债框架，并回测了复合因子得分前 10% 的债券组合（下称 Top10% 组合）的业绩表现。但我们也发现，Top10% 组合存在很多问题，例如，组合内债券数量过多，有可能选到违约债券等，因而对实际操作的指导性不强。

为此，我们采用和构建股票多因子组合类似的组合优化方法，在尽可能降低债券组合违约风险的前提下，进一步控制单只债券的权重，构建与 Top10% 组合收益风险特征接近，但实践意义更强的债券组合。具体模型如下，目标函数 1 和 2 的区别在于是否包括对组合换手率的约束。

$$1. \min_w w^T P_{\text{违约}}$$

$$2. \min_w w^T P_{\text{违约}} + \lambda \|w_{i,t} - w_{i,t-1}\|_1$$

$$w^T F = TP$$

$$0 \leq w_{i,t} \leq W_{\max 1}$$

$$s.t. \quad w_{\text{issuer},t} \leq W_{\max 2}$$

$$\sum_k w_{i,t} = 1$$

其中， $P_{\text{违约}}$ 是预测的违约概率， F 为报告《债券量化系列之一——企业债多因子体系初探》中的选债因子， TP 为 Top10% 组合各个因子的风险暴露。其余参数的设定见下表。

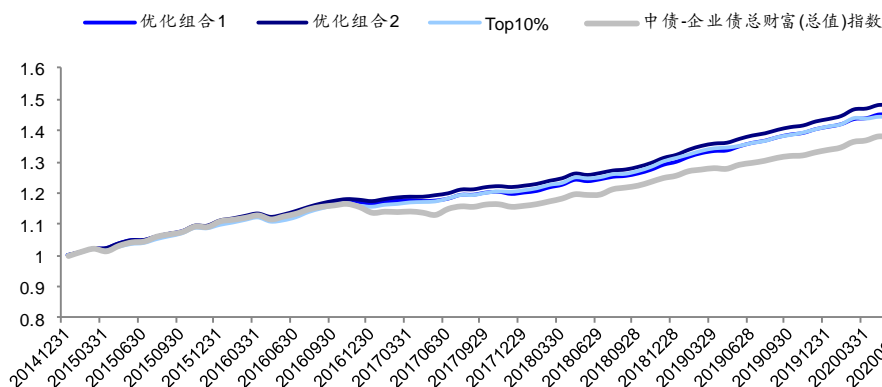
表 6 组合优化参数

参数	参数名	参数值
λ	换手率目标函数系数	0.1
$W_{\max 1}$	单个债券的最大权重	5%
$W_{\max 2}$	单个债券主体的最大权重	5%

资料来源：Wind，海通证券研究所

如下图所示，2 个优化组合和 Top10% 组合的净值曲线十分接近，均可以战胜基准——中债企业债总财富指数。其中，优化组合 1、2 分别对应模型中的目标函数 1、2。

图 42 债券组合净值对比



资料来源：Wind，海通证券研究所

从风险收益特征来看，优化组合 1、2 和 Top10% 的年化收益分别为 6.85%、7.00% 和 6.87%，夏普比率分别为 3.63、4.01 和 3.93。而基准指数的年化收益为 5.80%，夏普比率为 2.66。

更加值得关注的是，Top10% 组合的平均持券数量多达 940 只，且共有 200 次选到违约债券。而优化组合 1 和 2 的平均持券数量仅为 27 只，且从未选到过违约债券。

债券组合的换手率较高。其中，优化组合 1 和 Top10% 组合的月均双边换手率都在 100% 以上，而在目标函数中加入换手率约束后，双边换手率下降至 82%。

表 7 债券组合风险收益特征（2015-2020.08）

	优化组合 1	优化组合 2	Top10%	中债企业债总财富指数
年化收益	6.85%	7.00%	6.87%	5.80%
年化波动率	1.89%	1.75%	1.75%	2.18%
夏普比率	3.63	4.01	3.93	2.66
最大回撤	-1.44%	-1.21%	-1.21%	-3.00%
平均持券数量	27	27	940	
违约债券数量	0	0	200	
月均双边换手率	1.30	0.82	1.05	

资料来源：Wind，海通证券研究所

下表展示了债券组合历年的业绩表现。除 2015 年，优化组合 1 的超额收益为负之外，其他年份上，2 个优化组合均可以战胜基准。

表 8 债券组合年度收益对比

	优化组合 1	优化组合 2	Top10%	中债企业债总财富	优化组合 1 超额收益	优化组合 2 超额收益	Top10% 超额收益
2015	10.57%	11.16%	9.75%	11.00%	-0.43%	0.16%	-1.25%
2016	4.51%	4.00%	5.33%	2.45%	2.07%	1.55%	2.88%
2017	3.09%	4.03%	4.61%	1.94%	1.15%	2.09%	2.67%
2018	8.52%	8.25%	8.63%	8.21%	0.31%	0.04%	0.42%
2019	8.77%	8.82%	7.72%	6.53%	2.24%	2.29%	1.19%
2020.01-2020.08	2.96%	3.00%	2.39%	2.51%	0.45%	0.49%	-0.12%

资料来源：Wind，海通证券研究所

5. 总结

本文首先介绍了违约债券的主要基本面特征。总的来说，违约债券主要呈现低偿债能力，低盈利水平和低成长水平的属性。

其次，本文从发债公司的基本面因子出发，利用 Logistic 回归模型结合 Bagging 算法，搭建违约风险概率模型，以预测债券的违约概率。若按照违约概率将所有债券分成 5 组，大约有 61% 的违约事件出现在预测违约概率最高的债券组合中，而只有 0.44% 的违约事件出现在预测违约概率最低的债券组合中。

最后，本文通过组合优化的方法，在尽可能降低债券组合违约风险的前提下，进一步控制单只债券的权重，构建债券组合。优化后的组合与 Top10% 组合的收益风险特征接近，但可以较好地控制组合内的债券数量，且避免选到违约债券。

6. 风险提示

数据挖掘是从历史先验数据获取经验模型的方法，存在模型失效可能。

信息披露

分析师声明

冯佳睿 金融工程研究团队
张振岗 金融工程研究团队

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人不保证该等信息的准确性或完整性。分析逻辑基于作者的职业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

法律声明

本报告仅供海通证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司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。

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，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。

市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，海通证券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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经海通证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。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。如欲引用或转载本文内容，务必联络海通证券研究所并获得许可，并需注明出处为海通证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。

根据中国证监会核发的经营证券业务许可，海通证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

海通证券股份有限公司研究所

路 颖 所长
(021)23219403 luying@htsec.com

高道德 副所长
(021)63411586 gaodd@htsec.com

姜 超 副所长
(021)23212042 jc9001@htsec.com

邓 勇 副所长
(021)23219404 dengyong@htsec.com

荀玉根 副所长
(021)23219658 xyg6052@htsec.com

涂力磊 所长助理
(021)23219747 tll5535@htsec.com

余文心 所长助理
(0755)82780398 ywx9461@htsec.com

宏观经济研究团队

姜 超(021)23212042 jc9001@htsec.com
宋 潇(021)23154483 sx11788@htsec.com
陈 兴(021)23154504 cx12025@htsec.com
联系人
应稼娟(021)23219394 yjx12725@htsec.com
侯 欢(021)23154658 hh13288@htsec.com

金融工程研究团队

高道德(021)63411586 gaodd@htsec.com
冯佳睿(021)23219732 fengjr@htsec.com
郑雅斌(021)23219395 zhengyb@htsec.com
罗 蕾(021)23219984 ll9773@htsec.com
余浩淼(021)23219883 yhm9591@htsec.com
袁林青(021)23212230 ylq9619@htsec.com
姚 石(021)23219443 ys10481@htsec.com
吕丽颖(021)23219745 lly10892@htsec.com
张振岗(021)23154386 zzg11641@htsec.com
颜 伟(021)23219914 yw10384@htsec.com
联系人
孙丁茜(021)23212067 sdq13207@htsec.com

金融产品研究团队

高道德(021)63411586 gaodd@htsec.com
倪韵婷(021)23219419 niyt@htsec.com
唐洋运(021)23219004 tangyy@htsec.com
皮 灵(021)23154168 pl10382@htsec.com
徐燕红(021)23219326 xyh10763@htsec.com
谈 鑫(021)23219686 tx10771@htsec.com
蔡思圆(021)23219433 csy11033@htsec.com
庄梓恺(021)23219370 zzk11560@htsec.com
周一洋(021)23219774 zyy10866@htsec.com
联系人
谭实宏(021)23219445 tsh12355@htsec.com
吴其右(021)23154167 wqy12576@htsec.com
黄雨薇(021)23219645 hyw13116@htsec.com
张 弛(021)23219773 zc13338@htsec.com

固定收益研究团队

姜 超(021)23212042 jc9001@htsec.com
周 霞(021)23219807 zx6701@htsec.com
姜珊珊(021)23154121 jps10296@htsec.com
杜 佳(021)23154149 dj11195@htsec.com
联系人
王巧喆(021)23154142 wqz12709@htsec.com
张紫睿(021)23154484 zzz13186@htsec.com
孙丽萍(021)23154124 slp13219@htsec.com

策略研究团队

荀玉根(021)23219658 xyg6052@htsec.com
高 上(021)23154132 gs10373@htsec.com
李 影(021)23154117 ly11082@htsec.com
周旭辉(021)23212382 zhx12382@htsec.com
张向伟(021)23154141 zxw10402@htsec.com
李姝醒(021)23154133 lsx11330@htsec.com
曾 知(021)23219810 zz9612@htsec.com
郑子勋(021)23219733 zzx12149@htsec.com
刘 溢(021)23219748 ly12337@htsec.com
联系人
唐一杰(021)23219406 tyj11545@htsec.com
吴信坤(021)23154147 wxk12750@htsec.com

中小市值团队

钮宇鸣(021)23219420 ymniu@htsec.com
孔维娜(021)23219223 kongwn@htsec.com
潘莹练(021)23154122 pyl10297@htsec.com
相 姜(021)23219945 xj11211@htsec.com
联系人
王园沁(021)232154123 wyq12745@htsec.com

政策研究团队

李明亮(021)23219434 lml@htsec.com
吴一萍(021)23219387 wuyiping@htsec.com
朱 蕾(021)23219946 zl8316@htsec.com
周洪荣(021)23219953 zhr8381@htsec.com
王 旭(021)23219396 wx5937@htsec.com

石油化工行业

邓 勇(021)23219404 dengyong@htsec.com
朱军军(021)23154143 zjj10419@htsec.com
胡 歆(021)23154505 hx11853@htsec.com
联系人
张 璇(021)23219411 zx12361@htsec.com

医药行业

余文心(0755)82780398 ywx9461@htsec.com
郑 琴(021)23219808 zq6670@htsec.com
贺文斌(010)68067998 hwb10850@htsec.com
范国钦(021)23154384 fgq12116@htsec.com
联系人
梁广楷(010)56760096 lgk12371@htsec.com
朱赵明(010)56760092 zzm12569@htsec.com
孟 陆(010)56760096 ml13172@htsec.com

汽车行业

王 猛(021)23154017 wm10860@htsec.com
杜 威(0755)82900463 dw11213@htsec.com
联系人
曹雅倩(021)23154145 cyq12265@htsec.com
房乔华(021)23219807 fqh12888@htsec.com
郑 蕾(021)23219396 zl12742@htsec.com

公用事业

吴 杰(021)23154113 wj10521@htsec.com
戴元灿(021)23154146 dyc10422@htsec.com
傅逸帆(021)23154398 fuf11758@htsec.com
张 磊(021)23212001 zl10996@htsec.com

批发和零售贸易行业

汪立亭(021)23219399 wanglt@htsec.com
李宏科(021)23154125 lkh11523@htsec.com
高 瑜(021)23219415 gy12362@htsec.com
联系人
马浩然(021)23154138 mhr13160@htsec.com
毛弘毅(021)23219583 mhy13205@htsec.com

互联网及传媒

郝艳辉(010)58067906 hyh11052@htsec.com
毛云聪(010)58067907 myc11153@htsec.com
陈星光(021)23219104 cxg11774@htsec.com
孙小雯(021)23154120 sxw10268@htsec.com

有色金属行业

施 毅(021)23219480 sy8486@htsec.com
陈晓航(021)23154392 cxh11840@htsec.com
甘嘉尧(021)23154394 gjy11909@htsec.com
联系人
郑景毅(021)23219480 zjy12711@htsec.com

房地产行业

涂力磊(021)23219747 tll5535@htsec.com
谢 盐(021)23219436 xiey@htsec.com
金 晶(021)23154128 jj10777@htsec.com
杨 凡(010)58067828 yf11127@htsec.com

电子行业

陈 平(021)23219646 cp9808@htsec.com
尹 岑(021)23154119 yl11569@htsec.com
谢 磊(021)23212214 xl10881@htsec.com
蒋 俊(021)23154170 jj11200@htsec.com
联系人
肖隽翀 021-23154139 xjc12802@htsec.com

煤炭行业

李 淼(010)58067998 lm10779@htsec.com
戴元灿(021)23154146 dyc10422@htsec.com
吴 杰(021)23154113 wj10521@htsec.com
王 涛(021)23219760 wt12363@htsec.com

电力设备及新能源行业

张一弛(021)23219402 zyc9637@htsec.com
房 青(021)23219692 fangq@htsec.com
曾 彪(021)23154148 zb10242@htsec.com
徐柏乔(021)23219171 x bq6583@htsec.com

基础化工行业

刘 威(0755)82764281 lw10053@htsec.com
刘海荣(021)23154130 lhr10342@htsec.com
张翠翠(021)23214397 zcc11726@htsec.com
孙维容(021)23219431 swr12178@htsec.com
李 智(021)23219392 lz11785@htsec.com

计算机行业

郑宏达(021)23219392 zhd10834@htsec.com
杨 林(021)23154174 yl11036@htsec.com
于成龙 ycl12224@htsec.com
黄竞晶(021)23154131 hjj10361@htsec.com
洪 琳(021)23154137 hl11570@htsec.com
联系人
杨 蒙 ym13254@htsec.com

通信行业

朱劲松(010)50949926 zjs10213@htsec.com
余伟民(010)50949926 ywm11574@htsec.com
张峥青(021)23219383 zzzq11650@htsec.com
张 弋 (010)58067852 zy12258@htsec.com
联系人
杨彤昕 010-56760095 ytx12741@htsec.com

非银行金融行业

孙 婷(010)50949926 st9998@htsec.com
何 婷(021)23219634 ht10515@htsec.com
李芳洲(021)23154127 lfz11585@htsec.com
联系人
任广博(010)56760090 rgb12695@htsec.com

交通运输行业

虞 楠(021)23219382 yun@htsec.com
罗月江 (010) 56760091 lyj12399@htsec.com
李 轩(021)23154652 lx12671@htsec.com
陈 宇(021)23219442 cy13115@htsec.com

纺织服装行业

梁 希(021)23219407 lx11040@htsec.com
盛 开(021)23154510 sk11787@htsec.com

建筑建材行业

冯晨阳(021)23212081 fcy10886@htsec.com
潘莹练(021)23154122 pyl10297@htsec.com
申 浩(021)23154114 sh12219@htsec.com
杜市伟(0755)82945368 dsw11227@htsec.com
颜慧菁 yhj12866@htsec.com

机械行业

余炜超(021)23219816 swc11480@htsec.com
周 丹 zd12213@htsec.com
吉 晟(021)23154653 js12801@htsec.com
赵玥炜(021)23219814 zyw13208@htsec.com

钢铁行业

刘彦奇(021)23219391 liuyq@htsec.com
周慧琳(021)23154399 zhl11756@htsec.com

建筑工程行业

张欣劼 zxj12156@htsec.com
李富华(021)23154134 lf12225@htsec.com
杜市伟(0755)82945368 dsw11227@htsec.com

农林牧渔行业

丁 频(021)23219405 dingpin@htsec.com
陈 阳(021)23212041 cy10867@htsec.com
联系人
孟亚琦(021)23154396 myq12354@htsec.com

食品饮料行业

闻宏伟(010)58067941 whw9587@htsec.com
颜慧菁 yhj12866@htsec.com
张宇轩(021)23154172 zyx11631@htsec.com
联系人
程碧升(021)23154171 cbs10969@htsec.com

军工行业

张恒珣 zhx10170@htsec.com
张高艳 0755-82900489 zgy13106@htsec.com
联系人
刘砚菲 021-2321-4129 lyf13079@htsec.com

银行行业

孙 婷(010)50949926 st9998@htsec.com
解巍巍 xww12276@htsec.com
林加力(021)23154395 lj12245@htsec.com
联系人
董栋梁(021) 23219356 ddl13026@htsec.com

社会服务行业

汪立亭(021)23219399 wanglt@htsec.com
许樱之 xyz11630@htsec.com

家电行业

陈子仪(021)23219244 chenzy@htsec.com
李 阳(021)23154382 ly11194@htsec.com
朱默辰(021)23154383 zmc11316@htsec.com
刘 璐(021)23214390 ll11838@htsec.com

造纸轻工行业

衣楦永(021)23212208 yzy12003@htsec.com
赵 洋(021)23154126 zy10340@htsec.com
联系人
柳文韬(021)23219389 lw13065@htsec.com

研究所销售团队

深广地区销售团队

蔡铁清(0755)82775962 ctq5979@htsec.com
伏财勇(0755)23607963 fcy7498@htsec.com
辜丽娟(0755)83253022 gulj@htsec.com
刘晶晶(0755)83255933 liujj4900@htsec.com
饶 伟(0755)82775282 rw10588@htsec.com
欧阳梦楚(0755)23617160
oymc11039@htsec.com
巩柏含 gbh11537@htsec.com
滕雪竹 txz13189@htsec.com

上海地区销售团队

胡雪梅(021)23219385 huxm@htsec.com
朱 健(021)23219592 zhuj@htsec.com
李唯佳(021)23219384 lijw@htsec.com
黄 毓(021)23219410 huangyu@htsec.com
漆冠男(021)23219281 qgn10768@htsec.com
胡宇欣(021)23154192 hyx10493@htsec.com
黄 诚(021)23219397 hc10482@htsec.com
毛文英(021)23219373 mwy10474@htsec.com
马晓男 mxn11376@htsec.com
杨伟昕(021)23212268 yyx10310@htsec.com
张思宇 zsy11797@htsec.com
王朝领 wcl11854@htsec.com
邵亚杰 23214650 syj12493@htsec.com
李 寅 021-23219691 ly12488@htsec.com
董晓梅 dxm10457@htsec.com

北京地区销售团队

殷怡琦(010)58067988 yyq9989@htsec.com
郭 楠 010-5806 7936 gn12384@htsec.com
张丽莹(010)58067931 zlx11191@htsec.com
杨羽莎(010)58067977 yys10962@htsec.com
李 婕 lj12330@htsec.com
郭金鑫(010)58067851 gjy12727@htsec.com

海通证券股份有限公司研究所
地址：上海市黄浦区广东路 689 号海通证券大厦 9 楼
电话：(021) 23219000
传真：(021) 23219392
网址：www.htsec.com