深度报告

金融工程

数量化投资

股指期货专题报告

2010 年 03 月 26 日

本报告的独到之处

■运用了三种设置保证金的数量方法对我国即将推出的股指期货做了实证分析。随着期指市场的逐渐成熟，可以考虑报告所述方法计算保证金，适当降低保证金水平，增加市场流动性。

相关研究报告：
《股指期货风险管理的国际比较》
2010 年 3 月 3 日

分析师：秦国文
电话：0755-82133528
E-mail: qingw@guosen.com.cn
分析师：戴军
电话：0755-82130833-6210
E-mail: daijun@guosen.com.cn
分析师：董艺婷
电话：021-60933155
E-mail: dongyu@guosen.com.cn
分析师：葛新元
电话：0755-82130833-1870
E-mail: gexy@guosen.com.cn

专题报告

股指期货保证金水平设置研究

目前，中金所公布的沪深 300 股指期货保证金制度中最低保证金水平为 12%，这一保证金水平较为保守，但也比较合理，因为在股指期货推出之初，期货市场价格波动可能会非常剧烈，谨慎的保证金水平能够有效预防违约风险，减少投机交易，有助于市场的稳健运行。但是随着我国股指期货市场的逐渐成熟，可以考虑借鉴国外成熟的保证金计算方法，适当降低保证金水平，增加市场流动性。本报告介绍了国外成熟的保证金系统，对保证金制度中保证金水平的设置方法进行了研究，并对我国股指期货进行实证分析，运用 EWMA-VaR、GARCH-VaR 和极值理论-VaR 方法，计算了沪深 300 股指期货交易保证金水平，并区分多头和空头保证金水平。

1. **保证金制度**。保证金制度的内容主要包括保证金计算方式、保证金结算频率、保证金计算方法、保证金水平，保证金账户管理等诸多方面。在整个保证金制度中，核心是保证金水平的设定，它最直接地影响着制度的有效性。保证金水平的设置需要在市场风险与市场流动性之间进行权衡。

2. **国外成熟的保证金管理系统。**全球主要期货交易所中，较为成熟的保证金管理系统有 SPAN 和 TIMS（STANS）、RIVA 以及欧洲期货交易所（Eurex）自主开发保证金计算系统。SPAN 和 TIMS（STANS）是最为常用的保证金计算系统。这些系统的保证金计算理念基本相同，都是以风险值来估算风险。风险值的概念得到各交易所的一致认同。

3. **实证结果。**多头的保证金水平要高于空头的保证金水平，说明多头面临的风险要高于空头。在 1%的显著性水平下，通过 GARCH-VaR 得到的保证金水平的最大值、最小值和均值均高于通过 EWMA-VaR 得到的保证金水平的相应值，EWMA-VaR 方法由于采用固定的衰减因子，可能会低估风险，造成违约事件的发生。GARCH-VaR 模型相对准确地估计了风险，而基于极值理论-VaR 的保证金水平计算方法则更为准确。

   EWMA 及 GARCH-t-VaR 对分布的假设分别是基于正态分布和 t 分布，均为对称分布，因而在计算保证金水平的时候没有区分左尾和右尾，且计算出来的是一个动态调整的保证金，可以根据每日的波动进行每日保证金水平设定，较好捕捉到最适合的当日保证金水平，可避免设定过高或过低的保证金水平而将造成市场流动性不足。但每日设定不同保证金水平，可能造成实际操作困难。相对而言，极值理论-VaR 很好地考虑了分布的尾部，得出的保证金水平比 GARCH-VaR 及 EWMA-VaR 法要谨慎要稳健，在 99%和 95%的置信水平下模型均通过了检验，且失败率低于理想值，但对数据量要求较大。

内容目录

图表目录

保证金制度介绍

保证金（Margin）制度是衍生品市场交易最基本的制度，是对交易各方履约的基本保证，也是衍生品交易中最根本的风险控制手段。保证金制度的内容主要包括保证金计算方式、保证金结算频率、保证金计算方法、保证金水平，保证金账户管理等诸多方面。

保证金计算方式是指保证金的计算基础是采用净头寸还是总头寸，不同基础计算而得到的保证金分别称为净额保证金和总额保证金。保证金结算频率是指保证金的每日结算次数，大多数结算机构都是每日结算一次，即通常的逐日盯市，而近几年许多结算机构根据交易状况，采用盘中盯市(intra-day mark-to-market)，也即一日之内结算两次及以上。

保证金计算方法是指保证金计算所采用的数量模型和定量方法，目前国际市场上保证金计算方法主要有两类：一类是基于客户风险的保证金计算程序，如风险标准组合分析(Standard Portfolio Analysis of Risk，简称 SPAN)系统和理论上的市场间保证金(Theoretical Intermarket Margin System，简称 TIMS)系统；另一类是采用单一模型仅计算指数期货头寸的风险，如香港清算所的指数加权移动平均法(Exponentially—Weighted Moving Average，简称 EWMA)等。

保证金水平是指在综合考虑保证金计算方式、结算频率的基础上，采用合适的保证金计算方法，得到的具体保证金数量。

保证金账户管理主要是指保证金账户的缴纳、提取、催缴等系列制度安排。

在整个保证金制度中，核心是保证金水平的设定，它最直接地影响着制度的有效性。保证金水平设置的合理性是决定衍生品市场是否成功的重要因素。当保证金水平设置过高时，虽然出现违约风险的概率会降低，但会增加交易者的成本，降低期货市场参与者参与市场的意愿，进而影响衍生品市场的流动性，并影响衍生品市场效率的提高与功能的发挥。当保证金水平被设置得过低时，衍生品交易的杠杆效应加大，这意味着交易者违约的可能性增大，使交易所或经纪商面临很大的违约风险，一旦出现大的损失，将对整个市场的利益造成损害。因此，保证金水平的设置需要在市场风险与市场流动性之间进行权衡。

国外成熟的保证金管理系统

SPAN 系统

SPAN（Standard Portfolio Analysis of Risk）是目前被广泛应用的保证金计算系统——一个基于投资组合的保证金计算与风险评估系统，它是美国金融市场对1987 年的股灾反思之后，由芝加哥商业交易所(CME)根据总统顾问小组提出的加强风险控制的建议于 1988 年 12 月 16 日设计推出的，其核心理念与 VaR 具有异曲同工之妙。

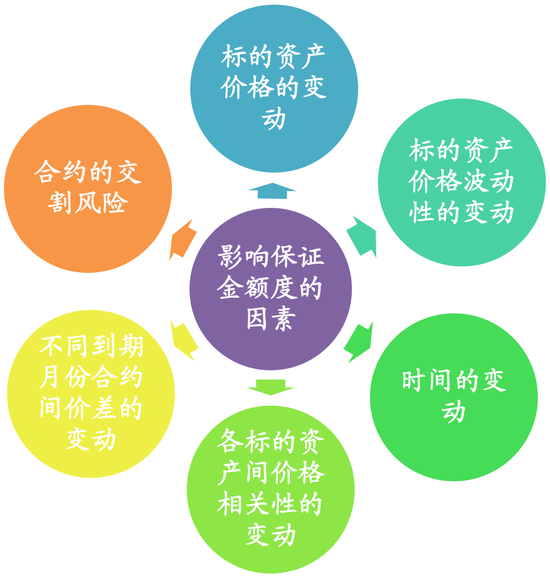
SPAN 运用复杂的计算系统，以账户整个投资组合风险值的概念来计算风险。该系统自开发以来已经成为期货界的风险衡量指标。

SPAN 系统强调投资组合中各种成分之间的相互影响，计算的是一个投资组合所有持仓部位的综合风险。

它分别测量六种可能影响保证金额度的因素：即标的资产价格的变动、标的资

产价格波动性的变动、时间的变动、合约的交割风险、不同到期月份合约间价差的变动、各标的资产间价格相关性的变动。在此基础上，SPAN 通过标的资产市场价格变动与其波动性变动之间的组合来模拟未来市场变动的情形，并求出某一具体投资组合在一段时间之内(一般是一个交易日)可能遭受的最大损失的期望值。

图 1：Span 系统中影响保证金额度的因素



资料来源：国信证券经济研究所

在计算时，SPAN 首先将投资组合的头寸分拆为各自不同的商品组合，并对每个商品组合计算风险值。待求出各商品组合的风险值之后，再求出每个商品群的风险值，最后加总各商品群的风险值，得到由 SPAN 所确定的整个投资组合的保证金要求。然后，根据 SPAN 保证金要求和其他风险控制要求确定投资组合维持保证金和初始保证金要求：

维持保证金要求=SPAN 保证金要求×调整因子

初始保证金要求=维持保证金要求×初始保证金比例

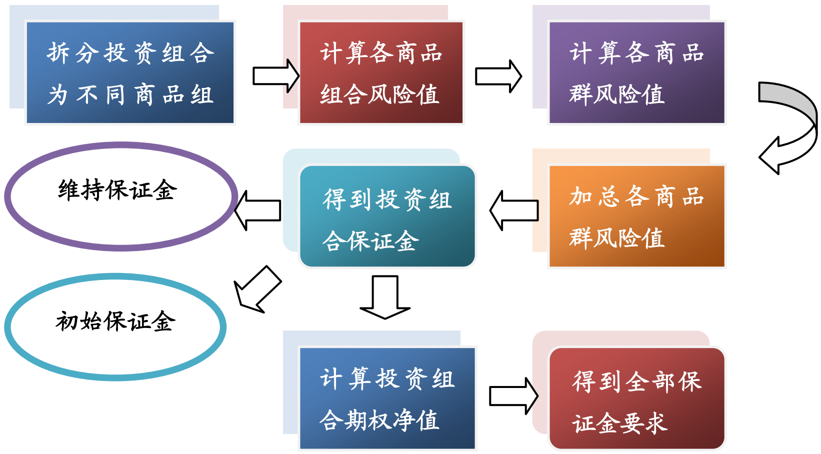
调整因子和初始保证金比例的确定根据客户类型、会员类型、套期保值头寸和投机头寸等因素综合确定。如结算会员的自身自营业务和全资子公司等非客户业务享受较低的保证金水平，而投机头寸的初始保证金比例往往较高。

最后，SPAN 计算投资组合期权净值(Net Option Value)，将整个投资组合的保证金要求减去期权净值的金额，作为对客户收取的全部保证金要求(SPAN Total Requirement)，具体为：

投资组合全部保证金要求=∑商品组合维持/初始保证金要求—投资组合期权净值(多头期权价值—空头期权价值)

在实际应用中，使用者利用 SPAN 计算保证金的过程非常简单，首先获得由交易所或清算机构提供的参数文件，在此基础上输入各自的头寸情况，就计算出自己头寸所需要的保证金额度。

图 2：Span 系统的保证金计算过程



资料来源：国信证券经济研究所

目前 SPAN 系统已经发展到第四代，根据使用者的不同可以分为三种：(1)PC-SPAN，适用于个人电脑，提供多家交易所的保证金计算，是最基本的计算系统。（2）SPAN Risk Manager，适用于个人电脑，除保证金计算之外并提供投资组合风险管理。（3）SPAN Risk Manager Clearing，适用于各大机构，如交易所、结算机构等，除具备上述两种功能之外，并提供盘中保证金计算、风险矩阵情景分析以及风险参数等

Euronext.liffe 使用的保证金计算系统也是 SPAN，称为 London SPAN。1990 年，英国金融期货期权交易所引进 CME 的 SPAN 系统为其结算系统，1992 年伦敦结算所（LCH）也采用此系统，合并后的 Euronext.liffe 都经由 LCH 结算，其所使用的保证金计算系统为 London SPAN 第四代。

台湾期货交易所于 2007 年 10 月引进 SPAN，期交所对结算会员收取经 SPAN 计算的结算保证金金额，结算会员对期货商收取大于 SPAN 计算的结算保证金金额，期货商对交易者保证金收取方式则仍依照以前的规定办理。

目前，全球有 Euronext.liffe、印度国家证券交易所、大阪证券交易所、台湾期货交易所等五十多家交易所或者结算所使用 SPAN 计算保证金系统。

TIMS 系统

TIMS（Theoretical Inter-market Margin System）由美国期权结算公司（OCC）于 1986 年 4 月推出，其开发主要针对股票及指数的衍生品，是全球首次在结算机构使用基于投资组合的保证金计算系统。期权清算公司（OCC）成立于 1973 年，为美国证券交易所、波士顿期权交易所、芝加哥期权交易所、CBOE 期货交易所、国际证券交易所、纳斯达克期权市场、NASDAQ OMX PHLX、NYSE Arca、OneChicago 以及费城期货交易所提供清算及结算服务。

TIMS 采用了科斯-罗斯-鲁宾斯坦二叉树（Cox-Ross-Rubinstein binomial）期权模型，能适应各种衍生产品，包括欧美两种期权，以及 FLEX 和 LEAPS 等其他期权。TIMS 的设计特别考虑到了股票产品的特点，故可以很好地适应股票产品具有的离散性利率与股息付款结构。TIMS 还包括压力测试、隐含波动率模型、相关性模型等。

TIMS 市场间保证金是一种单变量风险计量方法，它可以对约 3000 种产品资

产的历史数据进行分析，并对股票类产品在可能发生的价格变动的范围内的 10 个价格点取样，而对非股票和市场指数类产品则进行 20 种价格变动的取样，从而得出其应用的损失值。在 TIMS 的计算过程中，具有相同基础产品的衍生合约（如期货、期权、质押或借贷股票等）被划分成为产品集（Product Classes），而每一个或多个具有相关性的产品集又被进一步组织成为产品组（Product Groups），相关性的计算只在产品组内的产品集之间进行，各个产品组的最坏情景数值之和就构成了整个投资组合的总风险。

TIMS 最初主要用于 OCC 在美国境内的结算成员以及少量的特殊账户，以后逐步被全球各地的结算机构采纳。不过，自从 OCC 在 2006 年用新的模式取代 TIMS 后，全球到目前为止只剩下 6 家美国境外的清算机构仍然采用该模式。OCC 提供给客户免费的计算软件，但参数文件需要付费。

此外，还有一些交易所在 TIMS 基础上做了改进，从而形成自己特有的模式，例如欧洲交易所（Eurex）专用的保证金计算模式，表面看来与 SPAN 相似，但内层实际上是在 TIMS 的基础上发展而来。

虽然 TIMS 可以计算出足够的保证金以控制市场风险，但这一模式也存在着若干明显的缺陷，导致了保证金的计算不够准确，这主要表现在以下几方面:

1. TIMS 承认每一投资组合内的产品风险可以抵消，但因算法自身缺乏灵活性，这种抵消只能发生在同一产品组内，对于不在同一产品组里的产品则无法进行抵消，尽管这些产品也可能存在某些相关性，因此 TIMS 往往会高估投资组合的风险，向结算成员收取不必要的额外保证金。
2. 在 TIMS 的环境下，即使那些只能发生在同一产品组内的抵消处理也十分保守，而且并非建立在统计模型的基础上。
3. TIMS 假定在同一产品组内的产品价格变动具有完美的相关联动性，故此，对没有对冲的产品组合投资往往要求过低的保证金，而对可以对冲的产品投资组合又往往要求过高。
4. TIMS 将各个产品组的最坏情景数值之和当作整个投资组合的总风险，因此 TIMS 不去计算整个投资组合的价格风险，而是计算由各产品组所代表的子头寸的价格风险。由于投资组合的总风险不可能大于投资组合中各单元风险值之和，而只可能由于相互抵消导致降低，所以在 TIMS 方法中根据各产品组风险值累计加总会导致结算成员的风险值被不公平地放大。
5. TIMS 在累加过程中会考虑到各产品组之间的相互作用（但并非抵消），而这些相互作用在实际经济活动中往往并不可能出现。例如，一个账户在指数组中拥有多头合约而在单独股票组中拥有空头合约，当把这两个产品组的风险相加时，TIMS 实际上假设基于大量股票的市场指数的下降有可能与所有单个股票的上升同时存在，而这一经济情景实际上是不可能出现的。
6. 在分析历史数据时，TIMS 强调潜在的价格变动范围。保证金的理想目标是能够覆盖 99%以上的损益结果，然而，仅通过对 99%以上的价格变动进行计算并不能保证达到目标。实际上，TIMS 计算出来的保证金对某些账户来说只能覆盖 98%的损益结果，而对另一些账户则可能覆盖 99.9%的情况。从百分比的数值来看，二者区别似乎不大，但这一统计数值上的微小差异所对应的资金量却可能相当可观。

STANS 系统

鉴于 TIMS 模式的不足，OCC 开始寻找一种更好的方法，并于 2003 年 6 月开

始测试其新的模式。OCC 于 2004 年 11 月 5 日正式向 SEC 提出更新保证金的申请，在 2006 年 2 月 15 日获得 SEC 批准后于 2006 年 11 月正式推出 STANS，取代其使用了 20 年的 TIMS 模式。

STANS 保留了 TIMS 的部分模块，例如对于基础产品的历史价格变动分析和具有相同基础物的产品的历史价格变动相关性分析，但在其他方面则做了很大的改动。最重要的变化是在组合投资层次上评估风险，对于投资组合内部的所有资产间的相互关系都进行分析，而不是像 TIMS 那样只对产品组内的产品相互关系进行分析。

STANS 是一种多变量风险计量模式，它对 OCC 期权所依赖的约 8000 种资产中的每一种所对应的各种可能的价格变化都予以考虑。STANS 检验不同资产所对应的价格波动变化的历史相关性和每一资产的历史价格波动率，以及整个投资组合的关系结构，然后对每一资产模拟出整套约 10000 种理论市场情景的结果。

STANS 的风险模型采用大规模蒙特卡罗（Monte Carlo）模拟计算，波动性预测则采用 GARCH 时间序列模型，系统包括历史价格统计分析（SAPH）、蒙特卡罗驱动（MCE）、衍生品类理论价格编辑（PREDICT）及净资产估算（NAVES）等单元，还采用了其他先进的统计、数学与风险管理技术，包括极值理论（extreme value theory）、连接函数（copula approach）、厚尾分布（heavy-tailed distributions）、动态不一致性预测（dynamic variance forecasting）、预期损失估计（expected shortfall estimation）等。STANS 可以高效地模拟计算超过 20 亿种衍生品种细项，基本涵盖了目前所有的衍生产品以及各种风险条件的组合。

STANS 与由 JP 摩根公司提出的风险价值（VaR）模式是一致的。VaR 指在正常市场条件和给定的置信水平下，价格、利率、汇率等市场风险参数发生变化时可能对资产组合或机构在特定的时间段内造成的最大潜在损失。它的主要优点是可以将不同业务、不同类别的隐性市场风险用一个确切的数值表示出来并进行比较，具有高度的概括性，有利于风险的监测、管理和控制。但是，VaR 也存在着明显的局限性，如：其需要有大量精确而不相关的历史数据，否则后台分析将变得没有意义；在处理损失符合非正态分布（厚尾现象）及投资组合发生改变时表现不稳定，难以反映资产组合的构成及其对价格波动的敏感性。此外，它也未能覆盖到因价格剧烈波动等因素引起的可能会造成重大损失的突发性小概率事件。

VaR 的这些局限性使其无法成为一个完整的风险计算模式而完全单独使用，必须辅之以敏感性分析、情景分析、压力测试等进行补充。尽管如此，VaR 计量模型及在此基础上形成的管理模式和方法仍然不断地被越来越多的金融监管当局、商业银行和机构投资者所认同和接受。然而，由于种种原因，VaR 过去基本上没能直接应用到现行的各种保证金上，STANS 的问世改变了这一局面。

从实际应用方面来看，SPAN 更适合于期货类的衍生品，而 TIMS 与 STANS 则就是为证券类的衍生品而设计的。另外，SPAN 的全球用户已有 50 多家，而且可用于结算成员与客户两个层次，而 STANS 的用户则只有在同一家机构结算的 6 家交易所，并且只适用于结算成员，不包括客户。TIMS 的处境较为尴尬，一方面，OCC 已经抛弃 TIMS，改用 STANS；另一方面，全球还有几家交易所继续使用 TIMS。此外，在经过多年的试点之后，SEC 在 2006 年 12 月 12 日批准改变相应的规则，允许美国的证券公司自 2007 年 4 月 2 日起在一定条件下采用基于风险的保证金计算模式对各自客户的保证金进行计算，也就是说，可以利用 TIMS 来对客户进行保证金的计算，而此前美国证券市场的客户层面的保证金只能够采用策略型的保证金方法进行计算。

欧洲期货交易所（Eurex）自主开发保证金计算系统

Eurex使用的是自主开发的保证金计算系统(Margin Calculator),类似于SPAN。该系统运用电脑模拟分析来计算包括Eurex交易的所有产品的风险暴露程度,以整体风险的概念将期货与现货组合加以考虑，风险互抵后计算出最佳保证金水平。Eurex也对不同会员与客户制定出不同等级的保证金标准。Eurex保证金按产品分为权利金保证金（期权产品）、立即清算保证金（债券或是证券）、变动保证金（期货、期货期权）和附加保证金（期权、期货和证券）等几种。

RIVA保证金计算系统

Risk Valuation (简称RIVA)是瑞典OMX交易所开发的保证金计算系统，用于计算每日保证金要求和日中保证金计算。该模式基于OMS II。RIVA将投资组合作为一个整体进行检验，以确定基本产品价格发生不利的反向运动时，会对特定对手方投资组合的整体风险产生如何影响。在保证金计算时，重点考虑下列因素:

（1）估值区间。RIVA根据标的资产价格波动的区间来计算综合成本。估值区间的大小取决于衍生品的续存期和历史波动率的大小。（2）估值点。估值点的上限和下限的分别代表了存续期内保证金的最好和最差情况。（3）波动性变化。（4）矢量文件。RIVA为每个合约清算产生一个矢量文件。生成矢量文件主要有两个原因。首先是实现更有效率的计算，其次是矢量文件可以发布给会员，让大家可以复制到自己的系统内进行保证金的计算。

除OMX外，泰国衍生品交易所等也使用RIVA保证金计算系统。RIVA在全球金融期货市场的应用较SPAN、TIMS等要少。

总的来看，全球主要期货交易所中，既有自主开发的保证金计算系统，也有外购引进的保证金计算系统。各交易所保证金系统采用主要有以下特点：一是这些交易所产品种类比较多，绝大多数至少有4大类产品。产品种类多迫使交易所建立综合的保证金计算体系。二是不管是自建还是外购引进，各交易所的保证金计算理念基本相同，都是以风险值来估算风险。风险值的概念得到各交易所的一致认同。三是SPAN和TIMS（STANS）是最为常用的保证金计算系统。金融全球化使得不同区域的金融期货交易所面临着全球性的竞争。为吸引更多的交易者，规模较小的交易所采用全球金融机构认可的保证金计算系统，以吸引全球机构投资者参与其市场交易，这也直接促进了SPAN等保证金计算系统及其设计理念在全球期货交易所的普及。四是SPAN与TIMS（STANS）各有特点，SPAN在全球的推广力度较TIMS（STANS）大得多，因此应用也更广。

股指期货保证金水平设定的数量方法

股指期货保证金水平的计算原理

保证金设定水平问题的实质就是在一个交易日或一段期间中，在给定或是可以忍受的违约概率下，最佳的保证金水平是多少?因此保证金的水平主要在于考虑超过违约概率的大幅度期货价格波动的行为，而与小幅或是中幅度期货价格波动的行为没有直接的关系。对于多头头寸而言，保证金水平受到大幅度负向价格变动的影响，而空头头寸则是受到大幅度正向价格变动的影响。

假设 R 是股指期货合约价格变动之大小（相邻两日价格之差），α 是交易所能够容忍的保证金耗尽概率，M(M>0)是保证金水平，那么根据上述讨论，空头和

多头保证金水平应满足下面的式子

多头: $\mathrm{P}(R > -M) \geq 1-\alpha$ (1)

空头: $\mathrm{P}(R < M) \geq 1-\alpha$ (2)

其中 P 表示 R 的概率分布。如果合约多头和空头收取相同的保证金，那么其满足的公式为

$$\mathrm{P}(-M < R < M) \geq 1-\alpha \quad (3)$$

从上面各式中解出 M 便可得到相应的保证金水平。由于交易所能够忍受的保证金概率一般都非常的小，因此可以知道保证金水平主要由期货合约价格变动分布的尾部决定。

在前文中我们已经介绍了国外成熟的保证金系统中都采纳了风险值的思想来设置保证金水平。风险值是指在正常市场条件下，给定的置性水平和给定的时间内，资产所可能遭受的最大损失。而期货保证金的原理也是要涵盖期货市场的价格变化的风险，期货保证金的水平要能够弥补期货价值的可能的最大损失，这也正符合了VaR 的定义。

需要注意的是，在 VaR 计算方法中，一般假设资产收益率之间相互独立且服从正态分布，这样的假设使得风险值计算变得相对简单，但是不能很好地解决金融领域存在的厚尾这个问题，特别是在极端事件风险管理中，这个问题尤为严重，得出的风险值大大偏离了真实的风险值。

为了解决这一问题，目前学术界在保证金水平设置的研究中，引入了极值理论，将极值理论与 VaR 结合起来，以便更为科学合理的计算保证金水平。

极值理论考虑分布的尾部，利用广义帕累托分布来逼近收益序列的尾部分布。它可以在总体分布未知的情况下，依靠样本数据，得到总体中极端值的变化性质，具有一定的稳健性。下面我们将分别介绍 VaR 和极值理论。

VaR 概念

风险值指在一段时期内，一定置信水平下，当市场发生最坏状况（不利于投资组合的市场变动）时，投资组合的最大可能损失金额。

在正常市场条件下，对于给定的置信水平(或比率)$1-\alpha\%$，其对应的临界值(或分位数)即为该项金融资产或投资组合在统计上的最大可能损失金额，称为风险值(VaR)。

设 X_t 为股指期货合约未来第 t 天的收益金额，$1-\alpha\%$ 为置信水平，此时，风险值(VaR)可以表示为：

$$\mathrm{Prob}\{X_t < -VaR\} = \alpha\%$$

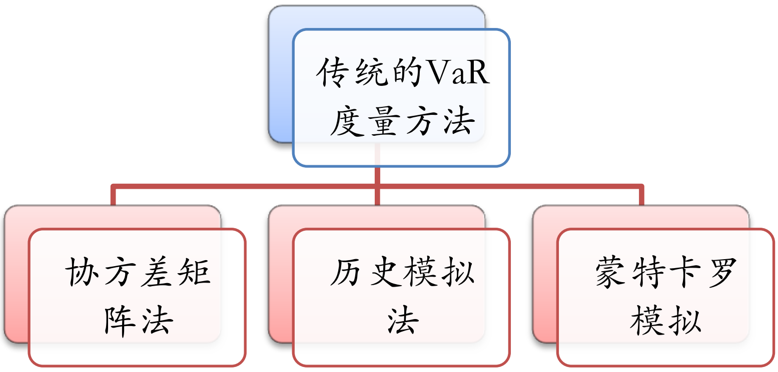
VaR 也可以被定义为可能损失分布的第 p 分位数(一般选择 p 值等于 0.05 或 0.01)，即 VaR= $F^{-1}(1-p)$.

根据一定分布函数求得的 VaR 即为股指期货的保证金水平。

VaR 度量方法

度量风险值的关键在于描述投资组合在评估期间收益的概率分布 F，传统的估算风险值的方法有三类：协方差矩阵法（Variance-Covariance Approach）(或 Delta Normal 逼近法)、历史模拟法（Historical Simulation Approach）和蒙特卡罗模拟法（Monte Carlo Simulation Approach）。

图 3：传统的 VaR 度量方法



资料来源：国信证券经济研究所

1. 协方差矩阵法

方差-协方差法(Variance—Covariance Method)。方差-协方差法也称为德尔塔—正态法，它是一种参数方法，需要对资产组合的收益分布做出假设，一般假定影响资产组合的市场风险因子服从多元正态分布。这种方法的核心是基于对资产报酬的方差，协方差矩阵进行估计。

$$\text{VaR}=\sigma_{\Delta t} z_{\alpha}$$

协方差矩阵法度量风险值（VaR）的前提条件是假设风险因子的变化服从多元正态分布，而真正要估计就是波动率（方差）和相关系数，也就是要估计协方差矩阵。所以人们就将其称为协方差矩阵估算法。

用协方差矩阵法度量风险值（VaR）时，关键是要估计方差或估计和分解资产收益率之间的协方差阵。也就是说估算风险值首先是要估算资产收益的波动性。波动率的估计方法有很多，表 1 给出了常见的几种波动率估计方法。由此也衍生出常用的保证金的计算方法如 EWMA-VaR，GARCH-VaR 法。

表 1：常见波动率估计法

方法	公式	说明
加权移动平均 (Weighted Moving Average,WMA)	$\hat{\sigma}_{t+1}^2=\sum_{i=t-T}^{t}\frac{w_i(r_i-\bar{r})^2}{T-1}$	r_i 为时刻 i 时的收益率； $\bar{r}$ 为从时刻 $(t-T)$ 到 t 期间的平均收益率； w_i 为时刻 i 时的权重； 对于日数据，一般选取 T =5 或 10，通常取 T =10。

指数加权移动平均 (Exponential Weighted Moving Average, EWMA)	$\sigma_t^2 = \lambda\sigma_{t-1}^2 + (1-\lambda)r_{t-1}^2$ $\hat{\sigma}_t^2 = (1-\lambda)\sum_{i=1}^{\infty}\lambda^{i-1}r_{t-i}^2$	权数 λ 为衰退因子(decay factor)，它小于 1; 选取 λ 使得波动率估计值的估计误差最小化（RSME 法）; RiskMetrics 建议 λ 值应随资料周期而改变，对日数据应取 λ =0.94，月数据时取 λ =0.97。
GARCH(1,1)估计 (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)	$r_t = \sqrt{h_t}e_t$ $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$ $e_t \sim iidN(0,1)$	α_0，α_1和β 待估参数; h_t和h_{t-1}为本期和前期的条件方差。
其它一些综合方法		对特殊情况，如有涨跌停板限制下的波动率测算等

资料来源：国信证券经济研究所

其中，**衰减因子λ的确定方法**如下:

定义在前一期基础上预测的 t+1 期收益率序列的方差为 $E_t(r_{t+1}^2) = \sigma_{t+1|t}^2$，两个收益率序列之间的协方差为 $E_t(r_{1,t+1}r_{2,t+1}) = \sigma_{12,t+1|t}^2$。

定义方差预测的误差为 $\varepsilon_{t+1|t} = E_t(r_{t+1}^2) - \sigma_{t+1|t}^2$，它满足预测误差的期望值为 0，即 $E_t(\varepsilon_{t+1|t}) = E_t(r_{t+1}^2) - \sigma_{t+1|t}^2 = 0$。

在上面的条件下，选择衰减因子λ需要最小化均方误差。对于每日方差的预测，每日得均值平方根误差（RMSE）为

$$\text{RMSE}=\sqrt{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(r_{t+1}^2 - \sigma_{t+1|t}^2(\lambda))^2}$$

实际应用中，通过选择使 RMSE 最小的λ给出最优衰减因子λ^*。

$$\sigma_{t+1|t}^2 = \sum_{k=0}^{t}\lambda^k(1-\lambda)(r_{t-k} - \bar{r})^2$$

计算衰减因子步骤如下:

1) 计算每天的优化因子、RMSE: $\lambda_i, \tau_i, i = 1,2,....,n$ ：（$0 \le \lambda \le 1$）

$$\sigma_{2|1}^2 = r_1^2, R_2^2 = r_2^2 - \sigma_{2|1}^2, \tau_2 = R_2$$

$$\sigma_{3|2}^2 = (1-\lambda)r_2^2 + \lambda\sigma_{2|1}^2, R_3^2 = \frac{1}{2}[(\sigma_{2|1}^2 - r_2^2)^2 + (\sigma_{3|2}^2(\lambda) - r_3^2)^2], \tau_3^2 = \min_{\lambda} R_3^2(\lambda)$$

$$\sigma_{4|3}^2 = (1-\lambda)r_3^2 + \lambda\sigma_{3|2}^2, R_4^2 = \frac{1}{3}[(\sigma_{2|1}^2 - r_2^2)^2 + (\sigma_{3|2}^2(\lambda) - r_3^2)^2 + (\sigma_{4|3}^2(\lambda) - r_4^2)^2], \tau_4^2 = \min_{\lambda} R_4^2(\lambda)$$

……………………………………………

$$\sigma_{t+1|t}^2 = (1-\lambda)r_t^2 + \lambda\sigma_{t|t-1}^2, R_{t+1}^2 = \frac{1}{t}\sum_{k=1}^{t}(r_{t+1}^2 - \sigma_{t+1|t}^2(\lambda))^2, \tau_{t+1}^2 = \min_{\lambda} R_{t+1}^2(\lambda)$$

……………………………………………

从每步求最小值中确定λ_i, τ_i。

2) 确定Π，即所有 N 个最小的 RMSE 的总和：$\Pi = \sum_{i=1}^{N}\tau_i$；

3) 计算相对误差：$\theta_i = \tau_i / \sum_{i=1}^{N}\tau_i$；

4) 计算权重ϕ_i：$\phi_i = \theta_i^{-1} / \sum_{i=1}^{N}\theta_i^{-1}$，$\sum_{i=1}^{N}\phi_i = 1$；

5) 优化的衰减因子为：$\bar{\lambda} = \sum_{i=1}^{N}\lambda_i\phi_i$。

应用这方法于每日可得到每日数据的衰减因子 ，应用于每月数据便可得到每月的衰减因子。

2. 历史模拟法

历史模拟法的基本假设是资产收益的过去变化状况会在未来完全重现。

历史模拟法利用过去一段时间资产收益资料，估算投资组合变化的统计分布（经验分布），再根据不同的分位数求得相对应的置信水平的风险值。和协方差矩阵估算法不同，历史模拟法对收益的分布不作任何假设，只用到历史经验分布，统计上用的是非参数技术。

为了提高历史模拟法的估算精度，还可以用一些修正方法，如指数加权移动平均法、自助法（bootstrap）和核估计法(Kernel density function)。

3. 蒙特卡罗模拟法

蒙特卡罗模拟法（Monte Carlo Simulation, MCS）是在一定的统计分布假设下模拟风险因子变化的情境。首先假设资产收益为某一随机过程（process），并根据所设定的价格变动过程，大量模拟未来各种可能发生的情境，然后将每一情境下投资组合变化值排序，给出投资组合变化的分布，据此就可以估算不同置信水平下的 VaR 值。

实际应用时，对于不同的风险因子有许多的统计分布族可以应用，常用的分布族有：正态，对数正态，GARCH 等。

要根据具体情况来设计模拟的实施步骤，一般情况下，蒙特卡罗模拟至少要经过以下三步：

建立描述风险因子动态演变模型；

随机模拟误差项;

代入随机产生的误差项求解模型包含风险因子的值。

近年来提出了许多随机模拟方法，如准蒙特卡罗模拟(Quasi-Monte Carlo Simulation，QMC)，马尔可夫链蒙特卡罗模拟(Markov Monte Carlo Simulation, MCMC)等等。

极值理论

1. 极值理论简介

极值理论(Extreme Value Theory，EVT)，是次序统计学的一个分支，主要处理严重背离分布均值的统计数据。传统上，极值理论被用来预测海啸、地震等自然灾害。最近，极值理论被广泛地应用于金融、保险、以及因特网交通管理。极值，从统计学意义上讲，是指某一时期的随机过程的最大值和最小值，通常位于金融收益分布的尾部。这些极值的产生可能与许多因素有关，例如金融市场上的极值，可能与正常市场的价值回归有关，也可能与非常时期的股票市场、债券市场、或者外汇市场的冲击有关。

极值理论模型主要包括两类：一类是传统的区块极值(Block—maxima)方法，即在连续的人为划分的各个区间段中考虑观察值构成的极端事件，其分布有广义极值分布(Generalized Extreme Value，简称 GEV)；另一类是近年来发展起来的超越门限方法（Peaks Over Threshold ，简称 POT），即观测超越了一定人为设定的门限值的观察值以及它们所构成的极端事件，其分布是广义帕累托分布(GPD)。

两种模型在本质上并无区别，只是实际运用中略有不同。区块极值模型是一种经常应用于季节性分析的传统方法，它是对大量同分布的观测值分块后的极值进行建模。而 POT 模型则更着重考虑数值本身，而较少考虑时间的因素(可以选取要求的一段时间来进行研究)，更加有效的使用原始数据。Balkema、de Haan 以及 Pickands 提出的理论表明：只要有足够高的门限值 u，超越门限值的分布(尾部分布)都可以由 GPD 分布来近似描述，即随着门限值的增大，所有尾部分布都收敛于 GPD 分布。以下简要介绍 GEV、POT 两种极值方法。

2. GEV

BMM 模型通过对数据进行分组，然后在每个小组中选取最大的一个构成新的极值数据组，并以该数据组进行建模。

假设表示我们采用 BMM 方法获得的极值数据组，其中 n 表示每个子样本的大小，则有下面的极限定理成立：

定理 1: (Fisher- Tippett 极限类型定理)设 $X_1,\ldots X_n$，是独立同分布的随机变量序列，

如果存在长数列 $\{a_n>0\}$ 和 $\{b_n\}$，使得

$$\lim_{n\to\infty}\Pr\left(\frac{X_n-b_n}{a_n}\le x\right)=H(x),x\in\Re$$

成立，其中 H(x)是非退化的分布函数，那么 H 必属于下列三种类型之一：

I 型分布：$H_1(x)=\exp(-\exp(-x)),-\infty<x<+\infty$；

II 型分布：$H_2(x)=\begin{cases}0,x\le 0,\\ \exp(-x^{-\alpha}),x>0,\end{cases}\quad \alpha>0$；

III型分布: $H_3(x)=\begin{cases}\exp(-(-x)^{\alpha}), & x\le 0,\\ 1, & x>0,\end{cases}\quad \alpha>0$;

其中 I 型分布称为 Gumbel 分布，II 型分布称为 Fréchet 分布，III型分布称为 Weibull 分布，这三种分布通称为极值分布(extreme value distribution)。a_n, b_n 为规范化常数。

上述三种极值分布形式可以归结为如下统一形式的 GEV（Generalized Extreme Value）分布:

$$H_{\mu,\beta,\xi}(x)=\exp\left[-(1+\xi\frac{x-\mu}{\sigma})^{-1/\xi}\right],\xi\neq 0$$

μ 和 σ>0 分别是位置和尺度参数， 并且要求{x:1+ξ(x-μ)/σ>0}，ξ 的取值决定了极值分布的类型， ξ=0 时是 Gumbel 分布， ξ>0 时是 Fréchet 分布， ξ<0 时是 Weibull 分布。

3. POT 模型

POT 模型是通过事先设定一个阈值，把所有观测到的超过这一阈值的数据构成数据组，以该数据组作为建模的对象。

假设阈值 μ 已经确定，定义 $F_\mu(y)$ 为随机变量 X 超过阈值的 μ 条件分布函数，它可以表示为:

$$F_\mu(y)=P(X-\mu\le y\,|\,X>\mu), y\ge 0$$

其中 F_μ 被称为超越阈值的分布，其含义为随机变量大于阈值最大量的条件概率。

根据 Pickands (1975)的结论，对于比较大的阈值 μ，$F_\mu(y)$ 可以用如下的广义 Pareto 分布(GPD)近似:

$$G_{\xi,\beta}(y)=\begin{cases}1-(1+\xi y/\sigma)^{-1/\xi} & 若\ \xi\neq 0\\ 1-e^{-y/\sigma} & 若\ \xi=0\end{cases}$$

形状参数 ξ 反映了分布尾部的情况，一般当 ξ>－0.5 时，GPD 是厚尾分布。

基于极值理论-VaR 的保证金水平计算原理

对于股指期货合约价格收益率的历史数据 $\{R_t, t=1,\ldots n\}$，在计算股指期货合约空头保证金水平时，需要考虑的是对应数据 $\{R_t\}$ 中较大的数据，计算股指期货合约多头保证金永平时，需要考虑的是对应数据 $\{-R_t\}$ 中较大的数据，合约多头合约空头采用同一保证金水平时，需要考虑的是对应数据 $\{|R_t|\}$ 中较大的数据，这三种不同保证金水平的计算过程基本上是一致的。

考虑期货多头和空头采用不同保证金水平的情况，即左尾和右尾的情况，保证金的计算方法如下:

首先考虑空头（右尾）的情况，记 $x_t=R_t$。假定交易所能够忍受的保证金耗尽概率为 p，，记 x_p 为 x_t 的 p 分位点，那么 VaR 为:

$$x_p=F^{-1}(1-p)$$

x_p 即为保证金水平。多头的情况取相反数后，仿照空头即可。

根据前文所述，结合极值理论的 VaR 的计算方法如下:

1. 当 F 分布是广义极值分布(GEV)

由广义极值分布 GEV 时，计算分位数函数即求这个函数的反函数，并把 VaR= $F^{-1}(1-p)$ 代入，可求 VaR 得:

$$\text{VaR}=\mu-\frac{\sigma}{\xi}(1-\left[\ln(1-p)\right]^{-\xi})$$

2. 当分布是广义 Pareto 分布(GPD)

由 GPD 的尾部估计公式求反函数(分位数函数)，再把 VaR= $F^{-1}(1-p)$ 代入

$$\text{VaR}=\begin{cases}\mu+\dfrac{\sigma}{\xi}((\dfrac{N}{N_\mu}p)^{\xi}-1),\xi\neq 0\\ \mu-\ln(\dfrac{N}{N_\mu}p),\xi=0\end{cases}$$

其中，阈值选择可利用样本平均超额图(sample mean excess plot)和 Hill 图方法(Hill 1975)来确定。参数估计方法主要有极大似然估计法(Maximum Likelihood; ML)与概率加权矩方法(Probability Weighted Moments; PWM)估计法。Hosking and Wallis (1987)指出样本量的大小以及ξ的取值范围对 PWM 估计效果的影响非常大，而 ML 估计则是相合估计，并且当 ξ>-0.5 时，则 ML 估计的极限分布是正态分布。

Backtest

事后检验（Backtest）是指将市场风险计量方法或模型的估算结果与实际发生的损益进行比较，以检验计量方法或模型的准确性、可靠性，并据此对计量方法或模型进行调整和改进的一种方法。若估算结果与实际结果近似，则表明该风险计量方法或模型的准确性和可靠性较高；若两者差距较大，则表明该风险计量方法或模型的准确性和可靠性较低，或者是事后检验的假设前提存在问题；介于这两种情况之间的检验结果，则暗示该风险计量方法或模型存在问题，但结论不确定。

事后检验的目的，就是看实际观测到的结果与所定义风险度量的置信水平是否一致，如模型中定义了 99%置信度下的风险值，那么，就要考察这个风险值是否真的覆盖了真实损失的 99%。

事后检验一般采用一种移动窗口的方法进行计算。以 1 天的事后检验为例，先采用某种方法计算出给定头寸该交易日的 VaR 值，接着计算出该头寸在本交易日的实际损失额，进而判断计算出来的 VaR 值是否覆盖了实际损失额。然后，将 VaR 的计算窗口、待考察的交易日不断后移，计算并记录各交易日的超出情况。

常用的方法为 Kupiec 失败率检验法，如下:

考察实际损失超过 VaR 的概率，把实际损失超过 VaR 的估计视作失败，低于 VaR 的估计视为成功。如果假定 VaR 估计具有时间独立性，则失败观察的二项式结果代表了一系列独立的贝努里试验，因此检验模型的准确性相当于检验失败概率等于特定概率的零假设。Kupiec 的检验方法就是基于这种思想

假定 VaR 的置信度为 α，实际考察天数为 T，失败天数为 N，则失败频率

为 $p = N/T$，失败期望概率为：$p^{'} = 1-\alpha$，零假设为 $p = p^{'}$，这样对 VaR 模型准确性的评估就转化为检验失败概率 p 是否显著不同于 $p^{'}$。由二项式过程可知 N 次失败在 T 个样本中发生的概率为:

$$(1-p)^{T-N} p^{N}$$

Kupiec 提出的对零假设的似然比率 LR 检验为:

$$LR = -2\ln[(1-p^{'})^{T-N}(p^{'})^{N}] + 2\ln[(1-p)^{T-N}(p)^{N}]$$

在零假设下统计量 LR 服从自由度为 1 的卡方分布。在给定的置信水平下，当统计值大于临界值时就拒绝原假设，表明模型失败。

在本文后续的实证研究中，我们也将对计算保证金水平的各模型进行事后检验，比较各模型的准确性和可靠性，以选出最优模型。

对沪深 300 股指期货保证金水平的实证研究

在此部分，我们尝试运用前文所述的保证金水平设置相关理论，对我国股指期货保证金水平的计算进行实证研究，希望通过对实证结果进行分析，给我国股指期货保证金水平设置提供一些有用的看法和建议。

参数设置

1. 源数据

由于沪深 300 股指期货尚未推出，无法直接观测到股指期货价格的历史数据，沪深 300 指数的期货仿真交易是为投资者提供熟悉期货交易规则而创设的，仿真交易采用虚拟资金交割，因而仿真数据并不具备市场代表性。对于尚未推出股指期货的市场，研究者通常**用股指现货价格代替股指期货价格**。这其中隐含了不考虑交易成本情况下的**无套利假定**，因此期货价格波动等于标的指数波动。本文在实证中也采用这种方法。

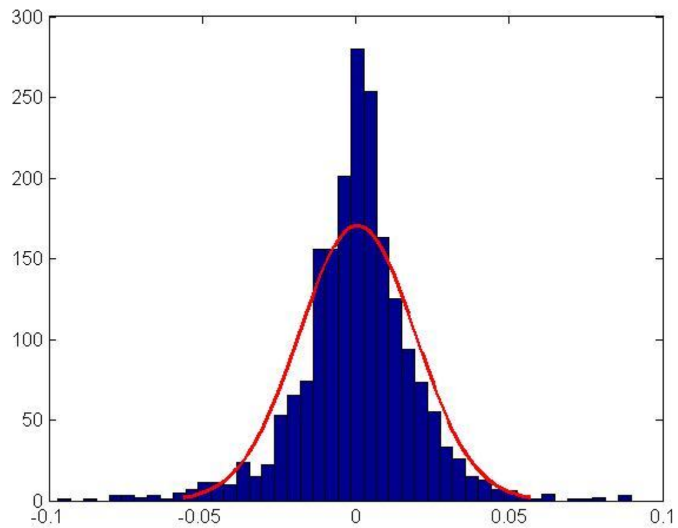
采用沪深300指数日收盘价，得到对数收益率：$R_t = \ln\dfrac{P_t}{P_{t-1}}$，样本区间为【2002 年 1 月 4 日，2010 年 3 月 17 日】

2. 保证金的计算方法采取以下三种:
   1) EWMA-VaR
   2) GARCH-VaR
   3) 极值理论-VaR
3. 运用极值理论-VaR 时，区分多头空头以及统一保证金，计算空头保证金水平时对应的收益率序列为 $\{R_t > 0\}$，即右尾。计算多头保证金水平对应的收益率序列为 $\{R_t < 0\}$，即左尾，计算计算统一保证金水平对应的收益率序列为 $\{R_t\}$，即全样本。
4. 中国金融期货交易所规定的沪深 300 股指期货保证金为每日结算，因此我们在计算保证金时，假定持有期为 1 天。

指数收益率统计性描述

从表 2 和图 4 可以看出，在全样本下，沪深 300 指数的收益率序列出现较高的峰度，符合一般的金融时间序列尖锋的特征，且呈现一定程度的左偏，说明指数出现下跌的可能性高于出现上涨的可能性。同时，根据 Jarque—Beta 统计量，可以在任何显著性水平下拒绝指数受益序列具有正态分布的假设。

图 4：指数收益率直方图



资料来源：国信证券经济研究所

表 2：指数收益率统计性描述

	全样本	右尾 $R_t > 0$	左尾 $R_t < 0$
样本数	1983	1069	914
最大值	0.089747	0.0897	-0.0000115
最小值	-0.096952	0.0000243	-0.097
均值	0.000453	0.0128	-0.0139
标准差	0.018835	0.0126	0.0141
偏度	-0.229095	2.0874	-2.0529
峰度	6.13116	9.5873	8.2976
Jarque Bera	827.4128** (0.0000)	2709.1** (0.0000)	1710.8** (0.0000)

资料来源：国信证券经济研究所

基于 EWMA-VaR 和 GARCH-VaR 的保证金水平实证计算

参数设置

（1） 衰减因子利用 RSME 方法估计，得到的值为 0.94;

（2） 保证金耗尽概率考虑 1%和 5%两种;

（3） 由于相对于正态分布，t 分布能较好地刻画金融时间序列尖峰厚尾的

特点，这里选用 GARCH(1,1)-t 模型来估计波动率。

结果分析

基于GARCH-VaR和EWMA-VaR模型，我们计算出了动态的保证金水平，表 3 和表 5 分别列出了 1983 个交易日的每日保证金水平的最大值、最小值和均值。在 1%的显著性水平下，通过 GARCH-VaR 法得到的保证金水平的最大值、最小值和均值均高于通过 EWMA-VaR 法得到的保证金水平的相应值。

表4和表6分别给出了GARCH-VaR和EWMA-VaR模型的事后检验结果。在零假设成立的条件下，统计量 LR 服从自由度为 1 的卡方分布。查表可知，自由度为 1 的卡方分布在 95%置信水平下的临界值为 3.841，在 99%置信水平下的临界值为 6.635，当统计值大于临界值时就拒绝原假设，表明模型失败。根据 LR 统计量计算结果，GARCH-VaR 模型在 95%和 99%的置信水平下均被接受，而 EWMA 模型则在 99%的置信水平下被拒绝，95%的置信水平下被接受，且失败率均高于理想的失败率。

根据上述分析，GARCH-VaR 法相比 EWMA-VaR 法要稳健，模型效果要好。EWMA-VaR 方法由于采用固定的衰减因子，可能会低估风险，造成违约事件的发生。

表 3：GARCH-VaR 法保证金水平估计结果

保证金耗尽概率	最大值	最小值	均值
5%	6.56%	1.43%	2.93%
1%	9.28%	2.03%	4.16%

资料来源：国信证券经济研究所

表 4：GARCH-VaR 法 Backtest 结果

头寸	95%置信水平			99%置信水平		
	失败天数	失败率	LR 统计量	失败天数	失败率	LR 统计量
多头	94	0.0474	0.2863	27	0.0136	2.3528
空头	96	0.0484	0.1064	32	0.0161	6.3622

资料来源：国信证券经济研究所

表 5：EWMA-VaR 法保证金水平估计结果

保证金耗尽概率	最大值	最小值	均值
5%	6.40%	1.12%	2.85%
1%	9.06%	1.59%	4.03%

资料来源：国信证券经济研究所

表 6：EWMA-VaR 法 Backtest 结果

头寸	95%置信水平			99%置信水平		
	失败天数	失败率	LR 统计量	失败天数	失败率	LR 统计量
多头	112	0.0565	1.6856	39	0.0197	14.6043
空头	105	0.0530	0.3567	40	0.0202	16.0026

资料来源：国信证券经济研究所

基于极值理论-VaR 法的保证金水平实证计算

在实证中我们选用对数据要求量少，目前较为常用的 POT 模型（GPD 分布）来计算 VaR，进而得到保证金水平。

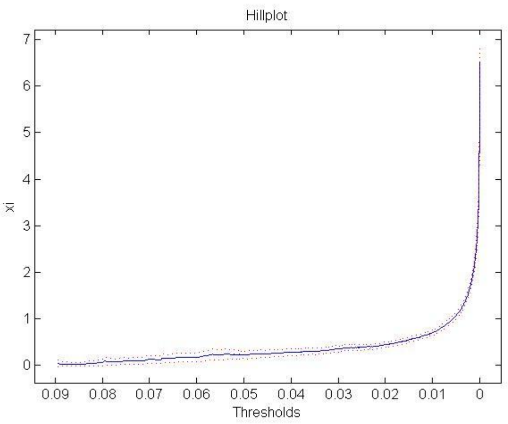
1. 阈值选择及参数估计

根据前文所述，用极值分布计算保证金水平时，需要估计出 GPD 参数，为此需要先确定分布的阈值，阈值的选择方法有 Hillplot 和超限期望图 MEplot 两种。

我们计算了样本平均超额函数并作点图，并判定是否在超过某横坐标值后图形呈现明显的正斜率或负斜率，选择该横坐标值为阈值。同时也做出了收益率的 Hill 图，根据该图，选择使ξ比较稳定的横坐标值作为阈值。同时考虑样本平均超额函数图和 Hillplot，我们认为全样本的阈值为 0.041，右尾的阈值为 0.029，左尾的阈值为 0.026。

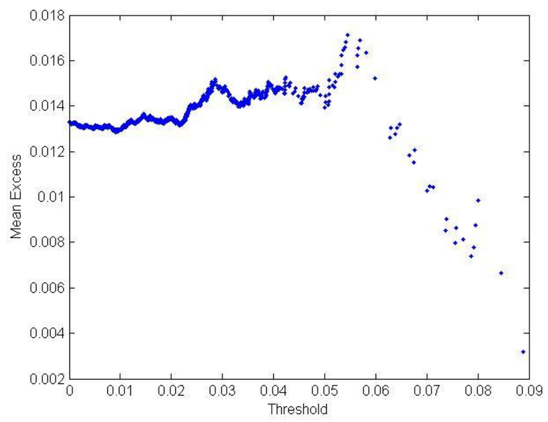
图 5 至图 10 给出了全样本、右尾、左尾的 Hillplot 和 MEplot。

图 5：全样本 Hillplot



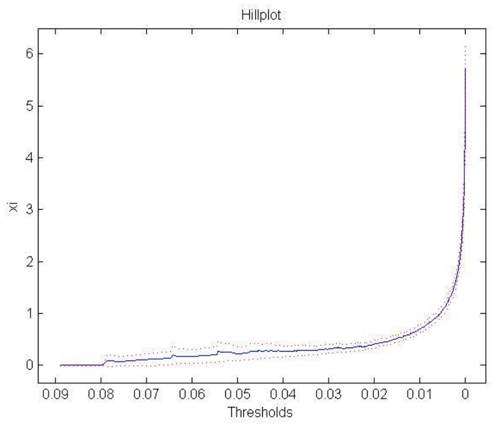
资料来源：国信证券经济研究所

图 6：全样本 meplot



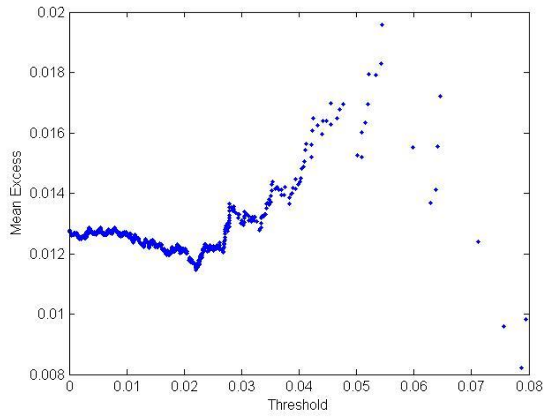
资料来源：国信证券经济研究所

图 7：右尾 Hillplot



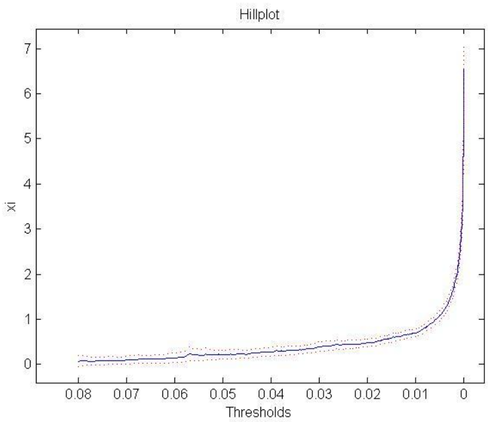
资料来源：国信证券经济研究所

图 8：右尾 meplot



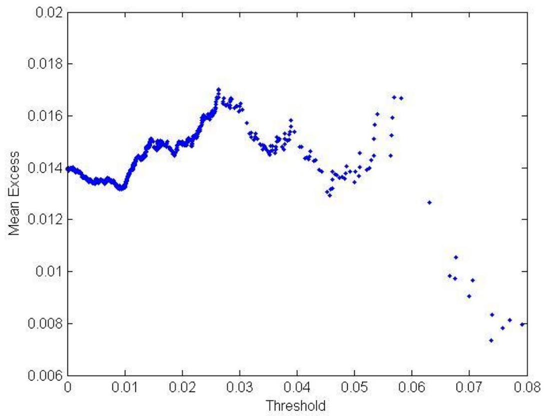
资料来源：国信证券经济研究所

图 9：左尾 Hillplot



资料来源：国信证券经济研究所

图 10：左尾 meplot



资料来源：国信证券经济研究所

我们采用极大似然估计方法（MLE）估计 GPD 分布中的形状参数ξ和尺度参数σ的取值以及 95%的置信区间，以及在这些参数下的拟合分布，参数的置信区间估计采用 Bootstrap 的方法来确定。表 7 给出了参数的估计结果。

可以发现右尾的形状参数ξ为正，而全样本和左尾的形状参数ξ的值为负，但大于－0.5，这说明收益率的分布都是厚尾分布，全样本和左尾的尾部属于 Weibull 类型，而且右尾的尾部更厚，属于 Fréchet 类型，因此在计算保证金水平时若假设服从正态分布，将会低估其保证金水平。

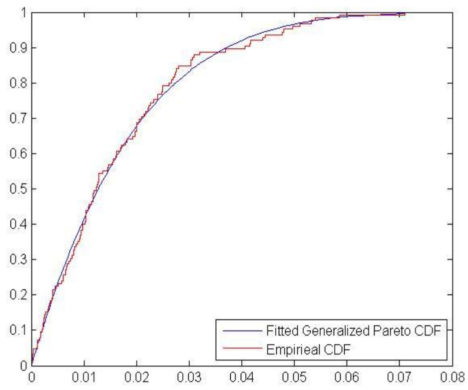
表 7：参数估计结果

参数	全样本	右尾 $R_t > 0$	左尾 $R_t < 0$
ξ	-0.1488	0.0614	-0.1730
σ	0.0170	0.0124	0.0195
阈值	0.041	0.029	0.026
N_μ	90	99	125

资料来源：国信证券经济研究所

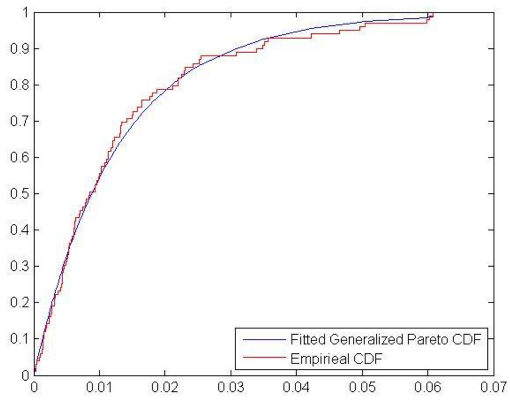
图 11 和图 12 为拟合的分布于经验分布的比较，从图中我们可以看到极值分布有效拟合了样本分布，只有少数地方出现异常现象。

图 11：左尾 GPD 与经验分布的比较



资料来源：国信证券经济研究所

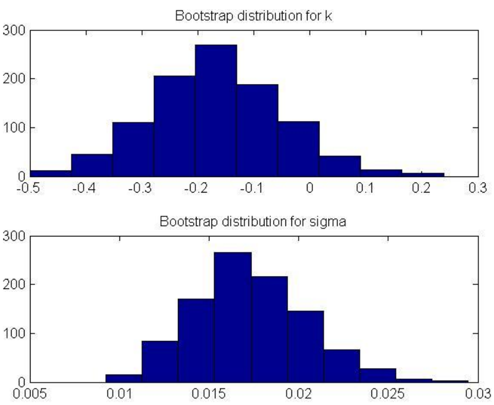
图 12：右尾 GPD 与经验分布的比较



资料来源：国信证券经济研究所

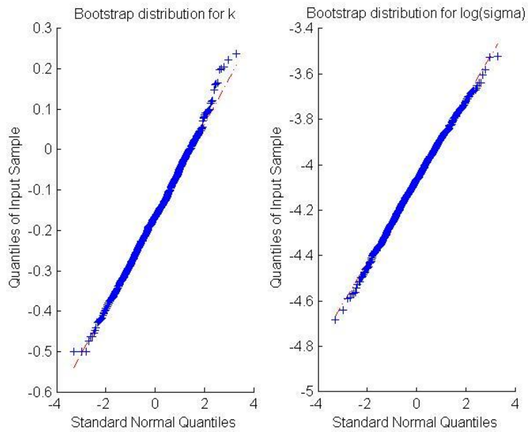
图 13-18 为参数ξ和σ区间估计分布图和 QQ 图，从图中可以看到，参数ξ和σ的区间估计效果很好，很贴合正态分布。

图 13：全样本参数区间估计分布图



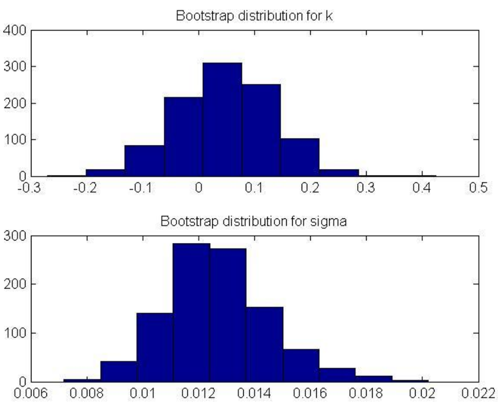
资料来源：国信证券经济研究所

图 14：全样本参数区间估计 QQ 图



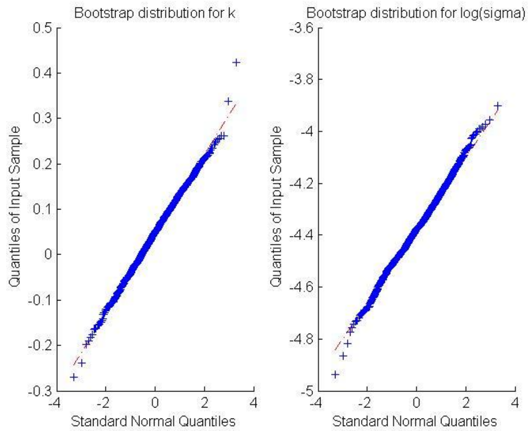
资料来源：国信证券经济研究所

图 15：右尾参数区间估计分布图



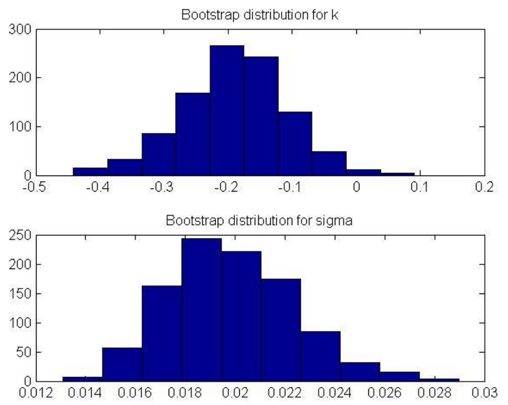
资料来源：国信证券经济研究所

图 16：右尾参数区间估计 QQ 图



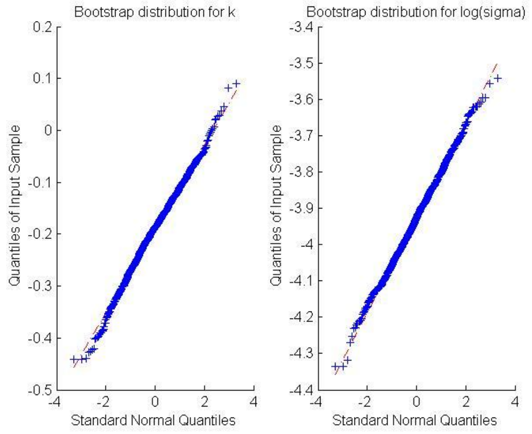
资料来源：国信证券经济研究所

图 17：左尾参数区间估计分布图



资料来源：国信证券经济研究所

图 18：左尾参数区间估计 QQ 图



资料来源：国信证券经济研究所

2. 保证金计算

在 5%的保证金耗尽概率下，统一、多头、空头保证金水平分别为 3.93%、3.68%、4.4%，在 1%的保证金耗尽概率下，单一、多头、空头保证金水平分别为 6.4%、5.87%、6.7%，在两种保证金耗尽概率下，多头保证金水平均高于空头保证金水平。

表 8 为保证金水平估计结果，表 9 为事后检验结果。

根据 LR 统计量，在 99%和 95%的置信水平下，模型均被接受。可见，基于极值理论的保证金水平计算方法准确度较高。

表 8：保证金水平估计结果

保证金耗尽概率	统一	空头	多头
5%	3.93%	3.68%	4.4%
1%	6.4%	5.87%	6.7%

资料来源：国信证券经济研究所

表 9：全样本 Backtest 结果（99%的临界值为 6.635，95%的临界值为 3.841）

头寸	95%置信水平			99%置信水平		
	失败天数	失败率	LR 统计量	失败天数	失败率	LR 统计量
多头	46	0.0503	0.0021	12	0.0131	0.8230
空头	53	0.0496	0.0040	12	0.0112	0.1560
统一	101	0.0509	0.0361	22	0.0111	0.2316

资料来源：国信证券经济研究所

EWMA-VaR、GARCH-VaR、极值理论-VaR 方法的比较

EWMA 及 GARCH-t-VaR 法对分布的假设分别是基于正态分布和 t 分布，均为对称分布，因而在计算保证金水平的时候没有区分左尾和右尾，且计算出来的是一个动态调整的保证金，可以根据每日的波动进行每日保证金水平设定，较好捕捉到最适合的当日保证金水平，可避免设定过高或过低的保证金水平而将造成市场流动性不足。但每日设定不同保证金水平，可能造成实际操作困难。因此对市场监管者而言，如果将来采用动态保证金设定制度时，可权衡考虑当报酬波动到达某一程度

时，再根据波动情况调整保证金，以免过于频繁调整。

GARCH-t 模型在 95%和 99%的置信水平下均通过事后检验，而 EWMA 在 99%的显著性水平下被拒绝，在 95%的显著性水平下，虽然通过检验，但失败率也高于 GARCH-t，可见，一方面正态分布的假设，会低估保证金水平，另一方面 EWMA 方法中由于采用固定的衰减因子，也可能会低估风险，造成违约事件的发生。

表 10：三种估计方法下的保证金水平对比

保证金耗尽概率	GARCH-t			EWMA			EVT		
	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	统一	空头	多头
5%	6.56%	1.43%	2.93%	6.40%	1.12%	2.85%	3.93%	3.68%	4.40%
1%	9.28%	2.03%	4.16%	9.06%	1.59%	4.03%	6.40%	5.87%	6.70%

资料来源：国信证券经济研究所

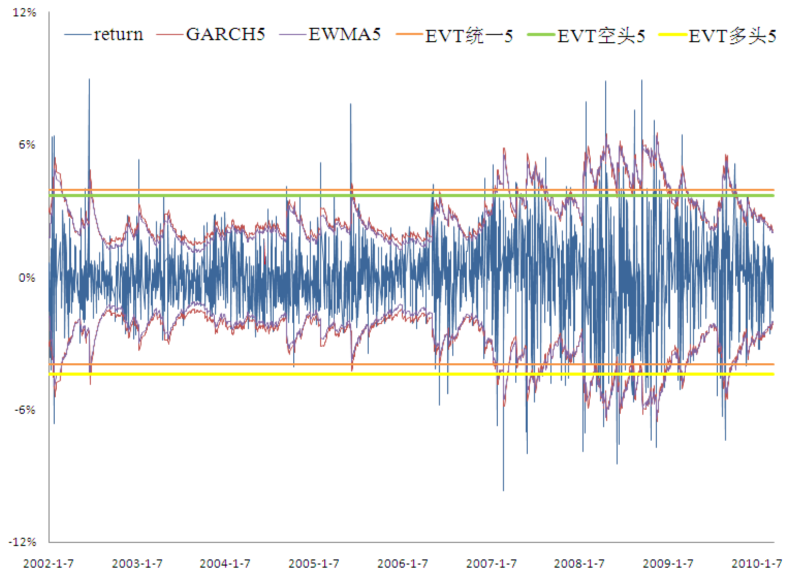
极值理论-VaR 法很好地考虑了分布的尾部，得出的保证金水平比 GARCH-VaR 及 EWMA-VaR 法要谨慎要稳健，在 99%和 95%的置信水平下模型均通过了检验，且失败率低于理想值。但由于极值理论对数据量要求较大，其估计的准确性很依赖于历史数据量的大小，因此在沪深 300 股指期货推出初期无法准确的拟合出的尾部分布，因而较难应用到保证金水平设置中来，但是随着市场的逐渐成熟，累积足够的数据样本，极值理论-VaR 法可以成为检验保证金水平充分性的有效方案。

表 11：　Backtest 结果对比

模型	头寸	95%置信水平			99%置信水平		
		失败天数	失败率	LR 统计量	失败天数	失败率	LR 统计量
GARCH-t	多头	94	0.0474	0.2863	27	0.0136	2.3528
	空头	96	0.0484	0.1064	32	0.0161	6.3622
EWMA	多头	112	0.0565	1.6856	39	0.0197	14.6043
	空头	105	0.0530	0.3567	40	0.0202	16.0026
EVT	多头	46	0.0503	0.0021	12	0.0131	0.8230
	空头	53	0.0496	0.0040	12	0.0112	0.1560
	统一	101	0.0509	0.0361	22	0.0111	0.2316

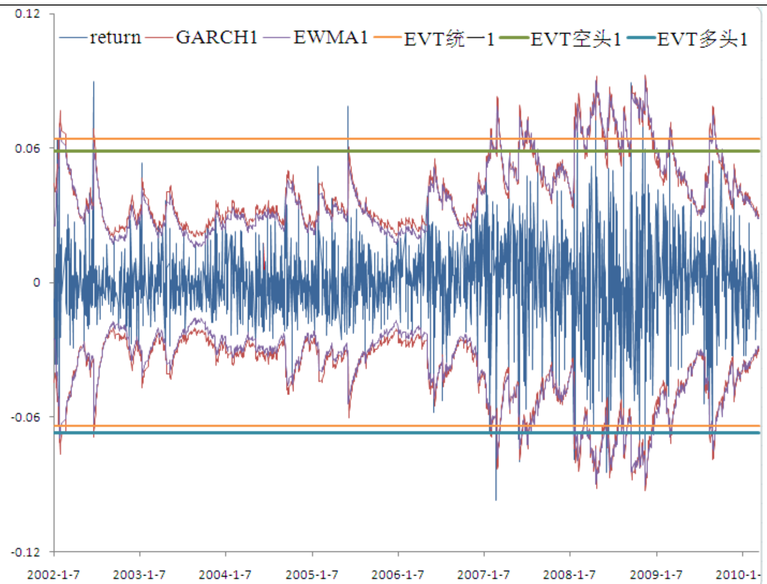
资料来源：国信证券经济研究所

图 19：5%的保证金耗尽概率下保证金覆盖程度对比



资料来源：国信证券经济研究所

图 20：1%的保证金耗尽概率下保证金覆盖程度对比



资料来源：国信证券经济研究所

通过上述比较分析发现，EWMA-VaR、GARCH-VaR、极值理论-VaR 这三种方法，各自都有各自的优点和缺点。

1. EWMA-VaR 比较简单易于实现，但由于其正态分布的假设和固定的衰减因子均可能会导致低估保证金水平。
2. GARCH-VaR 相对于 EWMA-VaR 准确性要好的多，可以较好捕捉到最适合的当日保证金水平，但每日设定保证金水平在操作上存在一定困难，在实际使用中，可权衡考虑当报酬波动到达某一程度时，再根据波动情况调整保证金，以免过于频繁调整。

3. 极值理论-VaR 方法的准确度和可靠性很好，得出的保证金水平比 GARCH-VaR 及 EWMA-VaR 法要谨慎要稳健，但由于其很依赖于数据量大小，可以考虑在市场的逐渐成熟，数据样本足够多时，用来计算和检验保证金水平的充分性。

结语

本报告对保证金制度中保证金水平的设置方法进行了研究，并对我国股指期货进行实证分析，运用 EWMA-VaR、GARCH-VaR 和极值理论-VaR 方法，计算了沪深 300 股指期货交易保证金水平，并区分多头和空头保证金水平，结果表明：多头的保证金水平要高于空头的保证金水平，证明多头面临的风险要高于空头。在 1% 的显著性水平下，通过 GARCH-VaR 法得到的保证金水平的最大值、最小值和均值均高于通过 EWMA-VaR 法得到的保证金水平的相应值，EWMA-VaR 方法由于采用固定的衰减因子，可能会低估风险，造成违约事件的发生。GARCH-VaR 模型相对准确地估计了风险，而基于极值理论-VaR 的保证金水平计算方法则更为准确。

目前，中金所公布的沪深 300 股指期货保证金制度中最低保证金水平为 12%，远高于我们实证中计算出的保证金水平，也明显高于美国、日本、英国和其它新兴市场的初始保证金率。这一保证金水平较为保守，但也比较合理，因为在股指期货推出之初，期货市场价格波动可能会非常剧烈，谨慎的保证金水平能够有效预防违约风险，减少投机交易，有助于市场的稳健运行。但是随着我国股指期货市场的逐渐成熟，可以考虑上述计算保证金的方法，适当降低保证金水平，增加市场流动性。

本报告在这里只是一个初步的尝试，随着股指期货的推出，股指期货的价格数据逐渐累计，后续我们可能会进一步借鉴国外的经验，运用 copula 函数、复合极值理论、预期损失估计（expected shortfall estimation）等等进一步完善文中的保证金计算模型，并对涨跌停板的设置进行研究。

国信证券投资评级

类别	级别	定义
股票 投资评级	推荐	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 20%以上
	谨慎推荐	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	预计 6 个月内，股价表现介于市场指数 ±10%之间
	回避	预计 6 个月内，股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	推荐	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10%以上
	谨慎推荐	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 5%-10％之间
	中性	预计 6 个月内，行业指数表现介于市场指数 ±5%之间
	回避	预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 5%以上

免责条款

国信证券经济研究所研究团队

宏观	周炳林	0755-82133339
	林松立	010-82254212
策略	赵 谦	021-60933153
	崔 嵘	021-60933159
	廖 喆	021-60933162
	黄学军	021-60933142
交通运输	郑 武	0755- 82130422
	高 健	0755-82130678
	陈建生	0755- 82130422
	岳 鑫	0755- 82130422
银行	邱志承	021-68864597
	黄 飙	0755-82133476
	谈 煊	010- 82254212
	戴志锋	0755-82133343
房地产	方 焱	0755-82130648
	区瑞明	0755-82130678
	黄道立	0755-82130833
机械	余爱斌	0755-82133400
	李筱筠	010-82254205
	黄海培	021-60933150
	陈 玲	0755-82133400
	杨 森	0755-82133343
汽车及零配件	李 君	021-60933156
	左 涛	021-60933164
钢铁	郑 东	010-82254160
	秦 波	010-82252922
商业贸易	孙菲菲	0755-82133400
	吴美玉	010-82252911
基础化工	邱 伟	0755-82133263
	张栋梁	0755-82130532
医药	贺平鸽	0755-82133396
	丁 丹	0755-82130678
	陈 栋	021-60933147
石油与石化	李 晨	021-60875160
	严蓓娜	021-60933165
电力设备与新能源	皮家银	021-60933160
传媒	陈财茂	021-60933163
有色金属	彭 波	0755-82133909
电力与公用事业	徐颖真	021-60875162
	谢达成	021-60933161
非银行金融	邵子钦	0755- 82130468
	田 良	0755-82130513
	童成敦	0755-82130513
通信	严 平	021-60875165
	程 峰	021-60933167
造纸	李世新	0755-82130565
家电	王念春	0755-82130407
计算机	凌 晨	021-60933157
电子元器件		
纺织服装	方军平	021-60933158
农业	张 如	021-60933151
旅游	廖绪发	021-60875168
	刘智景	021-60933148
食品饮料	黄 茂	0755-82133476
	谢鸿鹤	0755-82133400
建材	杨 昕	021-60933168
煤炭	李 然	0755-82130681
	苏绍许	021-60933144
建筑	邱 波	0755-82133390
	李遵庆	0755-82133343
中小股票	陈 健	0755-82133476
	陈爱华	0755-82133397
	祝 彬	0755-82132518
	王一峰	010-82250828
	邵 达	0755- 82132098
固定收益	李怀定	021-60933152
	张 旭	010-82254210
	高 宇	0755-82133528
	蔺晓熠	021-60933146
	侯慧娣	021-60875161
投资基金	杨 涛	0755-82133339
	黄志文	0755-82133928
	刘舒宇	0755-82131822
	彭怡萍	
数量化投资	葛新元	0755-82133332
	董艺婷	021-60933155
	戴 军	021-60933166
	林晓明	021-60933154
	秦国文	0755-82133528
	程景佳	021- 60933166
	赵斯尘	021- 60875174
指数与产品设计	焦 健	0755-82131822
	赵学昂	0755-82131822
	王军清	0755-82133297
	阳 璀	0755-82131822
	周 琦	0755-82131822
	彭甘霖	

国信证券机构销售团队

华南区		华东区		华北区	
万成水	0755-82133147 13923401205 wancs@guosen.com.cn	盛建平	021-60875169 15821778133 shengjp@guosen.com.cn	王立法	010-82252236 13910524551 wanglf@guosen.com.cn
邵燕芳	0755-82133148 13480668226 shaoyf@guosen.com.cn	马小丹	021-60875172 13801832154 maxd@guosen.com.cn	王晓建	010-82252615 13701099132 wangxj@guosen.com.cn
林 莉	0755- 82133197 13824397011 Linli2@guosen.com.cn	郑 毅	021-60875171 13795229060 zhengyi@guosen.com.cn	谭春元	010-82254209 13810118116 tancy@guosen.com.cn
王昊文	0755-82130818 18925287888 wanghaow@guosen.com.cn	黄胜蓝	021-60875173 13761873797 huangsl@guosen.com.cn	焦 戬	010-82254202 13601094018 jiaojian@guosen.com.cn
甘 墨	0755-82133456 15013851021 ganmo@ guosen.com.cn	刘 塑	021-60875177 13817906789 liusu@guosen.com.cn	李锐	010-82254212 13691229417 lirui2@guosen.com.cn
		叶琳菲	021-60875178 13817758288 yelf@guosen.com.cn	徐文琪	010-82254210 13811271758 xuwq@guosen.com.cn
		许娅	021- 60875176 13482495069		
		江智俊	021-60875175 15221772073		
		孔华强	021-60875170 13681669123		