

THE FORELAND OF
TRADING TECHNOLOGY

内部资料 免费交流
《准印证》编号沪(K)0671

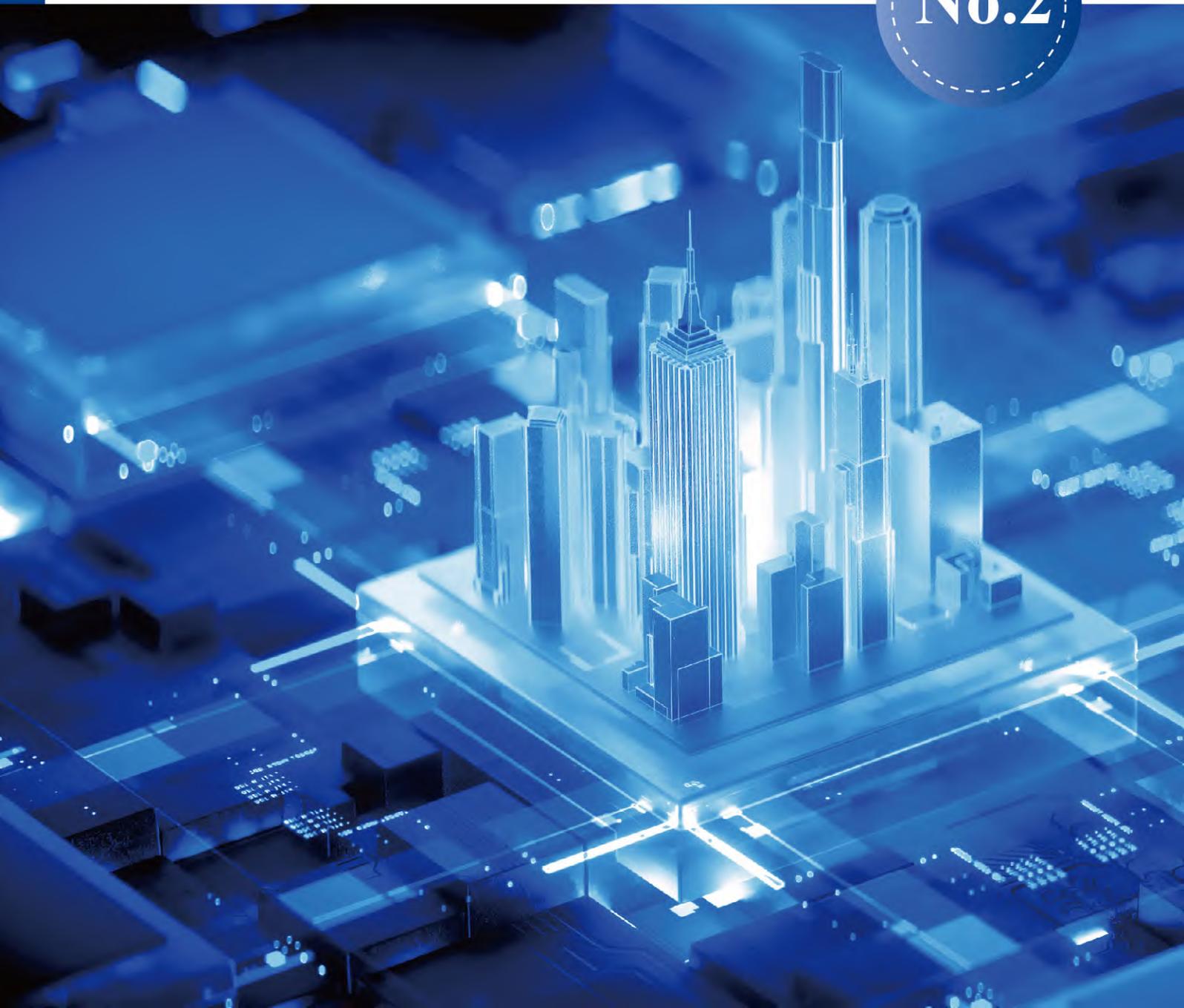
交易技术前沿

2023年 第二期 总第53期

本期主题

科技与创新

No.2



内部资料 2023 年第二期（总第 53 期）

准印证号：沪（K）0671

NO.2

主管：上海证券交易所

主办：上海证券交易所

总编：邱勇、蔡建春

副总编：王泊

执行总编：唐忆

责任编辑：徐广斌、徐丹、陆伟、王昕、黄淦

上海市杨高南路 388 号

邮编：200127

电话：021-68607129，021-68602496

传真：021-68813188

投稿邮箱：ftt.editor@sse.com.cn

篇首语

习近平总书记在《求是》杂志《不断做强做优做大我国数字经济》一文中提出“促进数字技术和实体经济深度融合，赋能传统产业转型升级，催生新产业新业态新模式，不断做强做优做大我国数字经济”，深刻阐明科技创新对新阶段下实现经济高质量发展的重要战略意义。证券期货业也将“推进科技赋能行业数字化转型”和“释放金融科技创新动能”列为“十四五”科技发展主要目标。当前，证券行业数字化转型和信息技术应用创新方兴未艾，科技与创新成为证券期货业发展新动量的趋势愈发明显，在提高资本市场管理与服务水平，赋能实体经济等方面发挥越来越重要的作用。本期《交易技术前沿》以“科技与创新”为主题，收录行业关于创新科技研究与新兴技术应用等方面的优秀文章。

《金融领域下的多标签文本分类质检实践》针对证券公司呼叫中心的舆情和风险感知场景，通过应用自然语言处理技术加强对用户感知和理解，以期规范业务流程、提升工作效率并保障服务质量。

《区块链服务平台助力证券业务创新发展》介绍了兴业证券在区块链技术统一服务平台方面的建设经验，实现统一接口封装并提供可视化管理界面，从而降低了区块链应用的开发复杂度，助推区块链应用创新发展。

《基于 DeFi 技术的场外期权交易研究》聚焦于分布式金融技术，研究将其应用于场外期权市场交易，以改善当前期权交易基础设施的效率低、成本高等问题。

《基于中国科创企业的海内外资本市场对比分析》对海内外科创行业的海内外一二级市场进行了详细比较研究，分析发展阶段的特征差异，揭示海内外资本市场对科创行业的关注点和投资方向。

《曲突徙薪：安信证券业务稳定性保障的新探索与实践》结合实战经验，探索从故障预防、故障感知、故障处置、故障改进等方面构建系列化的稳定性保障工具，保障研发、测试、运维全生命周期业务稳定性。

《交易技术前沿》编辑部

2023年8月24日

目录 Contents

本期热点

- | | |
|--|----|
| 1 金融领域下的多标签文本分类质检实践 / 潘建东、马张晖、尹序鑫、孙冰、王赵鹏、刘国杨 | 4 |
| 2 区块链服务平台助力证券业务创新发展 / 刘洋、石良生、柳君、付益明 | 14 |
| 3 基于 DeFi 技术的场外期权交易研究 / 陈洪炎 | 19 |
| 4 基于中国科创企业的海内外资本市场分析 / 刘浩、李媛、刘沐秋、徐辰曦 | 28 |

前沿技术应用

- | | |
|-----------------------------------|----|
| 5 沪深交易所集合竞价过程的量化研究 / 郑凡 | 44 |
| 6 基于 eBPF 的交易系统可观测技术 / 夏克、袁立刚、张巧霞 | 54 |

实践探索

- | | |
|--|----|
| 7 曲突徙薪：安信证券业务稳定性保障的新探索与实践 / 梁德汉、李晓璐、梁恩浩、黄颖孜、鞠鹏 | 64 |
| 8 期货市场标签体系研究与实践 / 张如意、宋娜、张航、赵子涵、宫朝辉 | 74 |
| 9 安信证券 IPv6 规模部署实践分享 / 梁德汉、何洲星、李家攀、甘春根 | 82 |

信息资讯采撷

- | | |
|----------|----|
| 监管科技全球追踪 | 93 |
|----------|----|



本期热点

- 1 金融领域下的多标签文本分类质检实践
- 2 区块链服务平台助力证券业务创新发展
- 3 基于 DeFi 技术的场外期权交易研究
- 4 基于中国科创企业的海内外资本市场分析

金融领域下的多标签文本分类质检实践

潘建东、马张晖、尹序鑫、孙冰、王赵鹏、刘国杨 / 中信建投证券股份有限公司 信息技术部 北京 100010
E-mail : yinxuxin@csc.com.cn



作为企业与客户接触的重要途径，一线员工的服务质量直接影响企业经营收益和对外形象，而服务人员流动性大、培训成本高、客户服务效果难以把控等诸多问题已成为行业痛点。另一方面，信息技术的高速发展带来了迅速增长的业务量和客户量，呼叫中心的电话语音、文本以及其他各类渠道的信息，汇成庞大的服务数据。

如何保障一线员工的服务水平和规范性，感知业务中的舆情和风险信息，以及提供发现具体业务问题的途径，都需要对庞大的服务数据进行质检分析。传统质检方式因其漏检风险大、难以发现潜在的业务机会与舆情风险，而被智能语言分析技术所取代。通过自然语言处理技术对客户服务交互记录的深入分析，企业达到对客户的深度感知与理解，规范业务流程、提升工作效率以及保障服务质量。

本文通过 nlp 算法的优化及应用实践，帮助企业提升服务质量、规范服务流程、提升合规审核效率的同时，挖掘和引导出客户的深层需求。

关键词：自然语言处理；标签；合规；质检

1 概述

目前我司的质检场景主要集中于呼叫中心人工回访、企业微信会话存档，场景简介如下：

1) 呼叫中心人工回访：

客服人员拨打客户电话后，呼叫中心记录下回访过程中的语音信息。智能质检系统采取 ASR 语音转文本通用接口将语音信息转化为文本，再通过基于深度模型的纠错算法 FASpell 对文本中可能存在的错漏进行纠正，最后通过基于自然语言处理 NLP 技术的语义标签算法模型对获取的文本信息进行话术规范、舆情风险的判定与感知。

呼叫中心又称为客户服务中心，呼叫中心对客户的回访，其内容包括但不限于获取客户的反馈、对客户的问题作出解答并探询客户新的需求。客户回访是企业进行产品或服务满意度调查、客户意愿反馈以及进行客户维系的常用方法。而对客户回访内容的质检，一方面作为评价公司服务水平 and 规范性、感知业务中的舆情和风险信息的重要手段，另一方面也长期面临着服务需求多元化、客户回访量大的两难问题。

随着信息技术革新，大数据、区块链、人工智能（Artificial Intelligence，AI）等新兴技术被越来越多的应用于金融服务领域。在这一背景下，深度学习与自然语言处理 NLP 的有机结合，使得智能质检技术的实现方式更加科学便捷，极大降低了对各渠道信息质检时所耗费的时间成本。

2) 企业微信存档：

现阶段的企业微信已然具备群自动回复、群发、直播、对外收款等近 20 种支持线上营销的实用性功能。在金融服务的应用中，营销人员可以借助这些功能完成引流获客、服务沟通、转化下单的营销闭环。金融服务者使用企业微信与客户沟通的语音、文本信息会被记录下来。智能质检系统采取基于语音识别技术 ASR 和自然语言处理技术 NLP 的语义标签算法模型，对获取的服务文本进行打标，并进行话术质检。

企业微信作为强留痕通讯工具，被越来越多的金融企业用于内、外部联络通信。对于强监管背景下的金融企业而言，企业微信具备两面性：一方面，应用企业微信可使企业对外触达保持统一性，也有利于掌握员工的工作沟通情况。另一方面，应用企业微信也增加了企业管理责任，企业须将员工的个人行为的不确定性在制定管理动作时加以考虑。对企业微信会话内容的质检，是每个金融企业都必须面对的问题。当前证券行业内企业微信方兴未艾，以关键词触发加人工抽检的方式进行事后检查尚可应对。但随着加入企业微信的客户数量增加，应用场景丰富，企业微信语料可以预见将会指数级增加，依靠关键词与人工抽检的覆盖面将越来越低，难以满足合规风控需求。

随着证券业务的快速发展，客户数量增加、营销场景丰富、客户需求多元化，多渠道系统接入的服务记录中，客服交互的语料指数性增长，在对这些数据进行存储管理的过程中我们发现，在与客户交互的过程中，其实蕴含了大量丰富的、有价值的信息。例如客户意向线索、企业产品满意度、合规情况等等。借助基于 NLP 技术的智能质检系统对这些信息进行全局统计和深入解读，对于我们深入了解客户、提升客服质量、及时发现违规行为具有重大的意义。

2 证券智能质检现状

当今证券智能质检方案大都已经结合深度学习、语音识别、自然语言处理等 AI 技术，基本解决了传统质检方案中人工抽检带来的各种缺陷。然而，证券业务的快速发展带来了客服交互的语料指数性增长，企业对现有的智能质检方案也有了更高的要求，同时相应的 AI 技术也面临着更大的挑战。

市面上有很多面向销售和客服人员的语音质检系统、文本质检系统，多数产品使用的是基于

“关键词 + 正则表达式”机器质检系统。该方法的优点是部署容易、上手门槛低，但是企业在实际使用的实践中渐渐发现，基于该方式的机器质检效果无法适应越来越多元化的业务情景。其中存在的局限性有以下两点：

(1) 客户沟通过程中，自然语言的表达方式高度个性化、表达形式复杂多变。若仅依赖“关键词 + 正则表达式”的机器质检系统进行穷举，语料枚举存在错漏，识别局限性明显。例如，在针对“提供投顾服务”的质检中，销售员未按照规定向投资者进行询问便提供了投资建议，甚至向低风险偏好者推荐了高风险产品，向普通投资者推荐了专业投资者方能投资的产品。这种隐瞒风险、夸大收益甚至承诺保本的违规表述，仅依赖穷举是无法识别完备的。

(2) 金融产品营销的业务流程与逻辑是复杂的，对营销人员的要求往往是多元化、精细化的。依赖“关键词 + 正则表达式”的质检方案，在对包含复杂场景和精细化要求的质检项进行监督就显得捉襟见肘。例如，在对“信托产品营销”的质检项中，需要先筛选出涉及到产品营销的会话，再监督销售员是否明确普通投资者是否具备投资该产品的风险承受能力，以及是否明确告知产品风险。传统机器质检很难处理这种需要对业务流程规范进行监督的情况。

因此，目前基于“关键词 + 正则表达式”机器质检系统的主要痛点在于其局限性高、容错率低，难以规避的漏检、误检会使质检效率大打折扣，质检模型的局限性让企业难以应对逐渐多元化、精细化的营销情景。为了破解这两大问题，证券行业亟需开发一种基于前沿 AI 技术的合规质检产品，以提升质检的效果和效率。

3 多标签文本分类及相关算法模型

3.1 多标签文本分类

我们对于文本分类 (Text classification) 任

务非常熟悉，无非就是将载有信息的一篇文本映射到预先给定的某一类别或某几类别主题的过程，实现这一过程的算法模型叫做分类器。文本分类问题算是自然语言处理领域中一个非常经典的问题。根据预定义的类别不同，文本分类分两种：二分类和多分类，多分类可以通过多个二分类器来实现。从文本的标注类别上来讲，文本分类又可以分为单标签和多标签。

多标签文本分类 (Multi-label Text Classification)，本质上都是对文本进行多标签分类，即对于一个给定的文本，可能有多个标签，我们需要设计一个模型预测其标签。有一个相似的问题叫文本的多分类 (Multi-class Text classification)，它讲的是对于一个文本，其标签是标签集合中的一个，标签集合中有三个以上标签，可见多标签文本分类和它有本质区别，即前者要预测的一个文本可能有多个标签，而后者要预测的一个文本只有一个标签。

3.2 相关算法模型

文本分类最初是通过专家规则进行分类，利用知识工程建立专家系统，这样做的好处是比较直观地解决了问题，但费时费力，覆盖的范围和准确率都有限。后来伴随着统计学习方法的发展，特别是 90 年代后互联网在线文本数量增长和机器学习学科的兴起，逐渐形成了一套解决大规模文本分类问题的经典做法，即特征表示 + 分类模型。又分为传统机器学习方法和深度学习文本分类方法。本文主要介绍近几年比较热门的基于深度学习的文本分类方法，这类方法不同于传统方法，不需要人工特征工程的工作，通过深层模型自动学习文本数据的深层语义特征，从而大大提高了文本分类的效果。

3.2.1 TextCNN 模型

TextCNN 是 Yoon Kim 在论文 Convolutional Neural Networks for Sentence Classification^[1] 提出的。我们知道卷积神经网络 (CNN) 的核心思想

是捕捉局部特征，对于文本来说，局部特征就是由若干单词组成的滑动窗口，类似于 N-gram。卷积神经网络的优势在于能够自动地对 N-gram 特征进行组合和筛选，获得不同抽象层次的语义信息。将卷积神经网络 CNN 应用到文本分类任务，利用多个不同 size 的 kernel 来提取句子中的关键信息（类似于多个不同窗口大小的 N-gram），从而能够更好地捕捉局部相关性。

TextCNN 模型网络主要由四部分构成：Embedding 层、Convolution 层、MaxPooling 层、全连接层及归一化处理。Embedding 层的作用是将分好词的中文文本，可以通过一个预训练好的 word2vec，将每个词映射成一个低维向量，维度一般在 50-500 之间，这样做的目的是将自然语言数值化，方便后续的计算处理。Convolution 层，卷积运算实际是分析数学中的一种运算方式，不同于图像的二维数据，在文本分类任务中，文本是一维数据，因此在 TextCNN 卷积用的是一维卷积（在 word-level 上是一维卷积；虽然文本经过词向量表达后是二维数据，但是在 embedding-level 上的二维卷积没有意义）。通过设计不同 size 的卷积核获取不同宽度的视野，即局部的文本特征。MaxPooling 层，最大池化层通过取窗口内特征的最大值来实现，能够抑制网络参数误差造成估计均值偏移的现象。池化操作除了能显著降低参数量外，还能够保持对平移、伸缩、旋转操作的不变性。全连接层，最后一层是带有 sigmoid 归一化处理的全连接层，得到一系列标签的 0-1 之间的概率值，例如，当某一个标签的概率值大于阈值 0.5 时，就将此标签作为文本的输出标签。

3.2.2 TextRNN 模型

在一些自然语言处理任务中，当对序列进行处理时，我们一般会采用循环神经网络（RNN），尤其是它的一些变种更常用，如 LSTM、GRU。当然我们也可以把 RNN 运用到文本分类任务中，

TextRNN^[2] 就是指利用 RNN 循环神经网络解决文本分类问题。

这里的文本可以一个句子、文档或篇章，因此每段文本的长度都不尽相同。在对文本进行分类时，我们一般会指定一个固定的输入序列（文本长度）：该长度可以是最长文本序列的长度，此时其他所有文本序列都要进行填充以达到该长度；该长度也可以是训练集中所有文本序列长度的均值，此时对于过长的文本需要进行截断，过短的文本则进行填充。总之，要使得训练集中所有的文本序列长度相同，该长度除之前提到的设置外，也可以是其他任意合理的数值。在测试时，也需要对测试集中的文本序列做同样的处理。

假设训练集中所有文本序列的长度统一为 n ，我们需要对文本进行分词，并使用词嵌入得到每个词固定维度的向量表示。对于每一个输入文本序列，我们可以在 RNN（LSTM）的每一个时间步长上输入文本中一个单词的向量表示，计算当前时间步长上的隐藏状态，然后用于当前时间步骤的输出以及传递给下一个时间步长并和下一个单词的词向量一起作为 RNN 单元输入，然后再计算下一个时间步长上 RNN 的隐藏状态，以此重复，直到处理完输入文本中的每一个单词，例如输入文本的长度为 n ，所以要经历 n 个时间步长的计算。

基于 RNN 的文本分类模型非常灵活，有多种多样的结构。另外，普通 RNN 在处理较长文本时会出现梯度消失问题，因此实际上常用 LSTM 或 GRU。一种常见的结构是，利用双向 LSTM（Bi-LSTM）网络，取前向 / 反向 LSTM 在最后一个时间步长上隐藏状态，然后进行拼接，在经过一个归一化层（对于多标签文本分类输出层使用 sigmoid 激活函数）进行分类；或者取前向 / 反向 LSTM 在每一个时间步长上的隐藏状态，对每一个时间步长上的两个隐藏状态进行拼接，然后对所有时间步长上拼接后的

隐藏状态取均值，再经过一个归一化层（对于多标签文本分类输出层使用 sigmoid 激活函数）进行分类。

3.2.3 BERT 模型

在 NLP 研究领域中,随着计算机算力的增强,预训练语言模型不断的涌现出来,并形成一种新的 NLP 范式,即使用大规模文本语料库进行预训练得到预训练语言模型,然后再针对特定的下游任务对训练好的预训练语言模型做微调,从而避免了从零开始训练模型的步骤,降低了 NLP 任务的模型训练难度的同时也提高了 NLP 各项任务的模型性能。

在 2018 年末的时候, NLP 学术界及其主流媒体都被 Google 提出的 BERT (BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding)^[3] 刷屏了,它刷新了自然语言处理 11 项纪录。

BERT 模型结构: BERT 模型是在多层双向 Transformer 模型^[4] 结构上发展而来,利用了 Transformer 模型的 Encoder 模型结构部分,但是比原始 Transformer 结构更深。Transformer 的 Encoder 模块包含 6 个 Encoder block, BERT-base 模型包含 12 个 Encoder block, BERT-large 包含 24 个 Encoder block。下图是 BERT 模型预训练和

微调的结构图,左侧的图表示了预训练的过程,右侧的图是对具体任务的微调过程。

BERT 的输入: BERT 的输入可以包含一个句子对(句子 A 和句子 B),也可以是单个句子。同时 BERT 增加了一些有特殊作用的标志位:

- [CLS] 标志放在第一个句子的首位,经过 BERT 得到的表征向量 C 可以用于后续的分类任务。
- [SEP] 标志用于分开两个输入句子,例如输入句子 A 和 B,要在句子 A, B 后面增加 [SEP] 标志。
- [MASK] 标志用于遮盖句子中的一些单词,将单词用 [MASK] 遮盖之后,再利用 BERT 输出的 [MASK] 向量预测单词是什么。

BERT 得到要输入的句子后,要将句子的单词转成 Embedding, Embedding 用 E 表示。与 Transformer 不同, BERT 的输入 Embedding 由三个部分相加得到: Token Embedding、Segment Embedding、Position Embedding。如下图所示。

- Token Embedding: 单词的 Embedding, 通过训练学习得到。
- Segment Embedding: 用于区分每一个单词属于句子 A 还是句子 B, 如果只输入一个句子就只使用 EA, 通过训练学习得到。

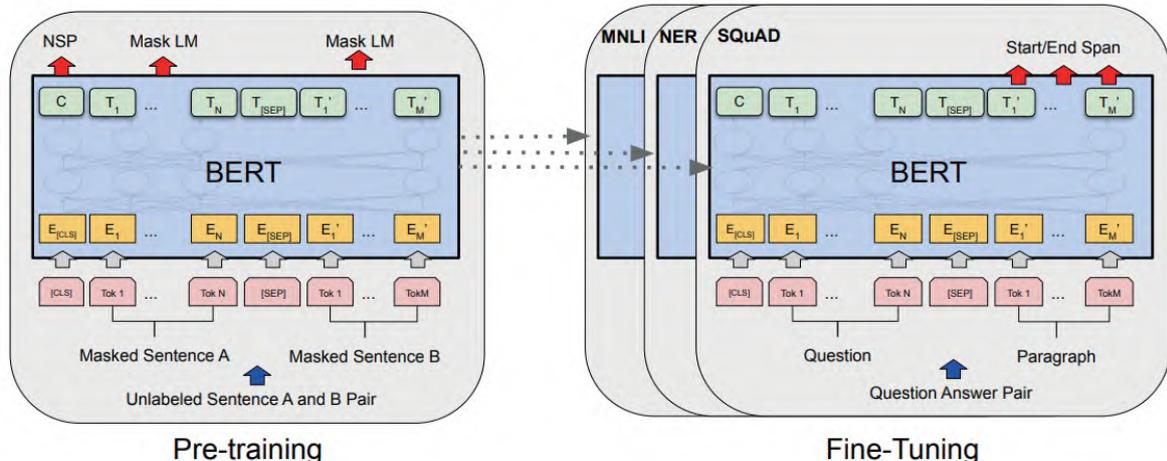


图 1: BERT 模型预训练和微调结构图

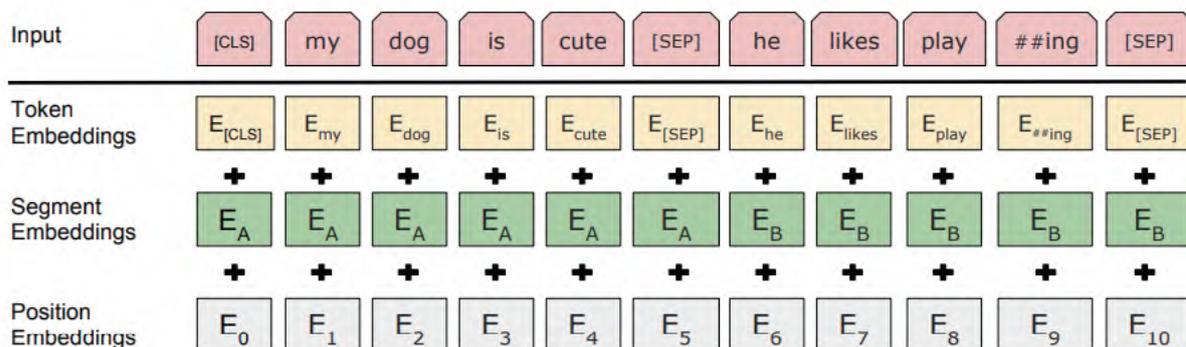


图 2 : BERT 模型的 input 输入组成示意图

- Position Embedding : 编码单词出现的位置, 与 Transformer 使用固定的公式计算不同, BERT 的 Position Embedding 也是通过学习得到的。

BERT 的预训练和微调 : 在 BERT 的预训练阶段, 采用了两个无监督的预训练任务。第一个任务是 Masked LM (Masked Language Model), 在句子中随机用 [MASK] 这一标记替换一部分单词, 然后将句子传入 BERT 中编码每一个单词的信息, 最终利用上下文的编码信息来预测该位置被 mask 的正确单词。第二个任务是 NSP (Next Sentence Prediction) 即下一句预测的问题, 将句子 A 和 B 输入 BERT, 预测 B 是否为 A 的下一个句子, 最终使用 [CLS] 标志位的编码信息 C 进行预测。BERT 设计这一预训练任务的主要原因是, 很多下游任务, 例如问答系统 (QA)、自然语言推理都需要模型能够理解两个句子之间的关系, 但是通过训练语言模型达不到这个目的, 所以有必要加入 NSP 任务。预训练得到的 BERT 模型可以在后续用于具体 NLP 任务的时候进行微调 (Fine-tuning), BERT 模型可以适用于多种不同的 NLP 任务, 我们的多标签文本分类任务也可以基于预训练得到的 BERT 做微调, 实现分类功能。如下图所示, 单个句子做分类的任务, 只需要输入一个句子, 无需添加 [SEP] 标志, 然后也是使用 [CLS] 对应的输出向量 C 做分类。

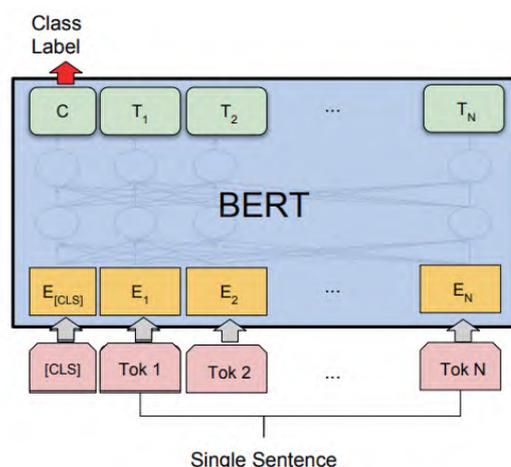


图 3 : BERT 模型对单个句子做分类

4 算法方案设计

在 NLP 任务中, 一个好的预训练模型能够提升模型的效果。然而前文讲到的 BERT 是一个相对复杂的模型, 例如 BERT-large 总共有 3.4 亿参数, 这样就会耗费大量的计算资源, 同时模型预训练以及推理预测速度都受到限制。为了解决上述问题, ALBERT 模型应运而生, 该模型的参数量远少于传统的 BERT 架构。本文就使用 ALBERT 模型代替 BERT 作为预训练语言模型, 通过 ALBERT 获取句子中每个词的向量表示, 这些向量表征了每个词在整个句子中的深层语义信息, 在下游任务上, 连接一个 TextCNN 模型, 即

采用 ALBERT+TextCNN 的模型架构。

4.1 ALBERT 介绍

ALBERT^[5] 引入两种模型参数压缩技术。第一种是从模型角度，word embedding 是学习上下文独立的表征，维度为 E，而隐藏层 embedding 是学习上下文相关的表征，维度为 H。为了应用的方便，原始的 BERT 的向量维度 E=H，这样一旦增加了 H，E 也就增大了。ALBERT 提出向量参数分解法，将一个非常大的词汇向量矩阵分解为两个小矩阵，例如词汇量大小是 V，向量维度是 E，隐藏层向量为 H，则原始词汇向量参数大小为 $V * H$ ，ALBERT 想将原始 embedding 映射到 $V * E$ （低维度的向量），然后映射到隐藏空间 H，这样参数量从 $V * H$ 下降到 $V * E + E * H$ ，参数量大大减少。但是要注意这样做的损失确保矩阵分解后的小矩阵的乘积损失，是一个有损的操作。ALBERT 提出的第二种参数缩减方法是层之间参数共享。原始 BERT 总共由 12 层的 transformer 的 encoder 部分组成，层参数共享方法避免了随着深度的加深带来的参数量的增大。

另外，ALBERT 引入了新的预训练任务 SOP(Sentence-order Prediction)。由上文可知，BERT 模型训练的 loss 由两个预训练任务组成，即 Masked LM 和 NSP，Masked LM 通过预测 mask 掉的词语来实现真正的双向 transformer，NSP 类似于语义匹配的任务，预测句子 A 和句子 B 是否匹配，是一个二分类的任务，其中正样本从原始语料获得，负样本随机负采样。NSP 任务可以提高下游任务的性能，比如句子对的关系预测。但是 NSP 任务太过简单，导致模型没有

真正学习到句间的关联关系，ALBERT 提出一个新的预训练任务 SOP。SOP 关注句子间的连贯性，而非句子间的匹配性。SOP 正样本也是从原始语料中获得，负样本是原始语料的句子 A 和句子 B 交换顺序。举个例子说明 NSP 和 SOP 的区别，原始语料句子 A 和 B，NSP 任务正样本是 AB，负样本是 AC；SOP 任务正样本是 AB，负样本是 BA。可以看出 SOP 任务更加难，使得模型学习到的东西自然更多。

4.2 数据格式

在我们的金融场景中，例如原始文本为“XXX 这只 LOF 可以通过场内方式在交易软件里以 1.2 元每份的价格购买，放心涨不到 3 元我补给你。”此条文本，既属于提供投顾服务，将命中“提供投顾服务”这个一级标签，同时也提示了买卖点，将命中“提示买卖点”这个专属二级不合规标签。因为 LOF 是公募基金，所以也命中“推荐公募基金”这个一级标签，同时因为承诺收益，也被通用不合规二级标签“承诺收益”命中。所以，涉及到的标签为“提供投顾服务 / 提示买卖点 / 推荐公募基金 / 承诺收益”。采用 one-hot 的形式表示标签，即“label:0 1 0 1...1 0 0 1 0 ...”，命中的标签对应位置是 1，其余是 0。

4.3 模型框架

本文模型的基本框架如下图所示。采用 ALBERT_small_zh 作为预训练语言模型，其包含 4 个隐藏层，12 头注意力机制，总计 4M 的参数量。

首先，获取原始金融文本数据，例如

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n] \quad (1)$$



图 4：本文模型的基本框架图

其中， x_i 表示一个句子中的第 i 个字符。在作为输入文本数据送入 ALBERT 模型时，是以批量形式构造的。

经过 ALBERT 预训练模型编码处理后的第 i 个文本中共有 n 个词，则在 TextCNN 输入层中的初始输入 E 可以表示为：

$$E_i = E_1, E_2, \dots, E_n \quad (2)$$

通过上面操作，一个句子就构造成了一个二维数据，输入到 TextCNN 模型中，在卷积层中，利用卷积核进行卷积操作，进而提取窗口内文本的局部信息。在我们的 TextCNN 中，考虑到中文词语长度的多样性，所以我们选择了更加丰富的卷积核大小（2、3、4、5、6、7），由此对应了 6 层卷积和池化层操作。

$$T_i = f(W * E_i + b) \quad (3)$$

其中， W 为权值矩阵， b 为偏置项， f 为激活函数。在最大池化层中可以得到全局特征向量：

$$T = \text{MAX}\{T_i\} \quad (4)$$

之后再经过一个 Dropout 层，为的是减少过拟合风险，使得模型更快的收敛。最后，通过全连接层计算模型输出的分数。

$$y = \text{sigmoid}(T) \quad (5)$$

使用 sigmoid 激活函数做归一化，将模型输出的分数转化成概率值，即得到每条文本对每个标签的预测概率。

另外，在模型训练过程中，要不断更新模型的参数，本文模型训练主要涉及的参数包括 ALBERT 和 TextCNN 中的参数。利用交叉熵损失函数，采用梯度下降法等优化方法进行误差的反向传播，不断训练模型参数，直到模型收敛。

$$H(p, q) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log(q(x_i)) \quad (6)$$

其中， $p(x_i)$ 表示该条文本真实标签的概率分布， $q(x_i)$ 表示预测标签的概率分布。

4.4 模型评估

每条金融文本具有一个或多个标签，每条

文本所属的多个标签预测属于典型的多标签文本分类任务，可采用准确率（Precision）、召回率（Recall）、F1 值（F1-score）三项评价指标衡量模型性能。准确率（Precision, P）表示在预测为正的样本中，被正确预测所占样本比例，该指标体现了模型的查准率。召回率（Recall, R）表示在预测正确的样本中，正样本所占样本比例，该指标可以体现模型的查全率。F1 值则是由准确率和召回率的加权调和平均计算得来，是对准确率和召回率的综合考察。

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (7)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (8)$$

$$F1 = \frac{2 * P * R}{P + R} \quad (9)$$

其中，TP 表示将正样本预测为正，FP 表示将负样本预测为正，FN 表示将正样本预测为负。

5 实验结果和分析

5.1 实验数据介绍

本文实验采用的标签文本数据集共 10w 条左右，标签类型一共有 40 个，每一条数据样本已被人工标注为一个或者多个类别标签，即是一个典型的多标签文本分类任务。按照 8:1:1 的比例切分为训练集、验证集和测试集。数据包括金融场景文本描述和每条文本对应的多个标签，数据具体形式如表 1 所示。

5.2 对比实验设置

为评估本文的 ALBERT+TextCNN 模型在金融场景下多标签文本分类任务的预测效果，本文设计 TextCNN、TextRNN、ALBERT 三个模型作为对比实验。在上述数据集上验证各个模型的分分类准确率、召回率和 F1 值。

每组对比实验的参数设置详情如下：

表 1：金融场景文本数据形式

<p>文本：您好，今天有一只博瑞转债可以打新。正股名称：博瑞医药（代码：688166） 正股简介：博瑞医药是一家研发驱动的化学制药全产业链产品和技术平台型企业</p> <p>标签：引导打新股/债</p>
<p>文本：不要老想着等中签后再转账，结果遇到问题就抓瞎！1、今天有三个可转债打新，不要忘了； 2、前面一段时间，可转债打新比较多</p> <p>标签：引导打新股/债</p>
<p>文本：您如果有时间欢迎收听，因为有配售您可以看我的朋友圈简单来说就是买的人太多了大家平均分明日可打新债珀莱发债，特纸发债，请您留意今日甬金发债发行请留意，另外014074嘉实内需增长今日发行</p> <p>标签：引导打新股/债</p>
<p>文本：如果中签的话一般是1000元最多2000元。 股市有风险，入市需谨慎。</p> <p>标签：无</p>

1) TextCNN：采用传统词向量表示方法提取文本特征，引入 TextCNN 模型作为文本分类器，参数设定与本文 TextCNN 模块保持一致。

2) TextRNN：采用传统词向量表示方法提取文本特征，采用上文提到的 TextRNN 模型作为文本分类器，参数设定与 TextRNN 原文保持一致。

3) ALBERT：采用 ALBERT 预训练语言模型提取词向量，将多标签分类问题转换为多个二分类问题，参数设定与本文 ALBERT 模块保持一致。

5.3 实验结果分析

由于本文是多标签分类问题，涉及很多标签类型，为了方便评估模型，这里只展示“引导打新股/债”标签的实验结果。我们取 10000 条文本作为测试数据，统计得到本文模型和对比模型的准确率（Precision）、召回率（Recall）以及 F1 值（F1-score）评价指标，结果如下表所示。

根据上表中的实验结果可以看出 ALBERT+TextCNN 模型在 Precision、Recall、F1-score 三项评价指标都明显优于前文所述的对比模型的结果，比原始的 ALBERT 预训练语言模型在 F1-score 上提升了 2.4%，同时对比采用静态词向量的经典基准模型 TextCNN 和 TextRNN，在 F1-score 等评价指标上有更为显著的提升。

6 总结

本文实验验证了 ALBERT+TextCNN 模型的有效性，该模型能够很好地利用 ALBERT 对文本强大的表示学习能力，再通过 TextCNN 的卷积核进一步提取文本的语义信息，同时辅助以金融场景下多标签之间的先验知识，可以有效的应用在金融场景中文本打标签的任务中。为了提升语料质检效率，提升识别准确率，需要借助机器学习——监督式学习通过语料训练将不合规的场

表 2：实验结果对比

模型	Precision/%	Recall/%	F1-score/%
TextCNN	85.6	80.1	82.8
TextRNN	86.2	81.3	83.7
ALBERT	95.8	93.6	94.7
ALBERT+TextCNN	98.1	96.2	97.1

景进行识别。基于此，中信建投证券合规团队提出了一种多标签竞合机制，通过标签分发机制进行协调各个标签之间的关系，再结合说话人、对话对象资格、权限、适当性等进行合规判断。通

过模型算法的不断优化训练，目前中信建投证券智能客服团队已将标签命中平均准确率提高到92%，漏检、误检的数量也进一步减少，有效提高合规审核人员的质检工作效率。

参考文献：

- [1] Kim Y. Convolutional Neural Networks for Sentence Classification[C]//EMNLP. 2014.
- [2] Liu P, Qiu X, Huang X. Recurrent Neural Network for Text Classification with Multi-Task Learning[C]//IJCAI. 2016.
- [3] Devlin J, Chang M W, Lee K, et al. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding[J]. arXiv preprint arXiv:1810.04805, 2018.
- [4] Vaswani A, Shazeer N, Parmar N, et al. Attention is all you need[J]. Advances in neural information processing systems, 2017, 30.
- [5] Lan Z, Chen M, Goodman S, et al. Albert: A lite bert for self-supervised learning of language representations[J]. arXiv preprint arXiv:1909.11942, 2019.

区块链服务平台 助力证券业务创新发展

刘洋、石良生、柳君、付益明 / 兴业证券股份有限公司 金融科技部 上海 200135
E-mail : fuyim@xyzq.com.cn



为响应国家推动区块链技术和产业创新发展的号召，配合行业机构开展区块链应用与落地工作。我司建设了区块链统一服务平台，该平台对多个行业区块链接口进行了统一接口封装，对行业区块链应用服务提供可视化的管理界面，降低了区块链应用的开发复杂度及运维管理难度，提升业务场景探索实施效率，助推区块链应用创新发展。

区块链是推动行业数字化转型的关键技术，也是我司集团金融科技规划的五大重点赋能领域之一。积极研究探索区块链技术、配合行业核心部门推进区块链基础设施建设，是行业经营机构及科技人员的重要使命。

目前，多家行业核心机构已经发布了自己的区块链基础设施平台，为了降低多条异构链的技术对接复杂度，推动各类应用场景快速实践落地。我司建设了区块链统一服务平台，为各类区块链业务提供了统一的技术接口及可视化管理工具，助力业务创新发展。

1 建设区块链统一服务平台的思考

1.1 建设区块链统一服务平台的意义

1.1.1 建设区块链统一服务平台是配合行业科技监管体系建设的重要环节。

为配合行业科技监管能力建设，促进券商数字化转型，形成共建共治共享的行业数字生态，行业核心机构已搭建了多条区块链基础设施，行业链设施主要包含基础的区块链功能与服务，需要结合经营机构的各种业务场景形成应用闭环。我司建设区块链统一服务平台，有助于快速响应

监管需求，配合推进各类业务系统创新建设，加速推进监管科技及证券业务应用场景试点落地。

1.1.2 建设集团层面的区块链统一服务平台，有助于加快区块链应用场景的探索和落地，推动各分支机构协同创新。

区块链统一服务平台可以降低多条异构行业链的对接复杂度、减少区块链系统的管理难度、推进业务场景的快速探索和落地。构建集团层面的区块链统一服务平台，可以降低各分子公司的区块链技术应用门槛，降低区块链系统开发成本，共享区块链应用经验并挖掘总分联动的区块链应用场景，推动分子公司协同创新。

1.2 区块链统一服务平台的远景规划

区块链服务平台应该具有良好的系统运行性能及稳定性、全面的区块链技术功能、开放统一的服务接口、友好的用户操作界面，以确保为下游业务系统及运维人员提供高质量的服务。未来

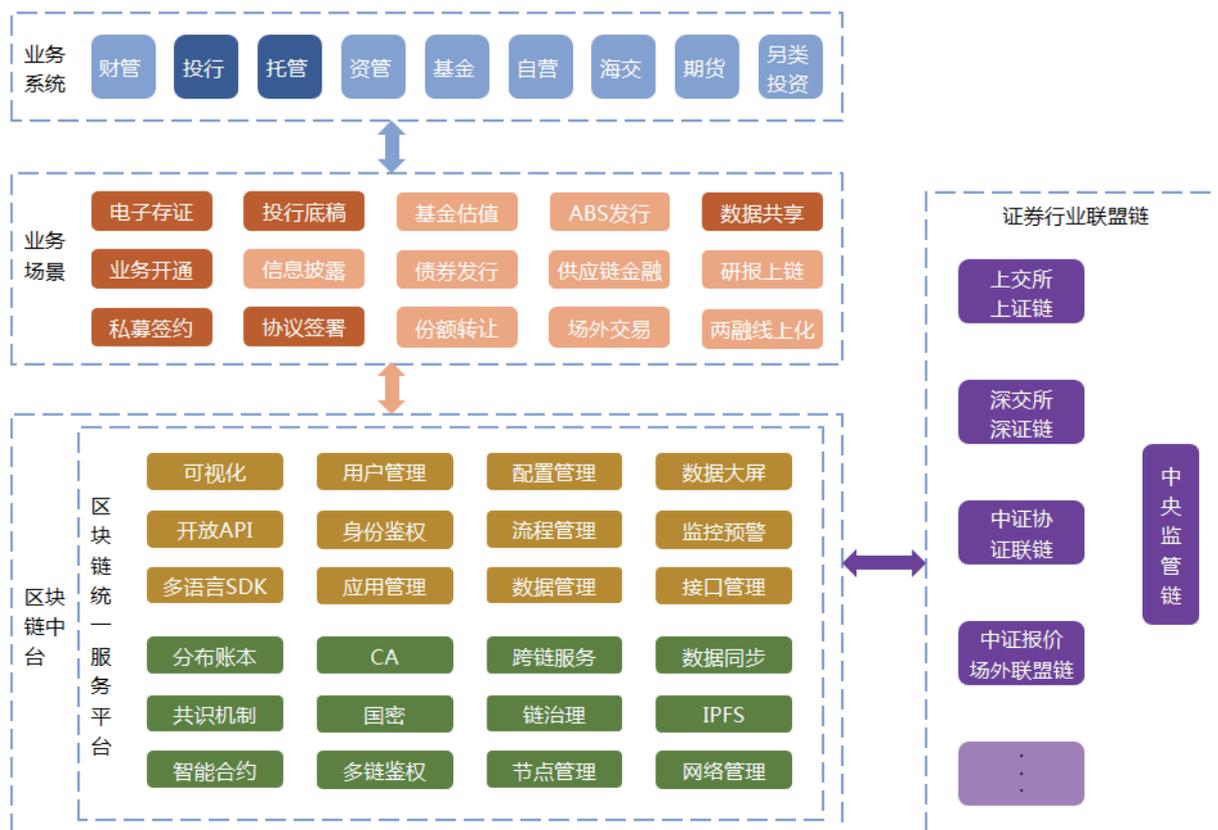
我司将借助区块链统一服务平台强大的功能，逐步探索落地各类应用场景，最终实现区块链技术对所有业务领域的全面赋能。

1.3 构建区块链统一服务平台的原理与路径

为保障我司作为共识节点快速接入各行业联盟链，对接现有行业联盟链各类应用系统，同时确保能与行业联盟链的应用同步创新，区块链统一服务平台重点考虑了系统的模块化及动态扩展方面的能力建设。以下是平台构建原理及路径的分析和阐述。

1.4 行业联盟链适配分析

为了保持和监管及行业链技术体系的一致性，联盟链是最适合用于证券业务的区块链体系，Fabric 是建设联盟链的一种底层技术框架，具有使用简单、开发灵活的特点，能够快速对接证券



行业相关的区块链服务设施，适应多种证券业务应用开发场景。

Fabric 是 Hyperledger 的一个子项目，目前是应用最为广泛的联盟链架构，在金融、保险、供应链、文化等各领域都有应用，其稳定性和健壮性已在一定程度上得到实践验证。Fabric 的底层代码完全开源，由以 IBM 为首的 Hyperledger 成员提供维护服务，能胜任各种商业场景应用场景。

基于技术前瞻性原则，充分考虑了区块链技术的适用场景、架构成熟度、开源程度、性能、共识算法兼容性等多方面的技术因素，联盟链的 Fabric 技术架构更适用于证券行业现状。目前，中国证券业协会、中证报报价及多数券商均采用的 Fabric 底层架构，通过构建基于 Fabric 的区块链统一服务平台，有利于我司快速实现行业各联盟链的对接工作。

2.3.2 服务模式与统一管理

随着证券行业金融科技和监管科技的共同高质量发展，越来越多区块链系统加入到证券业联盟链生态体系中。由于各家机构的区块链技术方方案及建设路线差异较大，新老区块链系统逐渐形成了一个散乱、不统一的网络群。在这种情况下，行业内机构在应用场景落地时，需要对接各种不同的接口服务，增加了工作复杂度及数据出错概率，降低了区块链服务的使用体验及效率，阻碍了行业联盟链的快速推广与普及。

区块链统一服务平台的设计目的是为了降低区块链技术的应用门槛，让业务团队有更多精力关注业务场景的探索与创新。通过构建多联盟链的区块链管理体系，减小我司业务系统对接多个异构行业联盟链接口的复杂度，解决多区块链系统及海量链上数据的运营管理问题。

2.3.3 扩展性及探索能力

平台采用了标准化、通用化的模式设计，可满足未来行业链的发展要求，助力我司高效对接各条行业链，有效的解决行业区块链建设过程中遇到的各类协同问题，快速配合行业核

心机构探索落地各类基于行业联盟链的创新及监管应用。

2 建设区块链统一服务平台的创新点

2.1 平台模式建设

区块链统一服务平台是业务部门应用系统和区块链上应用系统的连接器，同时也是管理各区块链及链上应用的枢纽平台。除了区块链平台的整体管理功能外，还可动态插拔多个基于联盟链的应用服务类系统，如联盟链链管理类应用、基于联盟链的业务类应用和链上数据管理类应用等多种扩展应用。

区块链统一服务平台包含如下基础管理功能：

1) 子应用管理：可动态插拔各类基于区块链平台的子应用系统。如多链管理、存证管理、底稿报送等应用。

2) 用户管理：可维护平台用户，能与内置子应用用户管理体系互通，且子应用可独立管理自身用户。

3) 角色权限管理：用于管理平台用户的角色及权限。

4) 日志管理：保存平台用户的操作日志，方便追溯平台用户的历史操作轨迹。

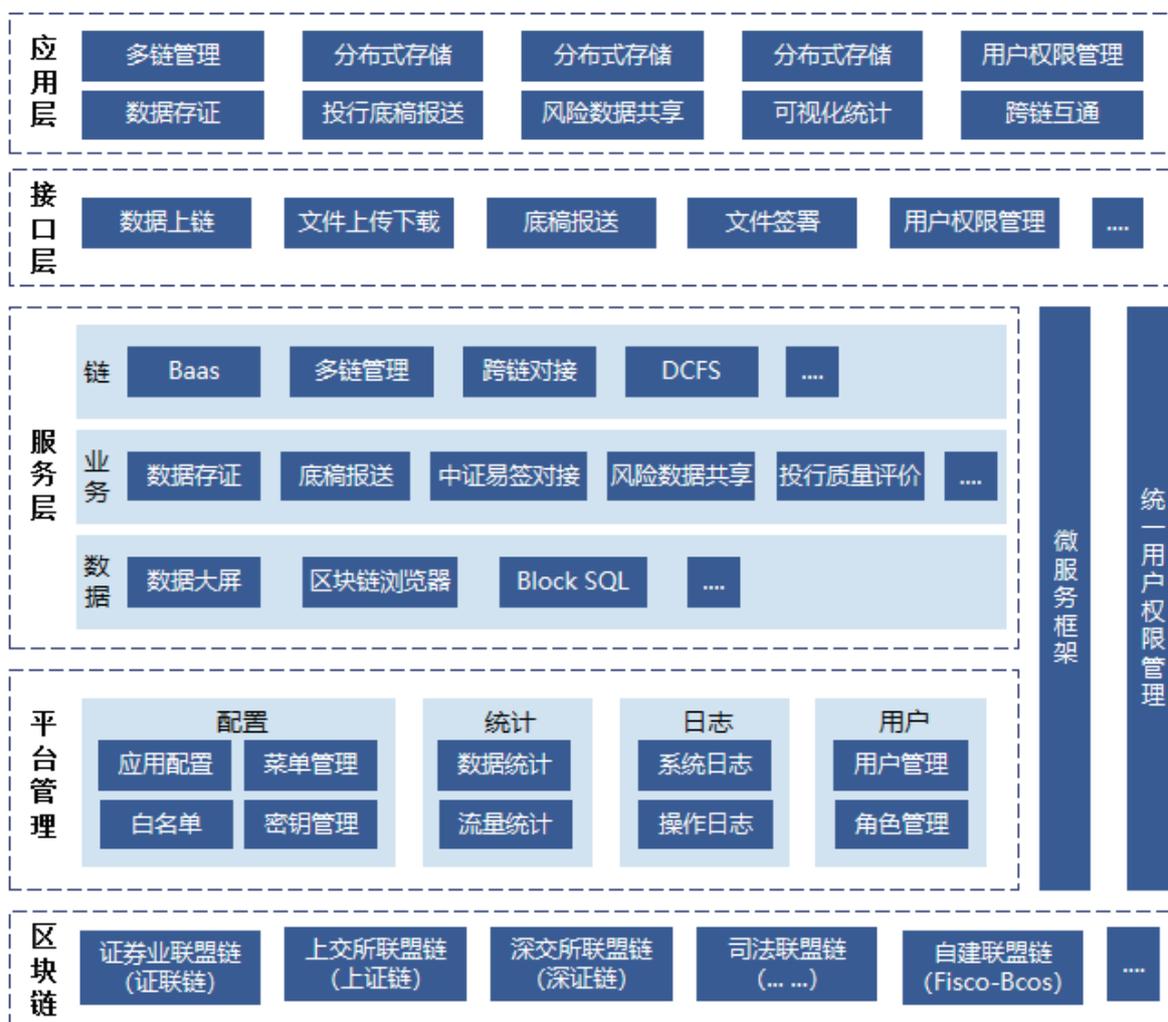
5) 流量统计：统计平台各应用的调用流量，可用户运行性能监控。

6) 服务接口：为方便业务系统调用平台的各种功能，平台支持对外提供各类功能服务接口，如存证服务、底稿报送等。

7) 配置管理：包含平台菜单管理、密钥管理和白名单管理功能，辅助平台权限配置及安全管控。

2.2 主要创新技术

本系统基于微服务架构建设，以子应用的形式组织业务场景，以容器的方式部署运行。实现



了业务场景开发时的高集成、低耦合和动态扩展，系统运行时的高可用、高性能和高安全性。同时，平台层面也实现了统一的网关接入控制及授权认证管理功能，为整体系统提供了良好的安全保障。

1) 采用了 OAuth2 开放授权标准的 client 模式。实现平台用户的统一管理；

2) 采用了高可用 api 网关统一服务入口，保障平台与业务系统间的服务安全性；

3) 采用了高可用服务管理集群，方便服务大规模横向扩容；

4) 平台服务采用容器化部署提高硬件资源利用率、提供几乎 0 成本的跨平台能力；

5) 平台及内置应用支持国家密码局认定的

国产密码算法；

3 区块链统一服务平台的建设成效与工作计划

3.1 建成我司统一的区块链服务平台系统，助力多个业务场景落地

依托各条行业区块链能力，构建我司的区块链统一服务平台系统，推进各类业务系统创新建设。该系统包含电子存证、底稿报送、私募合同签约等重要功能。目前已为非现场开户、私募托管合同存证、权益商城类产品销售过程中关键数据存证、投行底稿报送、投行内核会议信息存证、

投行执业质量评价等多个业务应用场景提供区块链技术支持。

3.2 实现区块链底层设施及业务场景的可视化管理，提升区运维管理效率。

区块链统一服务平台具有良好的交互界面，极大提升了区块链系统的运维管理效率。目前区块链统一服务平台已具备多链管理、存证平台、底稿报送、私募签约、用户管理、系统配置、统计分析、平台日志等功能。

4 我司区块链系统建设工作计划及设想

4.1 促进业务部门及分支机构快速落地区块链业务场景。

我司将围绕区块链统一服务平台持续推动各业务场景的快速探索和落地。包括类CA场景替代、合同协议签署、业务开通、交易记录存证、适当性验证、行为链存证、数据共享等业务应用场景。

4.2 集成产业链的各类更新功能，持续完

善区块链统一服务平台。

随着行业区块链的功能逐渐丰富完善，新的产业链功能会陆续推出，区块链统一服务平台会持续完善新接口的对接和封装，为各业务系统提供同步更新的功能服务。

4.3 探索更多区块链技术应用场景。

未来，我们还将持续探索区块链技术的各类应用场景。如：

1) 推进信创上证链 Saas 服务对接及相关存证场景落地。

2) 配合推进基于区块链的行业数据共享项目试点落地。

3) 推动更多合同签署、数据存证类业务场景落地。

4) 应用区块链通证（Token）模型，升级现有积分体系。

5) 基于区块链建立资产交易系统，探索多元化的交易支撑体系。

6) 基于区块链开发数字藏品类项目，助力业务营销推广。

基于DeFi技术的场外期权交易研究

陈洪炎 / 上交所技术有限责任公司 上海 200120

E-mail: hongyanchen@sse.com.cn



传统集中式金融缺乏安全隐私技术保障，随着计算机技术的不断发展，使得传统账本逐渐数字化，从而出现分布式金融 DeFi 技术。DeFi 是使用区块链技术和智能合约构建的开放式金融系统，DeFi 试图创建一个开放、透明、任何人都可以使用的金融系统，不需要银行或其他金融机构等中介机构。DeFi 旨在通过智能合约执行的点对点交易取代传统的金融服务，智能合约是在区块链上运行的自我执行协议。国内的场外期权市场蓬勃发展，但随之出现了交易效率低，违约率高，流动率风险高，信用风险高和清算模式不统一等问题亟待解决。本文研究将 DeFi 技术应用于场外期权市场的交易中，旨在保护投资者的合法权益，提升期权市场功能，构建规范、透明、开放、有活力、有韧性的场外期权交易市场。DeFi 技术能有效地改善当前期权交易的基础设施中出现的效率低、成本高等问题，为期权交易领域带来了许多显著的优势和新的发展方向。

关键字：去中心化金融 DeFi；共识机制；智能合约；场外期权交易；分布式账本技术 DLT

1 引言

去中心化金融 (DeFi) 是一个具有竞争力的、组成的、非监管的、开放透明的金融生态系统，在网络成员之间共享、复制和同步交易数据，账本中记录网络参与者之间的交易，网络中的指定

参与者根据共识机制来制约和协商对账本中的记录进行更新，网络中每条记录都有唯一的时间戳和密码签名。DeFi 与集中式金融不同，DeFi 没有中央数据存储或管理功能，而集中式金融将数据统一存储在中央数据库中。

在 DeFi 中，每个节点独立处理项目的验证，

从而生成每个节点的项目记录，并就所有节点处理记录的准确性达成共识，DeFi 与集中式金融区别在于 DeFi 的账本的副本被分发到网络上的每个节点，每个节点都可以查看、修改和验证账本，这有助于确保信任和信息透明度^[1]，而集中式金融账本是由中央机构传递给各个节点，中央机构统一管理和维护账本，在传统集中式账本中容易出现集权和篡改的风险^[10]。集中式金融与去中心化金融 DeFi 比较如图 1 所示。

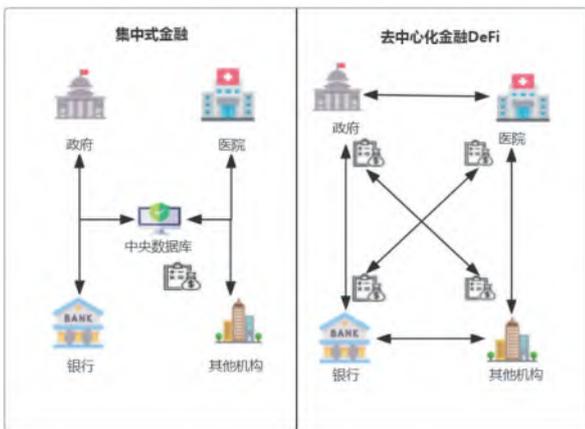


图 1：集中式金融与去中心化金融 DeFi 比较

DeFi 提供连锁金融服务，而不依赖于传统的集中式金融中介机构，DeFi 是通过区块链技术集成的金融生态系统，满足金融服务的创造和分配，DeFi 具有去中心化、可组合化、效率高等特点。DeFi 应用程序努力抵制去中介化和审查制度，通常被实现为开放源代码软件，并启用了允许任意利益相关者参与决策过程的治理模型^[10]，DeFi 中没有任何一个节点可以单独记录账本数据，从而避免了单一记账人被控制或者被贿赂而记假账的可能。

2 场外期权市场

2.1 场外期权主要交易流程

期权是一种决定是否交易的权利，期权合约是交易双方关于未来买卖权利达成的合约，期权合约的权利方通过向义务方支付一定的权利金来获得一种权利，即有权在约定的时间以约定的价

格向期权卖方买入或卖出约定数量的相关商品期货合约权利的一种合约^[2]，权利方也可以选择放弃行使权利。如果买方决定行使权利，卖方就有义务配合。期权合约按照交易场所不同分为场内期权和场外期权，场内期权是一一般在交易所进行标准化期权合约^[3]，场外期权是指在非集中性的交易场所进行的非标准化的期权合约，是根据场外双方的洽谈，或者中间商的撮合，按照双方需求自行制定交易的金融衍生品^[4]。场外期权的一般业务流程分为四个阶段：场外期权业务推广，客户需求分析与产品设计，场外期权协议签署与清算及交割^[9]。场外期权业务流程如图 2 所示。

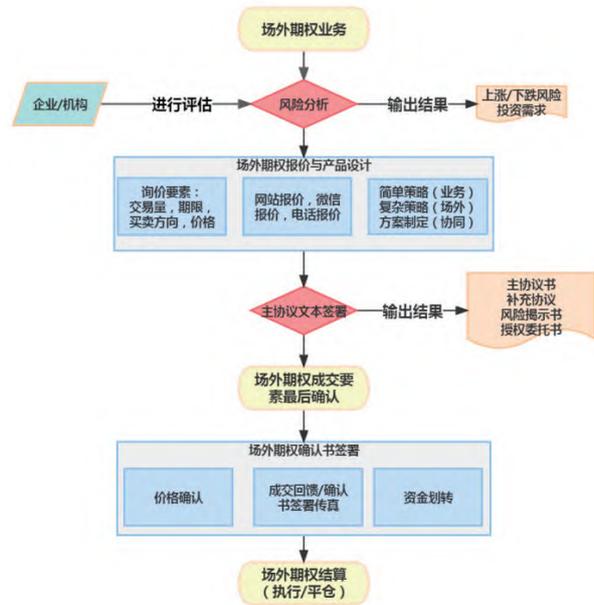


图 2：场外期权业务流程

2.2 场外期权市场主要存在问题

我国场外期权交易市场仍处于起步阶段，在开展过程中存在诸多问题，难以实现期权市场的高效规模化发展^[5]，场外期权在交易过程中常出现以下问题及风险^[9]。

(1) 交易效率低

场外期权按照交易方式可分为撮合和做市两种模式。撮合模式交易是交易双方通过中间商协商来促成交易，由于场外期权的合约大多数是流动性

比较差的订单制品，交易双方一般在规模，行权价和到期日等要素上不能达成一致，交易较难撮合。做市模式是信誉好的金融机构向买家提供报价，以金融机构的自身资产与买家交易，金融机构容易出现资金链断链的风险，而需要风险对冲。

无论是撮合模式还是做市模式，在报价、询价、签署协议、行权和清算等业务流程中，大部分以人工沟通与操作为主，效率较低，出错率大，风险较高。

（2）信用风险高

信用风险是指当场外期权的对手方发生违约或虽未发生实质性违约，但出现资产损失或无法履约而造成的损失。由于场外期权公司经常根据自己征信制度，给客户授信权限放大交易杠杆，有些期权公司为了获得市场资源提供互免授信，增加了潜在的信用风险，并且加剧了市场竞争。各做市商的授信机制不统一，对客户的风险评估无法统一，授信的信息也不完全披露，导致授信信息不透明，进一步增加信用风险^[4]。

（3）流动性风险大

期权流动性风险指买卖双方为实现快速交易完成而产生的额外成本或造成的损失。场外期权流动性风险大主要分两种：一种是独特性造成的流动性风险，另一种是整体的流动性风险。独特性是由于期权合约是高度定制化的合约，一般只能在交易双方之间流转，交易对手方少，因此流动性小^[4]。整体流动性风险是指当期权发行方的可用资金不足以对冲成本，会导致期权发行方违约，甚至整体的生产经营活动受阻^[5]。

（4）清算模式不统一

场外期权合约清算模式一般下述几种方式：非标准化双边清算模式，标准化双边清算模式和中央对手清算模式。非标准化双边清算模式是以双方的信用作为抵押，对手方之间自行结算，信用风险极高。标准化双边清算模式主要是做市模式交易的清算方式，一般是金融机构以自身信用来担保，在提供报价的同时也提供清算^[9]。中央对

手清算模式是由清算所统一结算，实现场外交易，场内结算，信用风险最低。

无论哪种清算模式，都需要人工电话、邮件、传真等方式，效率较低且操作成本高，容易出现人工错误，导致合约重复清算，清算金额出错等问题，且清算的处理速度及精确度都无法满足与日俱增的期权交易业务需求^[8]。

（5）资质授信存疑

虽然部分的期货风险管理公司从事场外期权业务有中国期货业协会备案，但仍有不少公司未备案，一些机构认为期货风险管理公司并不是真正的金融机构，因此期货风险管理公司在业务资质，授信及交易规模等方面限制较多，进一步限制了国内场外期权交易市场的发展^[9]。

3 DeFi 技术应用于场外期权交易

3.1 DeFi 技术分层架构

DeFi 遵循抽象原则，即将定义好的方法封装在多个抽象层中，每个抽象层都使用由紧邻下面的一个抽象层提供的功能，DeFi 的提供了一种分层架构如图 3 所示。DeFi 架构分为结算层，应用层和接口层。结算层负责完成金融交易，并履行所有相关各方的义务。这包括解决潜在的冲突，并就一个系统的当前状态达成共识。在 DeFi 中，该功能通常由分布式账本技术 DLT 提供，DLT 实现了共识协议，并提供了在所有分布式计算机节点上全局复制状态的方法^[11]。



图 3：DeFi 分层架构图

DeFi 应用层包括通过智能合约实现的应用程序。分为加密资产，DeFi 协议和 DeFi 组合。加密资产是促进整个 DeFi 生态系统中价值转移的 DLT 应用程序。DeFi 协议是由一组智能合约实现的 DLT 应用程序，它利用了加密资产，并提供了一些金融服务功能。DeFi 协议汇集通过多用户提供的流动性、抵押品供应或加密资产交换等金融功能来实现的。DeFi 组合支持由一组智能合约实现的特定类型协议，通过使用 DeFi 协议的服务来提供金融服务^[11]。

DeFi 接口层为开发人员提供编程接口支持实现 DeFi 应用层的智能合约，该层提供了前端接口，使用户便于与智能合约的逻辑交互，接口层主要作为一个框架，为 DeFi 应用层提供输入参数。

3.2 基于 DeFi 的场外期权交易系统架构

DeFi 的核心技术是点对点网络、共识机制、智能合约和加密技术，DeFi 技术具有天然的金融属性，结合场外期权的交易特性，可以将 DeFi 技术应用在场外期权交易过程中^[11]。基于 DeFi 的场外期权交易系统架构分层如图 4 所示，分为基础层，核心层，管理层，接口层，交互层和 UI 展示层。

基础层提供区块链的基础数据结构,算法库,数据存储与交互和基础库。核心层实现了区块链的核心逻辑，分为链核心层和互联核心层，链核心层实现区块链管理、交易执行引擎和分布式存储,互联核心层实现区块链的基础 P2P 网络通信、交易池管理、共识机制和区块同步机制^[11]。管理层实现区块链的管理功能，包括协议管理，共

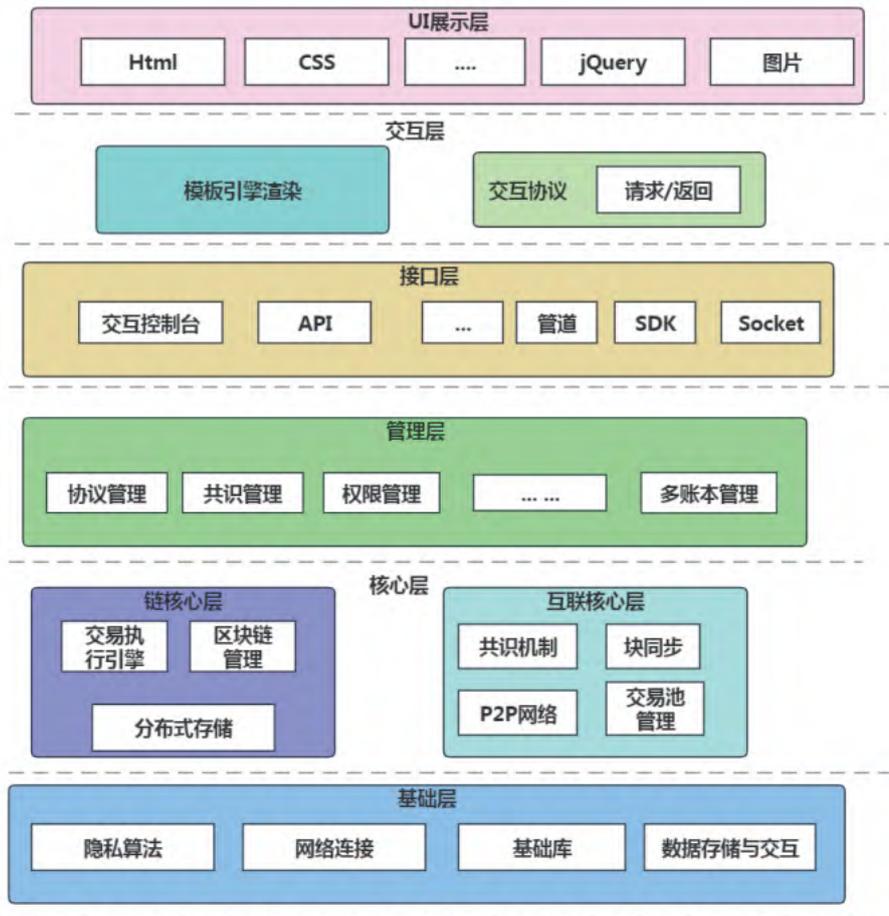


图 4 : 基于 DeFi 技术的场外期权交易系统架构分层图

识管理，权限管理和多账本管理。接口层面向区块链用户，提供多种协议的 API，SDK，管道和 Socket 等，交互层实现了前后端的交互功能，UI 展示层主要设计了用户交互界面。

3.3 基于 DeFi 的场外期权交易系统实现

将场外期权交易上链的过程简单描述如下：

1. 用户通过请求客户端把期权合约的执行参数包装到一个预执行请求并发送到一个全节点上。
2. 全节点收到请求之后进行期权合约的预执行，待执行成功则返回结果给客户端。
3. 客户端收到结果后在本地组装交易，同时用本地私钥进行交易签名，再把完整的交易发送到 P2P 网络中。
4. 任意节点收到来自客户端提交交易请求后通过网络把交易广播其他节点^[7]。
5. 当其他节点接收到交易后，在打包区块时加上自己的签名，并把交易组装到一个新的区块中。
6. 节点打包区块后，把新的区块通过网络广播给其他节点。
7. 其他节点在接收到新区块后^[8]，进行区块交易验签（签名、共识、交易等），验证通过后就该交易计入到本地账本。
8. 客户端通过订阅的方式确认发出的交易请求被打包到新的区块，该过程为期权交易上链过程^[6]。场外期权交易上链过程如图 5 所示。

DeFi 的场外期权交易系统分为客户端、节点、

交易池、区块、执行及和区块存储几个部分^[9]，基于 DeFi 的场外期权交易系统时序如图 6 所示。交易的主要过程为以下 4 个步骤：

1. 交易请求及生成

用户发送交易请求到客户端，客户端进行鉴权，根据用户提交的交易请求信息转换为交易订单信息，生成一笔交易信息并广播给节点模块。

2. 交易进入交易池

交易订单信息进入节点后进行验证交易，验证是否合法，并验证不是重复的交易，验证通过后进入交易池，将交易池中按照先进先出的顺序取出一定数量的交易组装成待共识区块，随后将共识区块广播至区块链上的其他节点^[2]。

3. 执行交易

执行机收到共识区块后，会调用区块验证器把期权交易从区块中逐一拿出来执行，并从存储中查找合约代码地址，验证是否符合智能合约代码，各个节点先独立执行相同的共识区块，随后节点间交换各自的执行结果，如果发现超过 2/3 的节点都得出了相同的执行结果，节点便会开始出块，在共识出块后节点需要将区块中的交易及执行结果写入硬盘永久保存，并更新区块高度与区块哈希的映射表等内容，然后节点会从交易池中剔除已落盘的交易，以开始新一轮的出块流程，直至完成所有的交易共识区块^[6]。

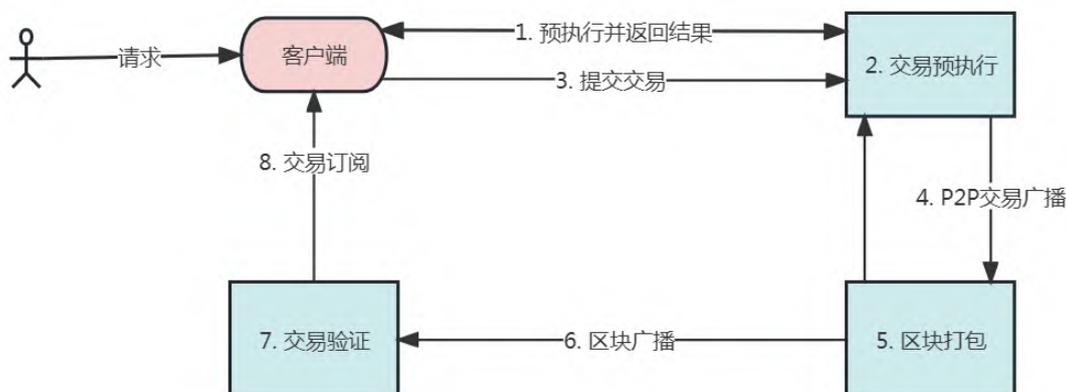


图 5：场外期权交易上链过程

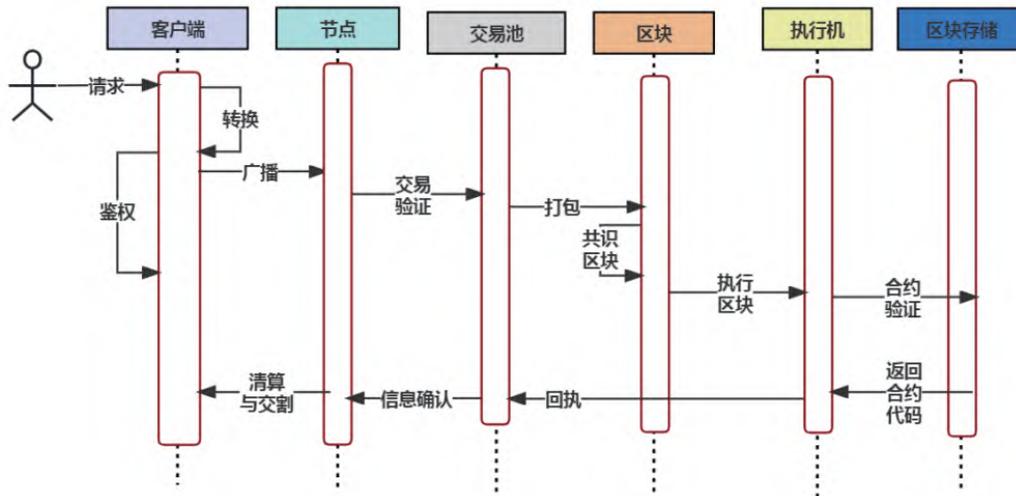


图6：基于 DeFi 的场外期权交易系统时序图

4. 交易确认及清算交割

当交易执行完成后，执行引擎将交易回执返回交易池，交易池将交易确认信息返回给节点确认，并将清算交割的结果返回给客户端，最后系统完成用户的清算操作^[8]。

3.4 DeFi 场外期权智能合约设计

DeFi 智能合约技术可以将期权合约固化到计算机程序中，根据定义好的智能合约自动触发执行，DLT 技术保障期权智能合约在执行过程中不被篡改，交易信息被完全记录下来，保证信息的透明且公开，降低了人工介入和干预，提升交易效率并降低了交易的安全风险。智能期权合约是将传统的协议文本、执行条件和执行流程转化为可执行的机器代码，实现期权全生命周期业务流程自动化，同时程序代码与现行的规则和法律要求保持一致^[3]，需保证期权交易正确且合法。结合智能合约的技术特点和场外期权业务场景，可以构建智能期权合约，主要包含两方面功能：一是将期权合约条款定义为机器可识别的智能合约代码；二是实现整个期权合约生命周期业务流程的执行管理^[2]。

期权智能合约的交易执行在虚拟机 HVM

(HyperVM) 中执行，HVM 从存储中取出共识块，HVM 输入 solidity 编译后的二进制指令和节点的状态数据，输出节点状态的改变，最后将执行后的智能合约销毁，并将该合约从存储中删除^[6]。

HVM 执行引擎从外部来看主要负责合约执行的操作。从 SDK 调用一笔期权智能合约，首先需要共识模块将通过共识的区块交易发送给执行模块，然后执行模块调用 HVM 暴露出来的合约接口，最后合约执行完成后会将结果返回，将执行结果写入账本中^[10]。HVM 执行引擎架构如图 7 所示，HVM 自上而下主要分为三个部分：合约操作层、库函数层以及虚拟机层^[11]。

合约操作层包括合约升级，合约部署，合约调用，合约冻结和合约管理。合约升级是因业务要求或者实现逻辑更新，在合约升级时需用新合约来替换掉旧合约^[5]。合约部署是将编写好的智能合约通过 SDK 发交易的形式将合约部署到区块链上。合约调用是根据合约地址来调用合约中的逻辑。合约冻结是将链上的合约冻结，在合约所有者解冻之前，禁止任何人调用，冻结是一个可逆的过程，可以通过合约解冻的操作重新使用^[6]。合约销毁是将链上原来部署的合约进行废止操作，合约销毁和合约冻结不同，合约销毁是一



图 7：HVM 执行引擎架构图

个不可逆的操作，被销毁的合约不能够被访问和恢复，不允许再进行任何操作，但是合约销毁后的数据仍然会存在链的底层账本中，仅用于监管审计^[10]。

库函数包括数据结构、账本操作、日志信息以及加解密等功能。虚拟机层主要是在合约执行过程中，对于合约解析执行的内部操作。HVM 设计定制类加载器来加速执行效率，类加载缓存提供合约地址到合约类加载器的映射，合约类加载器保存合约的字节码和合约类实例，采用最近最少使用淘汰策略来减少类重复加载带来的开销，指令解析从开始的每次对指令进行解析到将指令做成单例，并进行栈帧复用，通过优化设计大量节省了指令执行时间，提高了性能。

3.5 场外期权共识机制设计

共识算法是用于保证分布式系统一致性的机制。这里的一致性是指交易顺序的一致性、账本一致性、节点状态的一致性等。一般地，我们根据容错类型将共识算法分为拜占庭容错和非拜占庭容错两类。拜占庭容错强调的是能够容忍部分区块链节点由于硬件错误、网络拥塞或断开以及遭到恶意攻击等情况出现的不可预料的行为。非拜占庭容错通常指能够容忍部分区块链节点出现宕机错误，但不容忍出现不可预料的恶意行为导

致的系统故障。共识机制能保证在分散的计算机网络中实现协议、信任和安全的办法，共识机制是一组完整的想法、协议和激励措施，使分布式节点能够就区块链的状态达成一致。如果一个节点想要挑战记录，他们将不得不请求全网召回。如果超过三分之二的对等节点批准，则交易将被确认、分发并永久写入区块链^[7]。

当客户向应用端发起交易请求并进行共识处理的过程分为以下步骤^[6]：（1）客户端发一个交易请求给交易池去执行操作；（2）交易池主节点通信给各个子节点；（3）从交易池取出交易，将交易打包成区块，并将区块放到网络上；（4）区块执行机从网络上取得区块，并根据已经接收的共识消息包完成共识流程，最终将达成共识的新区块写入区块链^[9]。共识模块的处理流程见图 8 所示。

本文的场外期权交易共识机制采用了共识算法 RBFT，其核心在于保证了区块链各节点以相同的顺序处理来自客户端的交易^[11]。图 9 描述了最少集群节点数下的共识流程，N 指节点数，f 最多能容忍拜占庭错误的节点数，f 与 N 的关系是 $f = \lfloor (N-1)/3 \rfloor$ ，需要达成共识的节点是 $\lceil (N+f+1)/2 \rceil$ ，其中 $N=4$ ， $f=1$ 。图 9 中的 P1 为共识节点动态选举出来的主节点，负责对客户端发来的交易进行排序打包，R2，R3，R4 为从节点。所有节点执

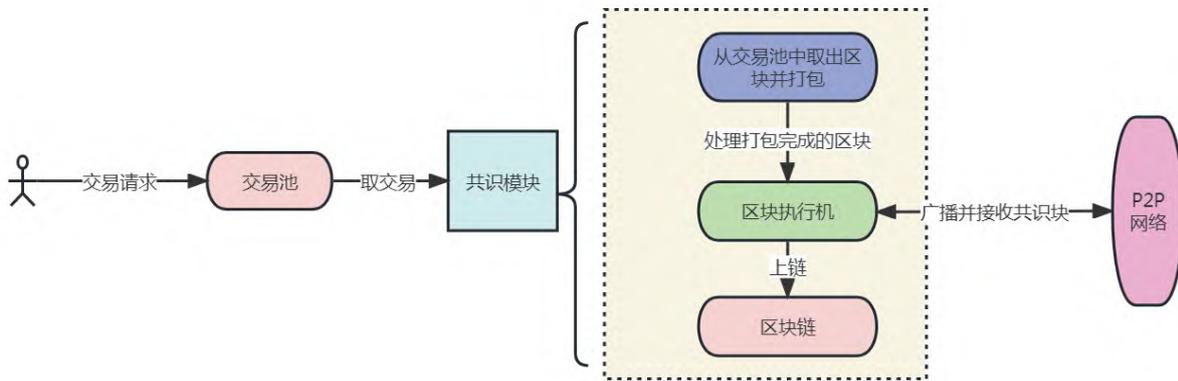


图 8：共识模块的处理流程

行交易的逻辑相同并能够在主节点失效时参与新主节点的选举。主节点 P1 除负责对交易排序打包外，与从节点功能并无差别。并且当从节点不认可主节点的排序结果时可以发起相应请求，集齐 $(N+f+1)/2$ 个达成共识的请求，则该从节点可切换主节点 [6]。

RBFT 共识机制工作流程分为以下五个阶段：

交易转发阶段：客户端将交易发送到区块链中的任意节点；节点将接收到的交易广播给所有节点，节点将收到的交易放入交易缓存池中；

预准备阶段：主节点 P1 会选择交易缓存池

交易进行打包，构造交易哈希的区块；主节点 P1 通过区块构造预准备消息广播给 P2P 网络中的其他节点；

准备阶段：从节点接收来自主节点 P1 的预准备消息之后，对区块中的交易哈希进行验证，验证无误后构造准备消息发送给 P2P 网络中的其他节点，表明该节点接收到来自主节点的预准备消息并认可主节点的区块排序。

确认阶段：节点接收到 $2f$ 个节点的准备消息之后对区块的消息进行合法性验证，验证通过之后向其他节点广播确认消息，表示本节点同意

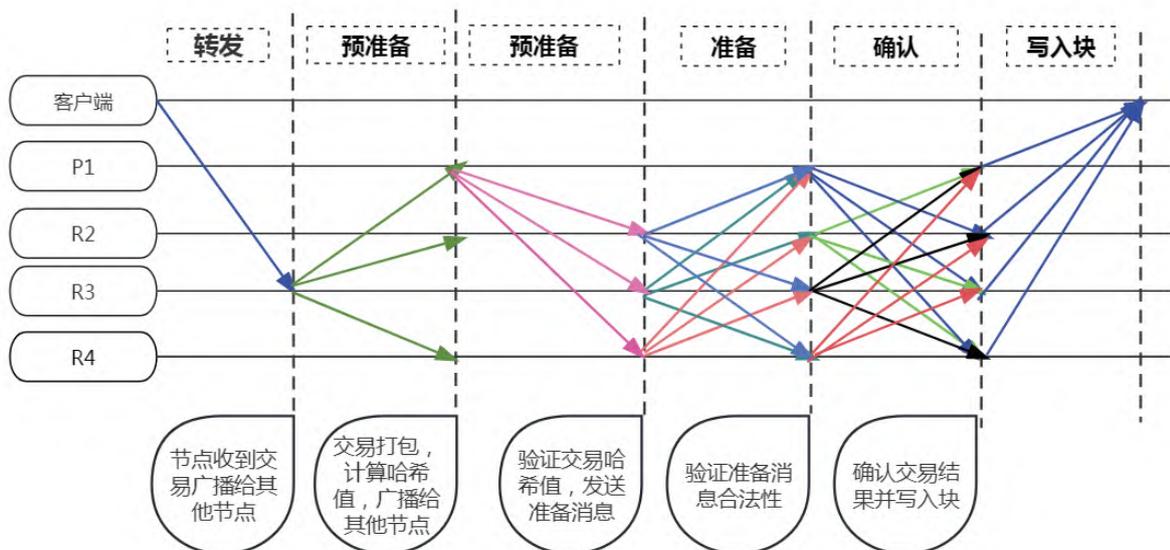


图 9：RBFT 共识机制工作流程

主节点 P1 的验证结果^[9]。

写入账本：当节点接收到 $2f+1$ 个确认消息之后执行区块中的交易并写入本地账本。

4 总结与展望

本文研究了将 DeFi 中的点对点网络技术，共识机制，智能合约和加密技术等核心技术应用在场外期权市场交易中，力图解决场外期权交易中存在的交易效率低、信用风险高，信息不对称和交易成本高，清算模式不统一等现实问题，以期构建安全透明健全的场外期权交易环

境。目前 DeFi 在期权市场的研究仍处于起步阶段，仍有许多技术、监管制度等需要进一步的研究和发展。DeFi 技术发展面临诸多挑战，DeFi 技术发展的动态性质带来了风险管理方面的挑战，需要更好地风险监管实践^[11]。在 DeFi 技术中的共识机制、身份验证、访问控制、加密算法、隐私保护和智能合约等协议存在诸多安全漏洞，因此要求在 DeFi 技术中加强安全性审计和漏洞修复机制，特别当多个 DeFi 协议的集成可能影响系统稳定性和可用性，甚至可能触发系统崩溃，因此 DeFi 技术在金融领域的应用仍需不断地创新和探索。

参考文献：

- [1] 徐治理, 封化民, 刘飏. 一种基于信用的改进 PBFT 高效共识机制 [J]. 计算机应用研究
- [2] International Swaps and Derivatives Association. Legal Guidelines for Smart Derivatives Contracts: Introduction [EB/OL]. <https://www.isda.org/>.
- [3] SIABO N. The Idea of Smart Contracts [EB/OL]. https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CD_R_OM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html.
- [4] 徐忠, 孙国峰, 姚前. 金融科技: 发展趋势与监管 [M]. 北京: 中国金融出版社, 2017.
- [5] 姚前. 基于智能合约的证券交易与中央对手方清算 [J]. 清华金融评论, 2021 (11): 87 — 92.
- [6] https://fisco-bcos-documentation.readthedocs.io/zh_CN/latest/index.html [OL]
- [7] 王嘉瑶, 王婷, 袁文亮, 朱俊武. 分布式账本技术的发展历程研究综述 [J]. 计算机应用研究
- [8] 柳青. 智能合约技术在场外衍生品业务中的应用 [J]. 中国证券期货
- [9] 康晓东. 区块链技术在我国场外期权市场的应用研究 [J]. 天津财经大学
- [10] K. Qin, L. Zhou, Y. Afonin, L. Lazzaretti, and A. Gervais, “CeFi vs. DeFi — comparing centralized to decentralized finance,” arXiv preprint arXiv:2106.08157, 2021.
- [11] D. Wang, S. Wu, Z. Lin, L. Wu, X. Yuan, Y. Zhou, H. Wang, and K. Ren, “Towards understanding flash loan and its applications in DeFi ecosystem,” International Workshop on Security in Blockchain and Cloud Computing (SBC@AsiaCCS), 2021.

基于中国科创企业的海内外资本市场分析

刘浩¹、李媛¹、刘沐秋²、徐晨曦² /

¹ 汇添富基金管理股份有限公司 大数据与人工智能部 上海 200120

² 莫尼塔(上海)信息咨询公司 金融科技研究部 上海 200120

E-mail : mqliu@cebm.com.cn



本文对海内外科创行业海内外一二级市场进行了详细的比较研究，比较发展阶段的特征差异，揭示海内外资本市场对科创行业的关注点和投资方向，旨在为科创企业提供有关海内外市场的特征和趋势方面的参考，以促进科技创新与市场发展的有机结合。

关键词：科创板；科创企业；一级市场；二级市场

1 引言

本文通过研究海内外科创行业的发展和海内外一二级市场投资市场的表现，结合海内外研报和文献分析、专家访谈、经济数据统计等方式对科创行业发展阶段的特征差异，以及海内外一二级市场在科创投资方面的特征差异进行比较。本文希望通过上述对比研究，能够学习海外先进科创行业的属性、股权市场的投资方向、以及交易所上市制度和上市公司的特征，梳理并完善企业上下游与纵横向的发展关系。而从买方投资视角

出发，将投资者对上市公司成长性需求与价值需求同市场监管相结合，更有利于从实际应用场景角度制定相关标准，从而起到保护投资人利益的作用，促进社会主义市场经济良性发展。具体研究包括以下内容：

1) 海内外一级资本市场内的科创行业对比

主要从一级买方市场分析科创行业的发展状况，重点分析海内外市场对于各科创行业的股权投资现状与展望，以此寻找市场可以认可的方向和重点。主要围绕着海内外最新一级股权投资市场的调研视角，挖掘最前沿的投资方向，以了

解海内外一级资本市场对科创行业的需求与关注点。

2) 海内外二级资本市场内的科创企业对比

着重分析掌握海内外三大主要交易所（美国纳斯达克交易所、香港交易所、科创板）科创企业上市的条件（包括上市制度、企业估值、科创属性评判等），观察在海内外交易市场制度推动下的科创行业发展。希望通过分析主要二级资本市场上各个科创行业发展状况，结合不同市场对于科创企业的评估，探究海内外二级资本市场对科创企业的包容性与支持程度。

2 海内外一级资本市场内的科创行业对比

发达国家的资本市场历史悠久，发展也相对比较成熟。海外的私募股权基金最早起源于19世纪末20世纪初的美国，当时主要是通过私募基金来招募风险较大的石油、钢铁、铁路等新兴产业，随着使用人群的扩大，后期慢慢的很多无法形成流程的产业在需要资金链的时候也是通过私募基金的方式来融资。截至2021年底，美国私募股权基金在管规模的存量已达到4,000亿美元，约合人民币2.8万亿元，而同期中国私募基金的在管规模（私募股权+私募证券投资基金）仅为人民币1.9万亿元，美国管理人的平均资金管理规模远超中国市场。自从2008年金融危机以来，美国领先的私募基金管理人纷纷开展多元化的业务策略，不断丰富其私募产品的种类。其中，有能力的私募股权机构已经开展对冲、债券、资产证券化、FOF等业务，而一些对冲基金也在创投、并购方面积极拓展，协同发展。此外，提供综合的另类资产解决方案也成为私募基金管理人做大做强核心策略。另一方面，针对被投资企业，美国、欧洲等发达市场也衍生出各种约束条款监督企业的行为，如分段投资、对赌协议、复合式证券投资工具等风险控制手段，旨在为投资者创造

更优质的企业价值。

基于美国私募股权基金近年来的投资行为，我们发现资金流向最多的两大行业分别是医疗保健行业 and 信息技术行业。根据报告显示，2022年该两大行业的一级市场融资量将达到了2,880亿美元，折合人民币约2万亿元，两大行业占到美国一级市场总融资的比例约43%。在欧洲，2022年医疗保健和信息技术的融资额预计将超过1,400亿欧元，折合人民币约1万亿元。尽管起步较晚的中国资本市场与欧美相比还存在一定差距，但是通过海外科创投资行为的分析，能够以前瞻的视角理解未来科创企业所应具有的属性特征，对研究买方视角的企业科创属性产生有意义的影响。

2.1 海外科创投资现状与展望

本文调研了美国、欧洲等发达国家最为活跃的，并且具有研究代表性的私募股权公司。我们将通过分析这些公司近期的一些科创投资行为和对未来科技投资方向的展望，总结出科创行业投资趋势和行业特征。

2.1.1 信息技术领域投资

在信息技术领域，海外各大型私募强调“新一代科技的发展”，即围绕5G开展的各项硬件制造、软件服务以及解决方案等行业。对比信息技术行业上游涉及重大基建领域的高门槛，社会资本会更偏好流入中下游具备大量多样化与差异化的应用领域，从而更好地扶持中小企业的成长与创新。其中，如下子领域具备发展的重大意义，是近年来各大私募青睐的行业。

据调研，企业数字化转型技术是目前较先进且被投资人认可的信息技术发展方向。数字化转型技术是基于云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等各个综合科学领域的集成体。具备数字化转型能力的制造业或服务型企业或专注于数字化技术提供的企业，相较于单一信息技术企业所需要用到的科技知识、应用操作性调试等

更具备应用能力，且对于技术的统一和壁垒性更高，因此引起了更多资本的关注度。根据 Carlyle Group 2021 年的财报显示，公司在 2021 年 11 月通过凯雷亚洲国际（CAP）和美国的收购投资团队，共同完成对总部位于印度的领先全球 IT 服务提供商 Hexaware 的股权投资，投资总金额将近 17 亿美元，约合人民币 119 亿元。此次融资完成后，Carlyle Group 可以通过 Hexaware 投身于全球化的企业数字化转型技术。他们认为，数字化技术将在所有行业创造更高效的商业模式和范式转变，为其创造更多大规模投资在高增长企业的机会。正在进行的数字化转型将改变社会的方方面面，并影响世界各地的所有企业；以数字化转型为中心的价值创造计划也将继续流行。而数字运营的改进，如电子商务、数字营销、数据分析能力等，将是保持市场领导地位的必要条件。Carlyle Group 相信技术趋势和采用新技术支持的业务流程，未来将会成为公司投资组合增长的前沿动力。同一时期，相同体量的其他知名私募机构也在深入不同行业物色具有行业特殊性的技术供应商，如 KKR 收购全球领先的数字化仓库管理解决方案提供商 Korber Supply Chain，TPG 投资保险网络运营提供商等等，旨在打造精品化的数字服务行业龙头。

网络安全领域：数字服务使用的增加以及附属网络攻击的增加，使网络安全成为热门投资主题。投资者重点关注并且布局网络安全领域的主要原因有以下两点：1) 政府重视程度高。美国在网络安全方面一直是领先世界水平的，从评估威胁、界定利益和塑造对手出发统筹网络安全工作，将布局关键基础设施保护、供应链安全以及新技术发展作为治网重点，并加强部门协调、公私合作以及国际协同打造网络空间“全政府”“全国家”“全系统”模式，美国的网络空间战略初具雏形；2) 全行业应用，投资想象空间充分。网络安全技术汇集了最先进的 IT 学术知识，区块链的阶段性突破同样也促进了网络安全向着更

复杂与更具保护性的方向发展，该技术可投入全制造、服务行业领域，且在政府等关键设备领域需求度持续保持高水平状态。网络安全领域最活跃的投资者之一托马斯·布拉沃（Thomas Bravo）2022 年 8 月宣布，将以约 28 亿美元的价格将认证软件公司 Ping Identity 私有化。此外，网络安全也提供了大量的公司整合机会。网络安全领域全球扩张迅速，仅在欧洲、中东、非洲（EMEA）和北美就有超过 5500 家公司。2022 年 9 月，HelpSystems 宣布收购 OutWings，以增加其漏洞管理和模拟解决方案的投资组合。由 TA Associates 牵头的私募股权财团支持 HelpSystems，该公司在过去 5 年里在网络安全领域推出了 14 个附加组件。鉴于各种网络安全公司专注于不同的安全工具和客户端解决方案，随着行业的扩张和在每个利基领域发展出市场领导者，对附属公司的收购同样活跃。例如，2022 年年 8 月，System High 通过其金融赞助商 Enlightenment Capital 收购了在线隐私保护服务提供商 Manage YOURiD。System High 为政府和商业客户提供主动保护系统，计划利用此次收购将其产品扩展到关键基础设施领域。

除上述的投资热点之外，物联网、车联网、虚拟货币、金融科技等仍然是海外热门的投资话题，每个私募基金的投资侧重点有所差异，促进市场良性竞争。

2.1.2 医疗科技领域投资

在医疗科技领域，发达国家一直引领着世界最前沿的科技和医疗系统，一级市场的投资也相对于发展中国家更为活跃，相关行业制度也更加完善。

生物制药产业是医疗科技领域长青的主题。自二十世纪 70 年代初基因重组技术在美国诞生以来，生物科技一直由美国引领发展，并由其制定规则，至今仍占据市场份额的 50% 以上，私募投资也自然而然地在此行业更具支持性。据 SVB 报显示，2022 年美国生物制药一级融资活

跃，有超过 20 家上亿美元级别的生物科技公司成功获得融资，其中包括 Altos Labs（30 亿美元）、Eikon（5 亿美元）、Kallyope（2.4 亿美元）、Maze（1.9 亿美元）。生物制药行业主要有以下几个特征属性：1、知识产权密集型行业，专利保护条款严谨。美国对专利申请前、专利保护期内权属的扩张、以及专利保护期结束后的竞争都有明确的规定，同时也通过《商标法》《反不正当竞争法》等法律和庭审手段加强知识产权的保护，旨在筑高生物制药行业壁垒，激发市场活跃性；2、收并购行为是行业成长的主要途径。由于成本和技术的限制，在美国的创新生态下，生物科技虽然层出不穷，但大多数 Biotech 会在研发成功后被大型药企收购，而非独立发展。只有极少数具备颠覆性技术，并且在特定的机遇下爆发式成长的生物科技会独立发展壮大，比如安进、吉利德、以及 mRNA 技术的先锋莫德纳。因此，收并购能力和被收购潜能也是判断一个生物制药公司的重要标准；3、临床试验阶段决定资本投入的阶段。通常临床试验会分为三期，其阶段性的成本可以占到整个新药研发成本的 66% 以上，是资本投入最密集的医药生产环节。创新药进入临床阶段说明其药理研发与生物测试均已完成，有较强的成功率，因此资本也往往愿意投入进入临床的项目。此外，根据中国《企业会计准则第 6 号》要求，通常进入临床三期 / 生产申报阶段的项目，方可将研发支出计入研发投入成本（即资本化）；另外通常需要在制药生产后，方可将研发投入记成无形资产，因此，临床试验的阶段性同样反映了医药公司的科创能力。

健康医疗服务同样也是市场的投资重点。2022 年海外各个领域的医疗平台继续正常推进并完成同行业的并购工作，仍然保持快速增长的态势，如在眼科领域，Olympus Partners 以约 10 亿美元收购了 Eyes South Partners；在消化病学领域，Texas 消化疾病咨询公司在 9 月完成了 22 亿美元的管理层收购，而 Charlesbank Capital Partners 在

8 月以约 8.4 亿美元的价格收购了 Action Behavior Centers，收购价格溢价 21 倍；在饮食失调治疗领域，Revelstoke Capital Partners 在 7 月份以 7.25 亿美元的价格收购了 Monte Nido。最近，InTandem Capital Partners 宣布将 Paradigm Oral Surgery 以大约 9 亿美元的价格出售给贝莱德长期私人资本公司 (BlackRock Long - Term Private Capital)，价格相当可观。在接下来的几个季度，或将出现在 2016-2018 年期间被收购平台的出资人与投资人之间的交易，这由于过去五年的多次扩张将使成功获利的退出成为可能，即使价格不及 2021 年的估值高位。对于综合性机构来说，更多专科医疗机构会受到资本的青睐，得益于这个领域同样拥有自主研发的能力，专利保护的产品以及独家分销的渠道。

2.1.3 新能源、环保新材领域投资

从投资者角度来看，ESG（环保、社会责任、公司治理）主题近年来逐渐成为关注的焦点，不仅是因为社会责任需要如此的投资，更是看到了这个投资主题带来的长期投资价值。从能源格局角度，受 2022 年以来的地缘政治局势影响，能源价格飙升，石油、天然气等传统能源持续紧张，市场更加意识到新能源和环保新材的重要性，因此促进了这个方向的投资。

光伏、风能已经成为股权投资的焦点。新能源发电行业开发主要有以下两方面重点：1）能源的分布和集中度和 2）能源转换的效率。前者无法通过技术改变，但后者一直是新能源企业追求的科创能力。从上游的单晶硅生产的提效，到电池技术的改良，至下游分布式光伏发电厂的应用，以及储能技术的开发，所有目的都在于提高利用能源的效率。除此之外，光伏和风电对于装机设备的精度、密度、耗材的效率同样也有相应的科创水平要求。在私募投资方面，大型私募机构以收购发电项目为主要投资方。这个领域目前最大的交易包括：雪佛龙公司 (Chevron Corporation) 以 31.5 亿美元的价格收购可再生能

源集团 (Renewable Energy Group) 的全部流通股；紧随其后的则是 Falck Renewables SPA 被摩根大通投资管理公司 (JP Morgan Investment Management) 的基础设施投资基金 (IIF) 以约 26 亿美元的价格收购 60% 的股份。此外，这个领域的企业在融资方面也容易得到资本的青睐，其中美国太阳能项目开发商 Silicon Ranch Corp 在 2022 年已经筹集到 7.75 亿美元的股权资本融资。本轮融资由新投资者宏利投资管理 (香港) 有限公司 (Manulife Investment Management) 牵头。这家香港企业是加拿大最大的人寿保险公司 (CPPIB) 的一个下属部门，出资 4 亿美元。已经参加过之前融资的投资者 Shell TD Greystone 基础设施基金和 Mountain Group 等合作伙伴也参与了这一轮的出资。

与此同时，氢能源在亚太地区投资重视程度较高。针对一些光伏风电能源匮乏的地区，氢能源更加具有可得性，主要是从水资源或空气中获取资源，通过电解制作成氢气燃料，储存至氢储能电池中。2017 年日本公布了“基本氢能战略”，意在创造一个“氢能社会”。2022 年 1 月，日本同澳大利亚政府通过其清洁氢气贸易计划 (ACHTP)，第一轮将集中于根据日本 - 澳大利亚技术脱碳伙伴关系，由澳大利亚向日本出口清洁氢气。澳大利亚政府将会投资 1.5 亿美元，以支持出口供应链开发项目和清洁氢气及其衍生化合物 (如清洁氨) 的商业生产。

最后值得关注的是，CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) 主题投资也正在兴起。CCUS 主要指碳捕获、利用与封存，是应对全球气候变化关键技术之一。这个领域的投资仍然集中于发达国家的技术开发和研究，例如日本将碳捕获转换成可降解的塑料制品，美国 climeworks 公司研究污水净化技术等等。在 2021 年，整个领域的股权投资十分活跃，百万美元级别以上的融资次数超过 45 起，主要集中在碳回收利用的企业中，包括摩根大通 (JP Morgan) 领导的

NCX 企业融资，金额约 5,000 万美元，这个企业主要从事与碳排放管理软件服务；Microsoft 气候投资团队投资的 HeirloomCarbon (约 5,300 万美元)，主要从事于将碳加工成固定利用至化工行业等。

2.2 中国科创投资现状与展望

2022 年上半年中国的股权投资进入缓慢增长期。根据 KPMG 中国 2022 年 H1 私募股权报告显示，2022 年 H1 的 PE/VC 市场新成立基金共 4,683 只，比去年同期小幅增长 3%。中国的一级股权投资市场相对欧美更加集中化，对热点投资会更加追捧。从 2015 年至疫情前的互联网热潮，到目前更多资金加入到硬科技行业，资本格局呈现出“政策化”与“热线化”的形态。根据中国证券投资基金业协会统计，PE 基金 2021 年的新增投资中，计算机运用、工业资本品、医药生物、半导体领域的案例数量占到 48.01%，其中，吸金最多的是半导体及电子设备赛道，VC/PE 投资金额高达人民币 1,800 亿元。

从微观角度来看，注资较多的细分赛道与欧美市场侧重点略有不同。中国始终在制造业紧跟发达国家市场，而 2021-2022 年投资基本基调也是围绕着这个大命题。根据新财富报显示，在信息技术领域中，互联网和软件服务的投资占比逐年下降，从 2016 年的 96%，下降至 2020 年 62.66%，与之相反，技术硬件与设备、半导体与生产设备等硬件相关的投资规模占比则从 2016 年的 3.9% 上升至 30% 左右，2020 年最高达到 37.34%。上述数据表明，随着基于互联网技术的创新式投资红利走向尾声，过去在存量市场中谋求再分配的商业逻辑，正在被技术创新谋取增量市场的逻辑所取代，硬科技投资的黄金时代呼之欲出。

而相比之下，创新制药行业是中国较为薄弱的产业，主要原因在于欧美专利市场的垄断和中国的研发起步较晚，虽然投资活跃度较高，但总

体规模相比于制造主题的赛道还是较小。《上海证券报》援引研报显示,随着估值的逐步修复,中国医药投资有望于2023年迎来较大幅度的触底反弹,创新药、CRO、生物制药等行业有望突破瓶颈。

新能源赛道中,新能源汽车随着下游需求趋于稳定以及政府补贴的退潮,新需求尚未大规模开辟,资本逐渐冷却前期的投资热潮。而2022年中国新能源领域投资更加集中在电池制造和产品设计中,且仍以早期阶段(C轮前)为主。根据前瞻产业研 显示,2021年锂电池及相关产品的投融资事件占比为38.29%,新能源产品及技术研发领域投融资事件占比为31.23%。2022年1-6月锂电池及相关产品投融资事件占比是29.33%,其中光伏电池投融资事件占比约20%,氢能电池投融资事件占比约15.2%,储能电池占比约9.8%。由此可见,中国投资发力的重点集中在中游的能源转换环节,对技术突破的要求逐渐上升。

3 海内外二级资本市场内的科创企业对比

3.1 三大主要交易市场的科创企业行业分布

国内科创板重点支持新一代信息技术、高端装备、新材料、新能源、节能环保以及生物医药等高新技术产业和战略性新兴产业,推动互联网、大数据、云计算、人工智能和制造业深度融合。而海外的科创二级市场如纳斯达克的定位则较为宽泛,立足于服务生化、生技、医药、科技、加盟、制造及零售连锁服务公司,具有创新性、反传统商业模式新兴企业。香港主板对于行业并没有特殊规定,“港股新政”针对生物科技公司、同股不同权架构的科技创新型企业在门槛上有一定的放宽。

自从科创板成立以来,新一代信息技术领域、

高端设备领域和生物医药领域都是作为重点发展对象,因其发展较早,具有成熟的配套设施和完整的产业链,同时也在较为成熟的监管体系下,因此具有较多的行业相关企业,在科创板上市企业中占有较大比例。新材料和新能源领域的上市企业在2020年之后呈倍数增长,这两个领域同为国家十四五规划中重点发展领域,也是关乎经济社会可持续发展的重要行业,因此推断今后相关企业仍会呈爆发式增长的态势。

纳斯达克中概股上市主要分布在新一代信息技术领域,尤其是互联网行业。这与纳斯达克的发展历程相关,19世纪70年代美国通信、电子计算机等新兴产业蓬勃发展,半导体公司带动硅谷崛起,技术密集型产业替代传统服务业,社会处于重要变革时期。高新科技类中小企业亟需融资平台,但未能达到纽交所上市门槛,仅可在流动性较差的场外市场(OTC)进行股票交易。美国证券从业者迫切希望成立新市场,解决OTC市场分割、严重的信息失灵及价格不对称问题,规范场外市场交易,此时纳斯达克应运而生。纳斯达克是由全美证券交易商协会(NASD)为中小企业提供融资平台和为规范混乱的场外交易而建立的一个自动报价系统。成立之初,纳斯达克尚未被认为是一家真正的交易所,它不具备交易大厅、所有交易通过自动报价系统完成,甚至没有挂牌标准。随着挂牌证券数量增加,场外交易日趋活跃,纳斯达克逐步定位于服务中小型高科技成长型企业。发展至今,纳斯达克已成为世界上公认的创新型、科技型、成长型公司最好的投资市场之一。纳斯达克号称是互联网公司的摇篮,科技驱动因素在美股十年牛市中的作用十分明显。

在港交所具备研发投入的上市公司中,新一代信息技术领域和生物医药领域相关企业占据较大比例。主要由于早期科技浪潮催生大量信息科技公司,国内不成熟的资本市场没办法给这些企业融资,而民间资本对互联网企业的认知也十分

有限，在推出 CDR 之前的 A 股，对盈利要求非常严格，而信息科技企业成长期都是要巨额烧钱的，往往等不到盈利就要急匆匆上市，A 股的上市规则首先就堵死了互联网及相关领域的企业在 A 股上市的可能，所以中国的信息科技公司早期基本只能拿境外的投资。赴美上市成本较高且相比之下港交所的门槛更低，因此有较多信息技术领域相关企业会选择在港交所上市。尤其是生物科技企业，前期需要大量的资金用于研发、临床试验等，如原创性的创新药物，从临床前研究到最终通过国家药品主管部门审批，或需超过 10 年的时间，而该等生物科技企业最终是否能通过实验并上市仍具有不确定性。但另一方面，生物科技企业对资金的需求量较大，因此自 2018 年 4 月 30 日香港联合交易所（简称“港交所”）引入《主板上市规则》第十八 A 章的上市制度以来，没有收入的生物科技公司可以在符合一定条件的前提下在港交所主板上市。这一举措极大地吸引了生物医药行业的企业到港交所上市，因此提升了港交所中生物医药领域上市企业的比例。

3.2 三大主要交易市场的上市条件对比

3.2.1 纳斯达克

纳斯达克 IPO 新股的发行上市实行“注册制”，由美国证券交易委员会（SEC）和交易所共同完成发行上市审核过程。这一审核过程可以分为各自独立的发行审核与上市审核。发行审核的主体是作为政府部门的联邦机构美国证券交易委员会（SEC）及各州的证券主管部门，关注的是披露内容和质量，属于法定强制行为；上市审核的主体是交易所，是双向自由选择的过程，属于民事商业行为。

历史上纳斯达克上市制度并非一成不变的，从成立至今主要经历过三次重大的调整，每次调整均与当时美国经济发展需求、产业政策导向以及市场监管要求密切相关。全球精选市场上市门槛最高，主要用来吸引大盘蓝筹企业和其他两个

层次中已经发展起来的企业；全球市场的上市门槛介于全球精选市场和资本市场之间，用来吸引中等规模的企业，由国际化公司组成；资本市场上市门槛最低，主要用来吸引规模较小、风险较高的企业，由新兴和成长型公司组成。递进式的门槛设置，让纳斯达克的分层制度为企业提供了一个不断优化的动态成长路径。

与此同时，在分层制度以外，纳斯达克还建立了灵活、便捷的转移机制，以便为投资者提供更有利的企业筛选方式。在纳斯达克三个内部层次市场之间，全球精选市场最受投资者的认可，全球市场与资本市场的受认可程度则逐级下降，但转移机制为优质企业提供了上升途径，也为投资者拓宽了选择范围。纳斯达克的分层和转移机制，从制度层面对挂牌企业进行了初筛，让处于不同行业、不同成长阶段的企业均能找到合适的板块上市，在拓宽纳斯达克包容度的同时提高了各层次的企业质量。同时，完备的制度还增强了纳斯达克对投资者的吸引力，帮助投资者在决策时依据企业所属层次及转板历史判断企业实力及成长性。

3.2.2 港交所

香港的股票发行上市制度是高度市场化的“核准”制度，被称为双重存档制度。每个发行证券的主体都会受到香港证监会和港交所的审核。证监会侧重于形式审核，其重点在于审核申请材料是否符合《证券及期货条例》及其配套规则的规定，关注招股书的整体披露质量及该证券的上市是否符合公众利益。香港联交所侧重于实质审核，其重点在于申请材料是否符合其制定的《上市规则》，同时依据单纯盈利指标、市值、收入、现金流指标、市值加收入指标，评价上市公司持续经营能力和业务规模的标准水平。

香港联合交易所（联交所）于 2018 年修订了《香港联合交易所有限公司证券上市规则》（《上市规则》），新增了第 18A 章“生物科技公司”，并于 2018 年和 2020 年分别发布了《有关生物科

技公司是否适合上市的指引信 (GL92-18)》(指引信 GL92-18) 和《有关生物科技公司上市文件披露的指引信 (GL107-20)》(指引信 GL107-20), 对生物科技公司是否适合上市以及上市文件的披露予以进一步规定。《上市规则》第 18A 章适用于不符合《上市规则》第 8.05(1) 条的“盈利测试”、第 8.05(2) 条“市值 / 收益 / 现金流量测试”或第 8.05(3) 条“市值 / 收益测试”但寻求在联交所主板上市的生物科技公司。根据《上市规则》第 18A.03 条的规定, 该等申请人在满足以下条件的前提下可以申请在香港上市 (表 1)。

对于申请人是否“合资格及适合以生物科技公司的身份上市”, 指引信 GL92-18 明确申请人需满足以下特点 (表 2)。

根据第 18A 章及联交所 HKEX-GL92-18 号指引信的规定, 生物科技公司主要指从事生物科

技产品研发、应用或商业化发展的公司。核心产品指 (单独或连同其他受规管产品) 作为生物科技公司根据本章申请上市基础的受规管产品。基本指经过美国食品及药物管理局、中国国家药品监督管理局、欧洲药品管理局、及其他经联交所认证的国家级或超国家级机关的评估而批准的小分子医药、生物制剂、医疗器材以及其他生物科技产品。

《上市规则》第 18A 章为未盈利和没有收入的生物科技公司创设了上市条件, 降低了上市门槛, 为初创生物科技公司提供了重要的资金支持平台, 有助于初创生物科技企业进一步提升技术研发水平。

香港联合交易所有限公司 (“联交所”) 于 2022 年 10 月 19 日刊发了有关特专科技公司上市新规的咨询文件 (“咨询文件”), 旨在通过增设 (香

表 1 : 18A 章对于生物科技公司申请上市的要求

序号	上市条件
1	证明其合资格及适合以生物科技公司的身份上市
2	上市时的市值至少达 15 亿港元
3	上市前已由大致相同的管理层经营现有的业务至少两个会计年度
4	确保申请人有充足的营运资金 (包括计入新申请人首次上市的所得款项), 足可应付集团由上市文件刊发日期起至少十二个月所需开支的至少 125%

表 2 : 指引信对于生物科技公司申请上市的要求

序号	适格要素
1	生物科技公司必须至少有一项核心产品 (作为生物科技公司根据第 18A 章申请上市基础的受规管产品) 已通过概念阶段
2	主要专注于研发以开发核心产品
3	上市前最少十二个月已从事核心产品的研发
4	上市集资主要作研发用途, 以将核心产品推出市场
5	必须拥有与其核心产品有关的已注册专利、专利申请及 / 或知识产权
6	如申请人从事医药 (小分子药物) 产品或生物产品研发, 须证明其拥有多项潜在产品
7	在建议上市日期的至少六个月前已获至少一名资深投资者提供相当数额的第三方投资 (不只是象征式投资) 且至进行首次公开招股时仍未撤回投资

表 3：可将受规管产品视为已通过概念阶段的情况

类型	具体情况
医药 (小分子药物)	<p>1) 如核心产品属于新药剂产品 (小分子药物), 则申请人必须证明该产品已经通过第一阶段临床试验, 且有关主管当局并不反对其开展第二阶段 (或其后阶段) 的临床试验。</p> <p>2) 如核心产品是基于先前获批产品的药剂产品 (分子药物) (例如美国食品和药物管理局的 505 (b) (2) 申请批准程序), 则申请人必须证明该产品已经至少通过一次人体临床试验, 且有关主管当局并不反对其开展第二阶段 (或其后阶段) 的临床试验。</p> <p>3) 如核心产品是外购许可技术或购自其他公司, 联交所要求生物技术公司在外购引进或收购以来, 该核心产品至少完成一项由有关主管当局监管的人体临床试验。</p>
生物制剂	<p>1) 如核心产品属于新生物制剂产品, 则申请人必须证明该产品已经通过第一阶段临床试验, 且有关主管当局并不反对其开展第二阶段 (或其后阶段) 的临床试验。</p> <p>2) 如核心产品属于生物仿制药, 则申请人必须证明该产品已经至少通过一次人体临床试验, 且有关主管当局并不反对其开展第二阶段 (或其后阶段) 的临床试验以证明生物等效性。</p> <p>3) 如核心产品是外购许可技术或购自其他公司, 联交所要求生物技术公司在外购引进或收购以来, 该核心产品至少完成一项由有关主管当局监管的人体临床试验。</p>
医疗器械 (包括诊断器材)	<p>1) 该产品是有关主管当局分类标准项下的第二级或以上分类医疗器械 ; 。</p> <p>2) 该产品已至少通过一次人体临床试验, 该试验将构成主管当局或认可机构所需申请的关键部分。</p> <p>3) 主管当局或认可机构同意或并无反对申请人开展进一步临床试验或不反对申请人开始销售有关器材。</p>
其他生物科技产品	<p>如申请人能证明有关生物科技产品已通过概念阶段 (参照包括上述医药、生物制药、医疗器械所属因素), 并具备适合框架或客观指标可供投资者作出知情投资决定, 则联交所将按情况逐一个别考虑。</p>

港联合交易所有限公司证券上市规则》(“上市规则”)第 18C, 降低五大特专科技行业 (见下文定义) 的公司赴港上市门槛, 进一步丰富联交所的投资机会, 提升香港资本市场的活力。虽然自 2018 年起联交所便致力于多样化的上市改革, 但对比其他市场, 香港在下列行业领域的公司数目

及市值目前仍落后于美国及中国内地, 包括新一代信息技术、先进硬件、先进材料、新能源及节能环保、及新食品及农业技术 (统称为“特专科技”)。这反映了特专科技行业在联交所上市面临的几大难点, 比如这些公司大多未能达到主板的盈利、收入或现金流测试要求, 或还处于研发以

将产品及 / 或服务商业化的阶段等。在与市场参与者讨论后，联交所相信香港投资者会对特专科技行业公司于香港上市具有强烈的投资意愿。在此背景下，专门针对特专科技公司赴港上市的 18C 章新规将允许特专科技公司通过新设立的上市机制框架进行公开融资，满足投资人的投资需求，并提振香港市场的流动性。咨询文件将特专科技公司分为已商业化公司及未商业化公司。已商业化公司指的是旗下特专科技产品已实现有意义的商业化（以其收入达到某最低门槛证明）；而未商业化公司则指主要从事研发以将特专科技产品商业化或仍未达到最低收入门槛的公司。

18C 新规下的特专科技行业主要分为以下领域：

1) 新一代信息技术：由云端运算及大数据分析支援的软件、平台及基础设施解决方案。子行业包括云端计算、人工智能；

2) 先进硬件：利用先进技术进行新硬件开发。子行业包括机器人及自动化、半导体、先进通信技术、电动及自动驾驶汽车、先进运输技术、航天科技、先进制造业、量子计算、元宇宙技术；

3) 先进材料：生产或整合新材料或经大幅改良的材料，以提升传统材料的表现。子行业包括合成生物材料、智能玻璃、纳米材料；

4) 新能源及节能环保：利用天然资源生产

能源，及为支援有关生产而建造网络与基础设施，以及其他可提升环境可持续性和资源使用效率的程序。子行业包括新能源生产、新能源储存及传输技术、新绿色技；

5) 新食品及农业技术：应用于农业、耕种及食品加工活动的食品及农业技术。子行业包括新食品技术、新农业技术。

港交所本次上市规则的修订将大幅降低科创企业，特别是硬科技公司在港上市的营收门槛。处于初创期或成长期的科技公司，业务高速增长、规模不断扩大，但高额的研发投入对资金的需求非常大，其财务状况或者说盈利往往难以满足上市的要求。港交所本次计划修增的 18C 方案若能及时付诸实践，对于商业化程度不足的大型科技公司来说将是重要的发展机遇。

此外，香港科创板亦有我们值得借鉴学习的地方。其成立初衷与纳斯达克相似，即为中小企业提供融资平台，但制度设计上的不完善导致准入门槛较低，企业质量良莠不齐。根据香港创业板上市规则，其对拟上市企业无任何盈利要求，仅要求上市时的预期最低市值 1.5 亿港元；公众持有的股本证券最少由 100 个人持有；以及前两个财政年度经营所得的净现金流入总额必须最少达 3000 万港元。香港创业板为了鼓励创新型中小企业而设，在方便了一些业绩欠佳的中小企业登

表 4：18C 章上市规定

维度	已商业化公司	未商业化公司
预期市值	上市时至少 80 亿港元	上市时至少 150 亿港元
收益（收入）	经审计的最近一个会计年度特专科技业务所产生的收益（收入）至少 2.5 亿港元	无规定
研发	从事研发至少三个会计年度	
	上市前三个会计年度每年研发投入金额占总营运开支至少 15%	上市前三个会计年度每年研发投入金额占总营运开支至少 50%
营业纪录期	于上市前须在管理层大致相若的条件下已于至少三个会计年度经营现有业务（在特殊情况下，港交所或会接纳较短的营业纪录期（至少两个会计年度），与《上市规则》第 8.05B（3）条一致）	

陆资本市场进行融资的同时，也导致一些涌入创业板的公司既未盈利也未表现出足够的成长性。相对于纳斯达克市场，香港创业板市场上市标准过低，过于依赖市场流动性的提高，而信息披露制度和估值定价体系不够完善，导致参与者稀少，成交量萎缩，流动性枯竭，市场连续下行。与此同时，香港创业板在发展过程中为增发股票、扩大规模而进行不公开招股。过程往往只面向少数股东，这使得创业板公司股权高度集中。由此，港股的高度集中带来问题：成交不活跃，庄家容易控股而且股价易暴涨暴跌。

3.2.3 科创板

科创板试点的注册制审核分为两个环节：一是上交所基于科创板定位进行发行、上市、信息披露的全面审核；二是证监会对企业发行上市进行注册，主要关注交易所发行上市审核内容有无遗漏，审核程序是否符合规定，以及发行人在发行条件和信息披露要求的重大方面是否符合相关规定。

科创板设定多元包容的上市条件，允许符合科创板定位、尚未盈利或存在累计未弥补亏损的企业在科创板上市，允许符合相关要求的特殊股权结构企业和红筹企业在科创板上市。在制定上市条件的过程中，上交所引入“市值”指标，与收入、现金流、净利润和研发投入等财务指标进行组合，设置了5套差异化的上市指标，可以满足在关键领域通过持续研发投入已突破核心技术或取得阶段性成果、拥有良好发展前景，但财务表现不一的各类科创企业上市需求。允许存在未弥补亏损、未盈利企业上市，不再对无形资产占比进行限制。

符合《国务院办公厅转发证监会关于开展创新企业境内发行股票或存托凭证试点若干意见的通知》（国办发〔2018〕21号）相关规定的红筹企业，可以申请发行股票或存托凭证并在科创板上市。科创板为红筹企业的回归提供了机会，不过回归的门槛依旧处于高位。

已在境外上市红筹企业的市值要求需符合下列标准之一：1）市值不低于2000亿元人民币；2）市值200亿元人民币以上，且拥有自主研发、国际领先技术，科技创新能力较强，同行业竞争中处于相对优势地位；营业收入快速增长，拥有自主研发、国际领先技术，同行业竞争中处于相对优势地位的尚未在境外上市红筹企业，申请发行股票或存托凭证并在科创板上市的，市值及财务指标应当至少符合下列上市标准中的一项，发行人的招股说明书和保荐人的上市保荐书应当明确说明所选择的具体上市标准：1）预计市值不低于人民币100亿元；2）预计市值不低于人民币50亿元，且最近一年营业收入不低于人民币5亿元。

从发行制度上分析，香港主板及纳斯达克更成熟，科创板正在逐步向国际成熟市场看齐。科创板及试点注册制作为中国A股市场发展的重大改革，其发行制度的重大突破包括：首次将A股IPO的核准制改为注册制；允许尚未盈利的企业在科创板上市；允许同股不同权、VIE架构及红筹股在满足一定条件下上市；承销环节定价采取询价机制；保荐机构子公司跟投等。这些制度的改革也使得科创板进一步与港股和纳斯达克市场等成熟资本市场制度靠拢。

从上市指标上分析，科创板的上市指标与港交所相似程度更高，科创板及港交所偏向处于快速成长期、有一定规模的科技创新型企业，纳斯达克市场涉及企业阶段更广。

本文已完成初步的行业分类以及从宏观的角度进行海内外市场科创企业的分析。具体来看，则是从港股、美股以及伦交所等主流交易市场获取上市公司所在行业的相关数据，包括上市公司的类别以及代表性行业的特征。

1）科创板的六大科创行业与其一级细分子行业的概况

如图1所示，自从科创板成立以来，新一代信息技术领域、高端设备领域和生物医药领域都

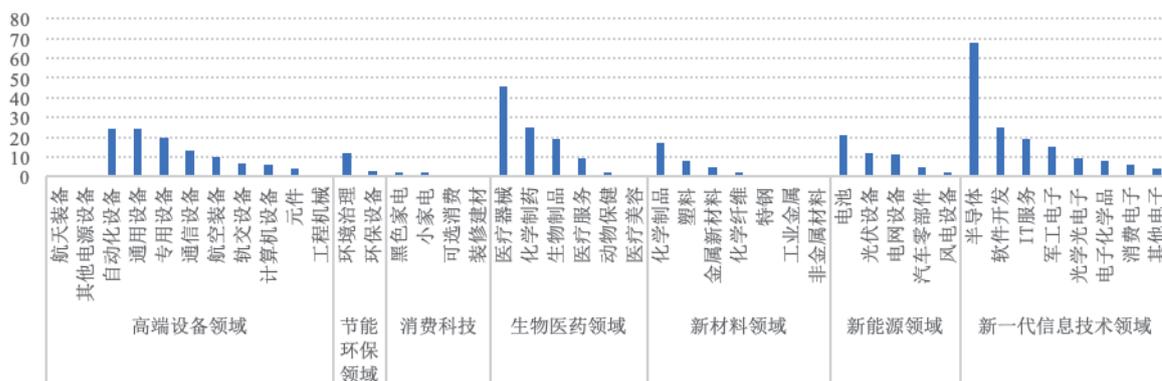


图 1：科创板上市行业类型汇总

是作为重点发展对象，因其发展较早，具有成熟的配套设施和完整的产业链，同时也在较为成熟的监管体系下，因此厚积薄发的上市公司相对较多，也有相对完整的行业信息和海内外对比材料。

新材料和新能源领域的上市企业在 2020 年之后呈倍数增长，据此研究的数据统计，上市企业较 2019 年新增 140%，2021 年新能源领域上市企业增长率为 125%，保持着雨后春笋般的态势。这两个领域同为国家十四五规划中重点发展领域，也是关乎经济社会可持续发展的重要行业，因此今后会有层出不穷的新公司出现和申请上市，对于其行业的子级细分分类需要一定前瞻性的判断，且做科创属性的标准衡量的时候需考虑到更多的未公开层面的信息。

2) 港交所的科创行业与其一级细分子行业的概况

图 2 统计的是港交所现所有拥有研发投入的上市公司，根据《香港交易所特专科技公司上市制度 2022》(简称 18C) 咨询文件所示，上市的科技公司须符合 (1) 相应领域的参与者必须拥有高增长潜力，(2) 该领域内参与者取得成功的原因在于其核心业务应用了新技术以及获奖有关该领域的科学以及或科技应用与心得商业模式，令他们有别于服务相似的消费者或最终用户的传统市场参与者。(3) 研究及开发为领域内公司贡献一大部分的预期价值，也是公司的主要活动以及占大部分的开支。该指引与科创板上市条件有很大的相似

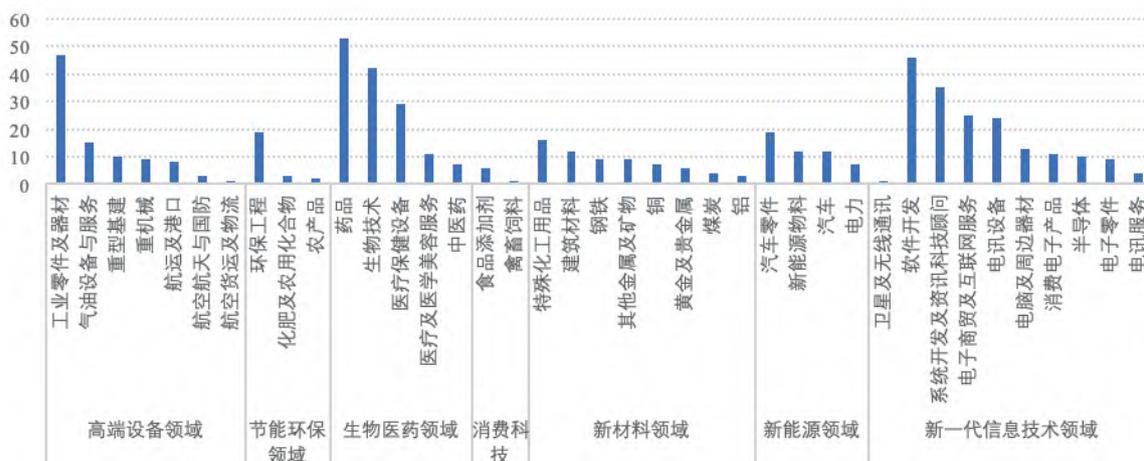


图 2：港交所上市行业类型汇总

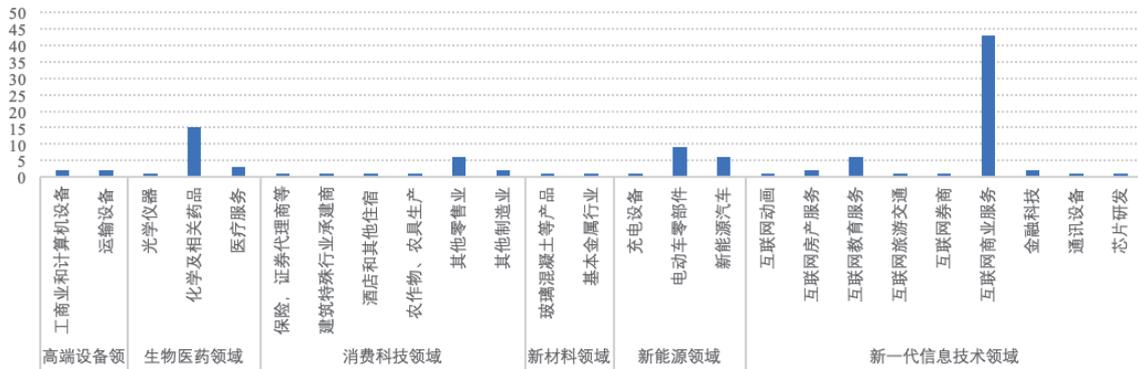


图 3：纳斯达克中概股上市行业类型汇总

度，因此其上市的科创公司相对来说也较有参考价值。

3) 纳斯达克（中概股）的科创行业与其一级细分行业的概况

相比港交所而言，纳斯达克上市的中概股的参考价值较低，主要原因在于纳斯达克上市需求条件中，对于行业的科创属性要求较低，而对于一些硬性的财务指标具有更细的要求，并分为三个不同市场（纳斯达克精选市场、纳斯达克全球市场、纳斯达克资本市场）来区别公司的盈利等各财务能力。如图 3 所示，科技行业中互联网商业服务行业、金融科技、保险券商等在科创板上市指引中不鼓励的公司，在纳斯达克占有相当的

比例。

4) 三大主要中概科创属性企业的行业分布比较

如图 4，根据科创板交易所上市信息分析可知，2022 年科创板上市企业以新一代信息技术领域为主，占比约 44%。其次为生物医药领域相关企业，占比约 20%，以及高端设备领域相关企业，占比约 19%。如图 5，2021 年科创板上市企业这三类领域分别占比依次为 26%、23% 和 23%。

香港交易所的企业也呈现同样的特征，如图 6，经过我们筛选，在 2022 年港交所有研发投入的新上市企业中，新一代信息技术领域、生物医药领域、高端领域分别占比 28%、36%、16%。

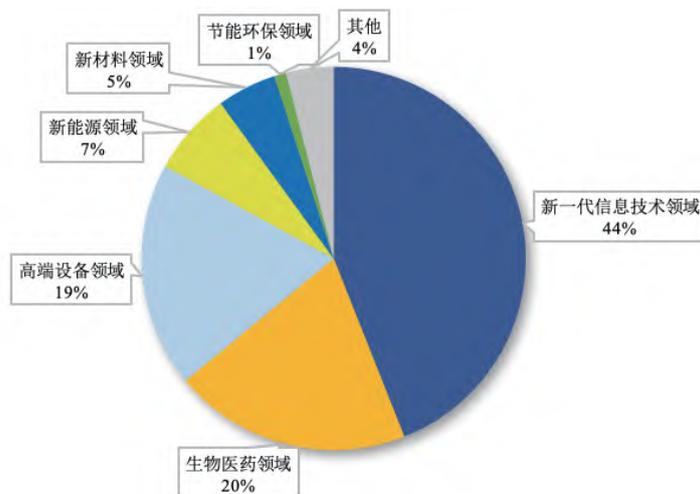


图 4：2022 年科创板上市行业占比

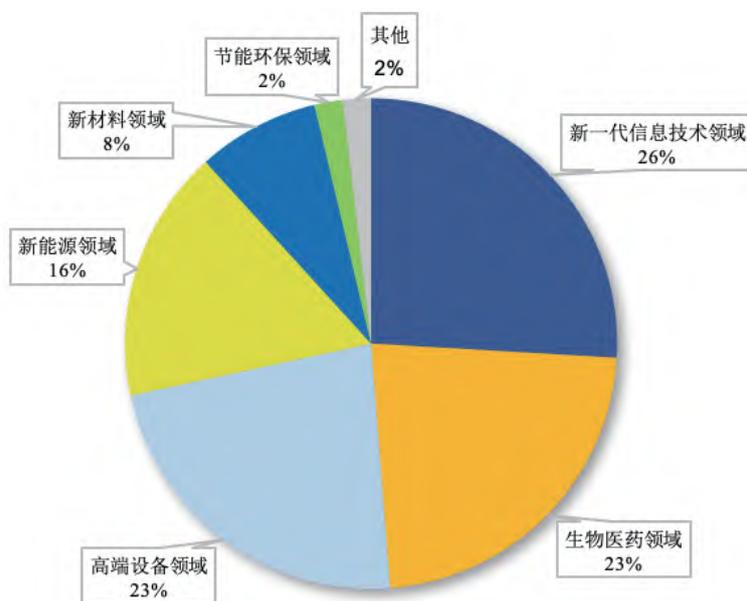


图 5：2021 年科创板上市行业占比

由此可看出上市公司以新一代信息技术企业和生物医药创新为主要行业。

3.3 海内外二级市场的对比总结

海内外二级资本市场内的科创企业行业分布略有不同。国内科创板主要聚焦于新一代信息技术、高端装备、新材料、新能源、节能环保和生物医药等高新技术和战略性新兴产业，而海外科创市场如纳斯达克则涵盖更广泛的创新型企业。香港主板对行业没有特定规定，但

在吸引生物科技公司 and 科技创新型企业方面采取了一定的放宽措施。这些差异也反映了不同市场的发展历程、监管政策、关注重点和资本市场的成熟程度。

不同交易市场对科创企业的上市条件和审核机制也存在一定差异，纳斯达克较为成熟，港交所较为灵活，而科创板则在逐步向国际成熟市场看齐。不同交易市场的科创企业行业分布呈现出一定的相似性，新一代信息技术和生物医药领域

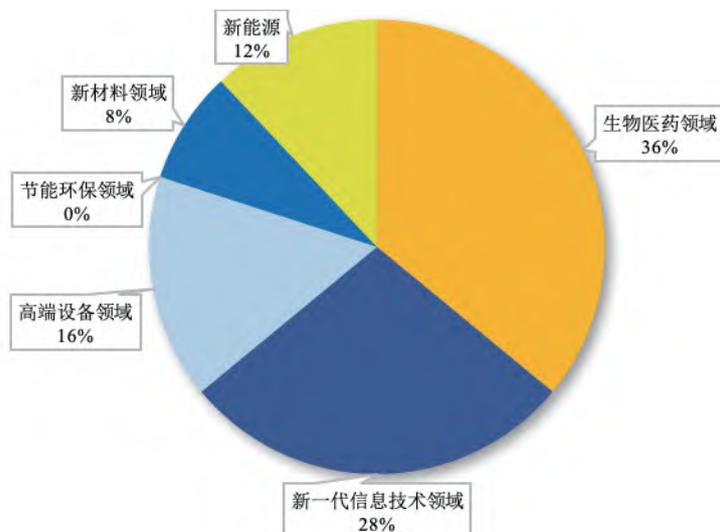


图 6：港交所上市公司（有研发投入）各行业占比

成为重点发展领域。未来，随着科技创新的不断推进，这些交易市场将继续吸引更多具有科创属性的企业上市。

综上所述，三大交易市场在科创企业行业分布和上市条件上存在一定的相似性和差异性。为了促进科技创新的持续发展和推动科创企业在全

球范围内蓬勃发展，各地可以借鉴和吸收不同市场的经验。制定行业发展规划和引导政策，有助于推动科技创新，培育更多具有科创属性的企业。同时，加强信息披露制度，提高市场透明度，有助于吸引更多投资者参与科创企业投资，从而推动整个科创产业的发展。

参考文献：

[1] Q3 2022US PE Breakdown [J/OL]. <https://pitchbook.com/news/reports/q3-2022-us-pe-break-down>. 2022年，10月.

[2] 2022年上半年中国股权投资动态 [J/OL]. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/cn/pdf/zh/2022/08/china-equity-investment-trends-2-2022-h1.pdf>. 2022年，8月.

[3] 2022私募行业发展报告——通关困难模式 [J/OL]. <http://www.xcf.cn/article/bd0fcf48276b11e-d8e250c42a1b68ab6.html>. 2022年，8月.

[4] 中国新能源行业发展前景与投资战略规划分析报告 [J/OL]. <https://finance.sina.com.cn/chanjing/gsnews/2022-12-22/doc-imxxnpsz5560549.shtml>. 2022年，7月.

[5] 张桂玲，方宛清，王林江. 科创板被高估了吗？——基于行业分析的视角 [J]. 商业会计, 2022(06):105-107.



前沿技术应用

- 5 沪深交易所集合竞价过程的量化研究
- 6 基于 eBPF 的交易系统可观测技术

沪深交易所集合竞价过程的量化研究

郑凡 / 中国国际金融股份有限公司 信息技术部 100004
E-Mail : Fan.Zheng@cicc.com.cn



本文主要通过对集合竞价过程进行数学建模入手，对集合竞价过程的定价机制做量化研究，对集合竞价机制进行深入分析。

关键词：集合竞价，定价机制，数学建模，量化研究

1 概述

集合竞价 (Call Auction)¹ 是一种竞价交易形式。根据其竞价过程中逐笔细节信息公布与否，又可细分为开放集合竞价和封闭集合竞价。普遍认为前者开放集合竞价形态发源于日本传统现货交易市场 Itayose 交易法；而后者封闭集合竞价形

态发源于瓦氏均衡理论²，及由此衍生出来的瓦尔拉斯拍卖形式³等。

集合竞价形式是一种特殊的批量交易⁴ (Batch Trading)；与集合竞价形式相对应的是连续竞价形式 (Continuous Trading)⁵。

集合竞价的基本过程是：由市场组织者收集所有市场参与者的交易报价，将其中买方和卖方

¹ 集合竞价形式：<https://www.investopedia.com/terms/c/call-auction.asp> (网络文献)

² 瓦氏均衡理论：https://en.wikipedia.org/wiki/Competitive_equilibrium (网络文献)

³ 瓦尔拉斯拍卖：https://en.wikipedia.org/wiki/Walrasian_auction (网络文献)

⁴ 批量交易：<https://www.investopedia.com/terms/b/batchtrading.asp> (网络文献)

⁵ 连续竞价形式：<https://www.investopedia.com/terms/c/continuous trading.asp> (网络文献)

报价分别归类聚合并以报价形成顺序；根据一系列成交价格确定原则（通常需要保证交易公平性及保障交易量最大化）形成唯一的揭示成交价格⁶；最终所有满足交易条件的报价将按照上述唯一揭示成交价格成交⁷。

一方面，业界普遍认为结合竞价存在如下价值：

1. 最大程度降低人为价格操纵的可能性；
2. 形成价格具有代表性，即代表了多数投资者认同的价值；
3. 避免价格剧烈波动以维持股价的连续性和稳定性。

因此，摩根士丹利资本国际认 23 个发达经济体的股票证券市场都在其交易日开或收盘阶段选用了某种形式的集合竞价。其被世界各主要证券交易所采用于开盘和收盘的竞价阶段，如美国纽约证券交易所、纳斯达克交易所、加拿大多伦多交易所（引入 LOO⁸、LOC⁹、MOO¹⁰ 和 MOC¹¹ 等特殊形式订单的开、收盘时点瞬间集合竞价）^{12 13}、日本东京证券交易所¹⁴（支持集合竞价阶段市价单的 Itayose 交易规则）等。

在经过长时间统计观测后，业界发现集合竞价形式有助于稳定交易量，提高分配效率；并且集合竞价产生的价格的连续性比其它方式高，而波动性更低；

但另一方面，学界对集合竞价的宏观认识并不统一。部分研究者认为，集合竞价可以降低市

场波动性，提高市场流动性，并提高市场信息的有效性。另一部分学者则认为集合竞价降低波动性是以价格不连续和增加信息成本为代价的¹⁵。

相比上述发达地区市场，我国沪、深证券交易所引入集合竞价形式的时间较晚，规则相对简单，功能相对单一。

本文试图从沪深交易所设计的集合竞价形式出发，通过更为微观、具体的观察角度入手，尝试建立集合竞价过程的数学模型；进一步以此数学模型作为工具，对集合竞价在如下方面进行量化研究：

1. 利用模型来分析观察集合竞价相关交易规则的目的和意义；
2. 利用严谨的数学语言来刻画集合竞价的定价过程，并从中寻找一些潜藏的规律。

2 对沪深交易所集合竞价过程的数学建模

2.1 集合竞价过程的一般性数学模型

首先需要将任一交易标的的集合竞价盘口抽象为一般性数学模型如下：

标的集合竞价盘口中存在 m 个买方盘口价格形成递增序列：

$$PriceBid = \{PB_1, PB_2, \dots, PB_m\} \quad (1)$$

其中的买方最优价格为 PB_m ；上述买方价格

⁶ 揭示成交价格：<https://www.investopedia.com/terms/i/indicative-match-price.asp>（网络文献）

⁷ 集合竞价：<https://www.investopedia.com/terms/c/call-auction.asp>（网络文献）

⁸ Limit On Open (LOO): <https://www.investopedia.com/terms/l/limitonopenorder.asp>（网络文献）

⁹ Limit On Close (LOC): <https://www.investopedia.com/terms/l/limitoncloseorder.asp>（网络文献）

¹⁰ Market On Open (MOO): <https://www.investopedia.com/terms/m/marketonopen-order-moo.asp>（网络文献）

¹¹ Market On Close (MOC): <https://www.investopedia.com/terms/m/marketonclose.asp>（网络文献）

¹² 《收盘交易机制研究》

¹³ 《境外收盘集合竞价机制与 A 股市场收盘制度优化研究》

¹⁴ 日本东京交易所交易时间：<https://www.jpx.co.jp/english/derivatives/rules/trading-hours/index.html>

¹⁵ 《中小企业板收盘集合竞价制度研究》

一一对应的买方盘口委托数量，形成序列：

$$VolumeBid = \{VB_1, VB_2, \dots, VB_m\} \quad (2)$$

标的集合竞价盘口中存在 n 个卖方盘口价格形成递增序列：

$$PriceAsk = \{PA_1, PA_2, \dots, PA_n\} \quad (3)$$

其中的卖方最优价格为 PA_1 ；上述卖方价格一一对应的卖方盘口委托数量，形成序列：

$$VolumeAsk = \{VA_1, VA_2, \dots, VA_n\} \quad (4)$$

根据沪¹⁶深¹⁷交易所相关交易规则可知，沪深股市均在集合竞价阶段不支持市价委托。所以本文设计的集合竞价模型也不考虑市价委托，以避免无谓的模型复杂性。

2.2 根据沪深交易规则得到推论

根据《上交所交易规则》第 3.3.5 小节¹⁸，及《深交所交易规则》第 3.2.5 小节¹⁹对现价委托的规定可知，最终形成的集合竞价阶段价格 P_{deal} 必然存在于卖方最优价格 PA_1 和买方最优价格 PB_m 之间：

$$PA_1 \leq P_{deal} \leq PB_m \quad (5)$$

据此可得推论如下：

1. 如集合竞价买卖双方盘口不存在价格交叠区间，则不能形成集合竞价阶段成交价格；
2. 如集合竞价阶段新增委托申报形成价格突破，即对于新增委托 PA_{new} 和 PB_{new} 有 $PA_{new} < PA_1$ ， $PB_{new} > PB_m$ （下同），最终形成的集合竞价阶段价格 P_{deal} 的范围将发生变化；

3. 如集合竞价阶段无新增委托申报，或者新增委托申报未形成价格突破，最终形成的集合竞价阶段价格 P_{deal} 的可能范围不发生变化；超出价格范围 $[PA_1, PB_m]$ 的委托申报将不参与集合竞价阶段的撮合和最终成交，可忽略；

2.3 根据推论修正模型：确定数据范围

将 PA_1 和 PB_m 分别定义为有效最低价格 P_{lowest} 和有效最高价格 $P_{highest}$ ；将买方盘口价格序列 $PriceBid$ 、委托数量序列 $VolumeBid$ 和卖方盘口价格序列 $PriceAsk$ 、委托数量序列 $VolumeAsk$ 分别表示为：

$$\begin{cases} PriceBid = \{PB_1, \dots, P_{lowest}\} \cup \{P_{lowest}, \dots, P_{highest}\} \\ VolumeBid = \{VB_1, \dots, VB_{lowest}\} \cup \{VB_{lowest}, \dots, VB_{highest}\} \\ PriceAsk = \{P_{lowest}, \dots, P_{highest}\} \cup \{P_{highest}, \dots, PA_n\} \\ VolumeAsk = \{VA_{lowest}, \dots, VA_{highest}\} \cup \{VA_{highest}, \dots, VA_n\} \end{cases} \quad (6)$$

根据上述推论 3 可得：

$$\begin{cases} PriceBid_{valid} = \{P_{lowest}, \dots, P_{highest}\} \\ VolumeBid_{valid} = \{VB_{lowest}, \dots, VB_{highest}\} \\ PriceAsk_{valid} = \{P_{lowest}, \dots, P_{highest}\} \\ VolumeAsk_{valid} = \{VA_{lowest}, \dots, VA_{highest}\} \end{cases} \quad (7)$$

上述价格和委托数量序列的有效部分才会参与集合竞价阶段撮合和最终成交。其余非有效部分将不参与集合竞价阶段撮合和最终成交，在模型计算和推论过程中可忽略不计。换言之，存在于价格 $[P_{lowest}, P_{highest}]$ 区间内的买卖双方委托即为模型需要考虑的全部数据。

¹⁶ 《上交所交易规则》第 3.4.5 小节：市价申报只适用于有价格涨跌幅限制证券连续竞价期间的交易，本所另有规定的除外。

¹⁷ 《深交所交易规则》第 3.3.5 小节：市价申报只适用于有价格涨跌幅限制证券连续竞价期间的交易。其他交易时间，交易主机不接受市价申报。

¹⁸ 《上交所交易规则》第 3.3.5 小节：限价委托是指客户委托会员按其限定的价格买卖证券，会员必须按限定的价格或低于限定的价格申报买入证券；按限定的价格或高于限定的价格申报卖出证券。

¹⁹ 《深交所交易规则》第 3.2.5 小节：限价委托，是指投资者委托会员按其限定的价格买卖证券，会员必须按限定的价格或低于限定的价格申报买入证券；按限定的价格或高于限定的价格申报卖出证券。

3 集合竞价成交价确定原则的分析

《上交所交易规则》第 3.6.2 小节²⁰和《深交所交易规则》第 3.5.2 小节²¹分别给出了各自市场关于集合竞价阶段成交价格确定的原则。两市场给出的三条价格确定原则基本一致,总结如下:

1. 可实现最大成交量的价格;
2. 高于该价格的买入申报与低于该价格的卖出申报全部成交的价格;
3. 与该价格相同的买方或者卖方至少有一方全部成交的价格;

3.1 原则命题的独立性问题

首先考察这一系列命题之间的独立性问题,即这些命题条件之间是否存在充分、必要或者等价等关系。事实上满足原则 2 和原则 3,是满足原则 1 的充分非必要条件,换言之,满足原则 2 和原则 3 必然满足原则 1,反之则未必。给出证明过程如下:

3.1.1 对一般性模型的扩展:特定价格下可成交和不可成交部分

为了证明上述原则间的条件关系,需要进一步扩展集合竞价盘口的一般性数学模型。

首先根据原则 3 可知,当确定一个价格为集合竞价成交价时,此价格对应的买方和卖方委托申报可能存在一方未全部成交的可能。为此我们需要把双方委托申报以“可成交部分”VBD、VAD 和“不可成交部分”VBN、VAN 来分开描述。直观可知,上述 VBD、VAD、VBN、VAN 是关于当前成交价格 P 的函数:

$$\begin{cases} VB_i = VBD_i(P) + VBN_i(P); \forall i \in [P_{lowest}, P_{highest}] \\ VA_i = VAD_i(P) + VAN_i(P); \forall i \in [P_{lowest}, P_{highest}] \end{cases} \quad (8)$$

3.1.2 充分性问题描述和证明

充分性问题的数学描述:在集合竞价模型中,假设价格 $P \in [P_{lowest}, P_{highest}]$ 是当前成交价格;

根据价格确定原则 2:“高于 P 的买入申报与低于 P 的卖出申报全部成交的价格”,即满足下列等式:

$$VBD_i(P) = \begin{cases} VB_i; & i > P \\ VB_i - VBN_i(P); & i = P \\ 0; & i < P \end{cases} \quad (9)$$

$$VAD_i(P) = \begin{cases} 0; & i > P \\ VA_i - VAN_i(P); & i = P \\ VA_i; & i < P \end{cases} \quad (10)$$

同时根据价格确定原则 3:“与 P 相同的买方或者卖方至少有一方全部成交”,既满足下列

²⁰《上交所交易规则》第 3.6.2 小节:集合竞价时,成交价格的确定原则为:

- (一) 可实现最大成交量的价格;
- (二) 高于该价格的买入申报与低于该价格的卖出申报全部成交的价格;
- (三) 与该价格相同的买方或卖方至少有一方全部成交的价格。

两个以上申报价格符合上述条件的,使未成交量最小的申报价格为成交价格;仍有两个以上使未成交量最小的申报价格符合上述条件的,其中间价为成交价格。

集合竞价的所有交易以同一价格成交。

²¹《深交所交易规则》第 3.5.2 小节:集合竞价时,成交价的确定原则为:

- (一) 可实现最大成交量;
- (二) 高于该价格的买入申报与低于该价格的卖出申报全部成交;
- (三) 与该价格相同的买方或卖方至少有一方全部成交。

两个以上价格符合上述条件的,取在该价格以上的买入申报累计数量与在该价格以下的卖出申报累计数量之差最小的价格为成交价;买卖申报累计数量之差仍存在相等情况的,开盘集合竞价时取最接近即时行情显示的前收盘价的价格为成交价,盘中、收盘集合竞价时取最接近最近成交价的价格为成交价。

集合竞价的所有交易以同一价格成交。

等式：

$$VBN_p(P) \times VAN_p(P) = 0 \quad (11)$$

此时 P 满足价格确定原则 1：“P 为可实现最大成交量的价格”即，对于任何价格 $P' \in [P_{lowest}, P_{highest}]$ 且 $P' \neq P$ ，满足不等式如下：

$$\begin{cases} \sum_{i=P'}^{highest} VBD_i(P') \leq \sum_{i=P}^{highest} VBD_i(P) \\ \sum_{i=lowest}^{P'} VAD_i(P') \leq \sum_{i=lowest}^P VAD_i(P) \end{cases} \quad (12)$$

充分性问题证明。根据原则 2，成交价格 P 下买方的成交总量为：

$$\sum_{i=P}^{highest} VBD_i(P) = \sum_{i=P}^{highest} VB_i - VBN_p(P) \quad (13)$$

成交价格 P 条件下卖方的成交总量为：

$$\sum_{i=lowest}^P VAD_i(P) = \sum_{i=lowest}^P VA_i - VAN_p(P) \quad (14)$$

根据买卖双方成交总量须一致原则，有如下等式成立：

$$\sum_{i=P}^{highest} VBD_i(P) = \sum_{i=lowest}^P VAD_i(P) \quad (15)$$

使用反证法。假设存在一价格 $P' \neq P$ ，使得集中交易价格为 P' 时存在更大成交量。即下列条件同时成立：

$$\begin{cases} \sum_{i=P'}^{highest} VBD_i(P') = \sum_{i=lowest}^{P'} VAD_i(P') \\ \sum_{i=P'}^{highest} VBD_i(P') > \sum_{i=P}^{highest} VBD_i(P) \\ \sum_{i=lowest}^{P'} VAD_i(P') > \sum_{i=lowest}^P VAD_i(P) \end{cases} \quad (16)$$

不妨进一步假设 $P' < P$ ；根据不同价格累计成交量算法有：

$$\begin{cases} \sum_{i=P'}^{highest} VB_i = \sum_{i=P'}^{highest} VB_i + \sum_{i=P}^P VB_i - VB_p = \sum_{i=P'}^{highest} VBD_i(P) + \sum_{i=P'}^P VB_i - VBD_p(P) \\ \sum_{i=lowest}^{P'} VA_i = \sum_{i=lowest}^P VA_i - \sum_{i=P}^P VA_i + VA_{P'} = \sum_{i=lowest}^P VAD_i(P) - \sum_{i=P}^P VA_i + VA_{P'} + VAN_p(P) \end{cases} \quad (17)$$

成交价格 P' 下买方的成交总量可以用成交价格 P 下买方的成交总量表达：

$$\sum_{i=P'}^{highest} VBD_i(P') = \sum_{i=P}^{highest} VBD_i(P) + \sum_{i=P'}^P VB_i - VBD_p(P) - VBN_{P'}(P') \quad (18)$$

成交价格 P' 下卖方的成交总量可以用成交价格 P 下卖方的成交总量表达：

$$\sum_{i=lowest}^{P'} VAD_i(P') = \sum_{i=lowest}^P VAD_i(P) - \sum_{i=P}^P VA_i + VAD_{P'}(P') + VAN_p(P) \quad (19)$$

综合上述条件可得：

$$\begin{cases} \sum_{i=P'}^P VB_i - VBD_p(P) - VBN_{P'}(P') = - \sum_{i=P'}^P VA_i + VAD_{P'}(P') + VAN_p(P) \\ \sum_{i=P'}^P VB_i - VBD_p(P) - VBN_{P'}(P') > 0 \\ \sum_{i=P'}^P VA_i - VAD_{P'}(P') - VAN_p(P) < 0 \end{cases} \quad (20)$$

根据前文对 VAD 以及 VAN 的定义可知：

$$\sum_{i=P'}^P VA_i - VAD_{P'}(P') - VAN_p(P) \geq 0 \quad (21)$$

得到矛盾，从而推翻反证假设。对于 $P' > P$ 情况可进行类似证明，不在此赘述。充分性命题得到证明。

3.1.3 必要性命题描述和证伪

必要性命题的数学描述。假设 P 满足价格确定原则 1：“P 为可实现最大成交量的价格”即，对于任何价格 P' ， $P \in [P_{lowest}, P_{highest}]$ 且 $P' \neq P$ ，满足如下不等式：

$$\begin{cases} \sum_{i=P'}^{highest} VBD_i(P') \leq \sum_{i=P}^{highest} VBD_i(P) \\ \sum_{i=lowest}^{P'} VAD_i(P') \leq \sum_{i=lowest}^P VAD_i(P) \end{cases} \quad (22)$$

则 P 应满足价格确定原则 2：“高于 P 的买入申报与低于 P 的卖出申报全部成交的价格”，即满足下列等式：

$$VBD_i(P) = \begin{cases} VB_i; & i > P \\ VB_i - VBN_i(P); & i = P \\ 0; & i < P \end{cases} \quad (23)$$

$$VAD_i(P) = \begin{cases} 0; & i > P \\ VA_i - VAN_i(P); & i = P \\ VA_i; & i < P \end{cases} \quad (24)$$

同时 P 应满足价格确定原则 3：“与 P 相同的买方或者卖方至少有一方全部成交”，即满足下列等式：

$$VBN_P(P) \times VAN_P(P) = 0 \quad (25)$$

必要性命题证伪。举一反三例，假设一交易标的集合竞价阶段买卖双方盘口数据如表 1 所示。

考察此盘口数据。考察分别以 5.00、5.01、5.02、5.03 和 5.04 作为成交价格时可以获得的成交量，如表 2 所示。

可知以 5.00 作为成交价格时，集合竞价可获得最大成交量 100；但此时买方盘口中价格为 5.01 和 5.02 的委托均不可成交，不满足原则 2 条件；以 5.01 作为成交价格的情况类似。必要性命题被证伪。

至此，原则 2 和原则 3 与原则 1 之间充分非必要条件关系得到证明。

3.2 集合竞价成交价格确定原则的内在逻辑性

可以看到上述三个原则描述的方式有较大不同。原则 1 说明了价格确定原则的目的；原则 2 和原则 3 说明的是价格确定过程的操作手段和步骤。换言之原则 2 和原则 3 具有更高的可操作性。但正如上文所证明的结果，满足了原则 2 和原则 3 的价格必然满足原则 1；这意味着在实际价格确定过程中可以重点着眼于依据原则 2 和原则 3 进行操作，其结果必然满足原则 1。

4 最优等效委托价格研究

4.1 等效委托价格、最优等效委托价格的定义：

等效委托价格指的是，在集合竞价阶段可能存在多个价格，在这些价格上进行撮合，均可以在满足前述价格确定原则 2 和 3 的前提下，使集合竞价得相同的成交量。

当一组等效委托价格可以获得相等成交量为集合竞价可获得的最大成交量时，称这一组等效委托价格为最优等效委托价格。直观可知，最优

表 1：集合竞价阶段买卖双方盘口数据

买盘委托数量	委托价格	卖盘委托数量
100	5.04	0
0	5.03	0
100	5.02	0
100	5.01	0
100	5.00	100

表 2：成交价格与成交量对照表

成交价格	总成交量	是否满足原则 2 和原则 3
5.00	100	否
5.01	100	否
5.02	100	是
5.03	100	是
5.04	100	是

等效委托价格是同时满足前述价格确定三原则的多个价格。

进一步考察上节中用于证伪必要性命题的反例数据，可以发现存在 5.02、5.03 和 5.04 等多个价格，满足价格确定三原则。此即为“最优等效委托价格”的具体例子。

最优等效委托价格中不同的价格成为集合竞价阶段成交价格，在确保交易公平性、促进交易量最大化等几个方面具备等价性。

4.2 最优等效委托价格出现的条件

假设集合竞价盘口存在一组最优等效委托价格区间 $[P', P]$ ；则应有如下条件成立：

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta(VBD) = \sum_{i=x_1}^{highest} VBD_i(x_1) - \sum_{i=x_2}^{highest} VBD_i(x_2) = 0; \forall x_1, x_2 \in [P', P] \\ \Delta(VAD) = \sum_{i=lowest}^{x_1} VAD_i(x_1) - \sum_{i=lowest}^{x_2} VAD_i(x_2) = 0; \forall x_1, x_2 \in [P', P] \\ \sum_{i=x}^{highest} VBD_i(x) \leq \sum_{i=y}^{highest} VBD_i(y); \forall x \notin [P', P], \forall y \in [P', P] \\ \sum_{i=lowest}^x VAD_i(x) \leq \sum_{i=lowest}^y VAD_i(y); \forall x \notin [P', P], \forall y \in [P', P] \end{array} \right. \quad (26)$$

经推导可得到如下条件成立：

$$\sum_{i=P'}^P VB_i - VBD_P(P) - VBN_{P'}(P') = - \sum_{i=P'}^P VA_i + VAD_{P'}(P') + VAN_P(P) = 0 \quad (27)$$

可变换形式如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} VB_i = 0, VA_i = 0; P' < i < P \\ VA_P = VAN_P, VA_{P'} = VAD_{P'}; \\ VB_P = VBD_P, VB_{P'} = VBN_{P'}; \end{array} \right. \quad (28)$$

上述条件表明，如果集合竞价盘口数据存在价格区间 $[P', P]$ ，同时满足下列条件：

1. 价格 P' 和 P 满足原则 1、2、3；
2. 买卖双方盘口中均不存在此价格区间内（不包含边界）价格的委托；
3. 在较低价格 P' 上，买方盘口委托可成交数量为 0；卖方盘口委托不可成交数量为 0；
4. 在较高价格 P 上，买方盘口委托不可成交数量为 0；卖方盘口委托可成交数量为 0；

则在价格区间 $[P', P]$ 内的所有价格，形成一组最优等效委托价格，或称价格区间 $[P', P]$ 为是一最优等效委托价格区间。

4.3 从最优等效委托价格中确定唯一成交价格：一般性模型的特殊化处理

尽管最优等效委托价格中不同的价格成为集合竞价阶段成交价格，在诸多方面具备等价性，但是交易所作为交易过程的管理主体，需要为所有市场参与者提供明确的市场价格信息。这意味着，当集合竞价过程出现最优等效委托价格时，需要对其做进一步处理以最终确定唯一成交价格。

事实上，在《上交所交易规则》第 3.6.2 小节和《深交所交易规则》第 3.5.2 小节关于结合竞价阶段成交价格确定的原则中，都对出现最优等效委托价格的情况作出进一步约定，以便在最优等效委托价格中确定一个价格成为最终成交价格。

4.3.1 上交所处理原则

上交所对最优等效委托价格的处理原则是：“两个以上申报价格符合上述条件的，使未成交量最小的申报价格为成交价格；”

4.3.2 一般性模型针对上交所原则的特殊化处理

上交所处理原则中，“一个价格形成的未成交量”可以表达为关于价格的函数：

$$VN(p) = \sum_{i=lowest}^{highest} VB_i - \sum_{i=lowest}^{highest} VBD_i(p) + \sum_{i=lowest}^{highest} VA_i - \sum_{i=lowest}^{highest} VAD_i(p) \quad (29)$$

上交所的处理原则是在一最优等效委托价格区间 $[P', P]$ 中，找到满足如下条件的价格 p ：

$$VN(p) \leq VN(x); \forall x \in [P', P] \quad (30)$$

前述函数等式经过变换可得：

$$VN(p) = \sum_{i=lowest}^{highest} (VB_i + VA_i) - \sum_{i=lowest}^{highest} (VBD_i(p) + VAD_i(p)) \quad (31)$$

其中：

$$\sum_{i=lowest}^{highest} (VB_i + VA_i) = VA + VB \quad (32)$$

即为买卖双方的委托总量，其数量与成交价格 P 无关；而：

$$\sum_{i=lowest}^{highest} (VBD_i(p) + VAD_i(p)) = VAD(p) + VBD(p) \quad (33)$$

是成交价格为 P 时，可达到的买卖双方成交量之和。考虑到此时买卖双方互为对手方，根据买卖双方成交总量须一致原则，应有：

$$VAD(p) = VBD(p) = VD(p) \quad (34)$$

进一步可得：

$$VN(p) = VA + VB - 2VD(p) \quad (35)$$

则上式中 VN(p) 在 VD(p) 存在极大值时得到极小值。

考虑到最优等效委托价格区间任一价格均满足前述价格确定三原则，可知对处于此区间的任意 $x \in [P', P]$ ，均可获得相等的 VD(x) 极大值。因此，将“使未成交量最小的申报价格为成交价格”作为进一步从最优等效委托价格区间若干价格中找到撮合价格的遴选条件，事实上并不能对遴选过程产生实际指导意义。

4.3.3 深交所处理原则

深交所对最优等效委托价格的处理原则是：“两个以上价格符合上述条件的，取在该价格以上的买入申报累计数量与在该价格以下的卖出申报累计数量之差最小的价格为成交价。”

需要说明的是，上述深交所关于买卖双方委托数量差值，事实上即在某一特定价格下，非单位标准化的委托不平衡性指标²²。

4.3.4 一般性模型针对深交所原则的特殊化处理

深交所处理原则中，“该价格以上的买入申报累计数量与在该价格以下的卖出申报累计数量之差”同样为关于价格的函数：

$$\Delta V(p) = \left| \sum_{i=p}^{highest} VB_i - \sum_{i=lowest}^p VA_i \right| \quad (36)$$

深交所的处理原则是在一最优等效委托价格区间 $[P', P]$ 中，找到满足如下条件的价格 p：

$$\Delta V(p) \leq \Delta V(x); \forall x \in [P', P] \quad (37)$$

首先，根据价格确定三原则，前述函数等式经过变换可得：

$$\Delta V(p) = |VBN_p - VAN_p| \quad (39)$$

其次，根据最优等效委托价格区间的条件，上面函数等式可以进一步变换为：

$$\Delta V(p) = \begin{cases} |VA_p|; p = P \\ 0; P' < p < P \\ |VB_p|; p = P' \end{cases} \quad (40)$$

据此可以得到：深交所对于最优等效委托价格区间的进一步遴选原则等价于：

1. 如果最优等效委托价格区间中存在不等于区间上限和下限价格的任何其他价格（上限价格和下限价格之间并非紧邻）：

a. 如果在区间上限价格上有卖方委托，则去掉区间上限价格；

b. 如果在区间下限价格上有买方委托，则去掉区间下限价格；

2. 如果最优等效委托价格区间中不存在不等于区间上限和下限价格的任何其他价格（上限价格和下限价格之间紧邻）：

²²《中小企业板收盘集合竞价制度研究》

a. 去掉区间上限价格上卖方委托和区间下限价格上买方委托中较多一方所在价格；

4.4 与其他交易所的规则比较

参考日本交易所集团（JPX）旗下东京、大阪交易所等发布的关于 Itayose 之交易规则可以发现，沪、深交易所给出的处理原则与上述 Itayose 交易规则中的 condition 2 和 condition 3²³ 形式上非常接近。

一方面，根据日本交易所集团发布的 Itayose 交易规则价格确定示例说明²⁴ 可以发现，其 condition 2 到 condition 5 事实上是被用于满足其所支持的集合竞价阶段市价委托功能。

另一方面，作为解决策略执行时间窗口成本的利器，集合竞价阶段市价委托功能是专业、机构投资者迫切需要的交易手段。

沿此思路，或可认为上述沪深交易所处理原则是在为提供集合竞价阶段市价委托功能进行规则建设方面的积极准备。行业从业者和市场参与者应对此有必要心理预期和业务准备。

4.5 价格确定最终原则差异性的内在逻辑意义

《上交所交易规则》中规定：“仍有两个以上使未成交量最小的申报价格符合上述条件的，其中间价为成交价格”；

《深交所交易规则》中规定：“买卖申报累计数量之差仍存在相等情况的，开盘集合竞价时取最接近即时行情显示的前收盘价为成交价，盘中、收盘集合竞价时取最接近最近成交价的价格为成交价”；

存在不同的、对于最优等效委托价格的最终

处理原则表明，集合竞价交易价格的揭示呈现一定的主观性。这种主观性在某种程度上体现了交易规则的制定者即交易所，其对交易价格的期望功能定义：

1. 上海证券交易所集合竞价交易价格的揭示更注重价格对可能交易趋势的体现；

2. 深圳证券交易所集合竞价交易价格的揭示更注重价格的连续性；

这种对“交易价格功能定义”的期望差异本身不存在优劣之分。但意识到这种差异的存在有助于对市场运行状况进行细微观察。这对于行业从业者和市场参与者是有价值的。

5 研究总结和业务价值

首先，本文从沪深交易所设计的集合竞价形式出发，使用数学语言，将集合竞价过程抽象为一个微观分析模型；

其次，进一步以此数学模型作为工具，对集合竞价进行量化研究，并在此过程中厘清若干概念、形成若干定义，通过分析手段对这些概念和定义所具备的特性进行了探索和归纳。

再次，利用模型深入分析沪、深交易所针对集合竞价设计的交易规则，通过计算挖掘出规则的实际意义。

总结本文的业务价值，应有如下方面：

1. 有助于从业者更深刻地理解交易规则；
2. 有助于会员单位更高效地利用行情数据；
3. 有助于市场参与者更清晰地观察市场状况，并对市场建设方向形成预期。

限于篇幅，当前工作仅仅建立了模型并应用于静态的市场定价机制研究，同时还有很多颇具价

²³ JPX Itayose 交易规则：<https://www.jpex.co.jp/english/derivatives/rules/trading-methods/index.html>

²⁴ JPX Itayose 交易规则价格确定示例说明：<https://www.jpex.co.jp/english/derivatives/rules/trading-methods/tvdivq000004h12-att/tvdivq00000ueul.pdf>

值的问题和方向没有涉及，例如：提供更丰富的数学工具，用以将建模量化工作延展至动态的定价交易过程的增量分析；进一步考虑给出关于集合竞价

委托顺序无关的严格证明，并将其中一些结论应用于分布式集合竞价阶段价格撮合系统设计中；这些方向将成为下一阶段研究工作的重点。

参考文献：

- [1] 潘宏 林佶 陈启欢《收盘交易机制研究》上海证券交易所资本市场研究所研究报告
- [2] 交易制度课题组《境外收盘集合竞价机制与 A 股市场收盘制度优化研究》证券市场导报 2016 年 1 月号
- [3] 陈炜《中小企业板收盘集合竞价制度研究》深证综研字第 0109 号

基于eBPF的交易系统可观测技术

夏克、袁立刚、张巧霞 / 大连商品交易所 大连飞创信息科技有限公司 交易产品部 辽宁 大连 116023
E-mail : xiake@dce.com.cn



eBPF (Extended Berkeley Packet Filter) 技术是最近 10 年 Linux 内核最热门也是最具影响力的技术之一，随着网络和云原生技术的飞速发展，eBPF 被广泛的应用于网络和安全、性能分析、容器和云原生、运维和排障以及对应用系统的观测。本文将针对如何使用 eBPF 技术对交易系统运行状态、处理能力和性能热点观测进行实践。eBPF 技术的引入会在交易系统的开发、测试、运维阶段极大提高效率并降低成本，对性能优化，辅助测试以及生产运维期间的故障定位和排查提供有效的手段。

关键词：eBPF；交易系统；可观测技术；Linux 内核；信创

1 引言

交易系统是证券期货交易所关键基础设施之一，为保障其稳定、高效运行，在开发、测试、运维等方面提出了更高的要求，对调试手段、测试工具、运维监控等环节的前沿技术引入也更加迫切。近几年，随着信息技术应用创新工作的逐步落地，国产操作系统将逐步应用于交易所应用系统的生产环境，国产操作系统的内核版本相对目前生产操作系统的 Redhat/CentOS7.x (v3.10) 有了明显的提升，目前主流的国产操作系统，如麒麟、统信等，其内核版本为 v4.19 (或更高)。

内核版本的提升为 eBPF 技术的引入提供了先决条件。eBPF 技术的引入将极大程度的解决上述环节面临的痛点和问题。下文将简要介绍 eBPF 的相关技术，并对定位性能瓶颈、辅助测试和增强运维几个方面展开说明 eBPF 技术在交易系统中的应用。

2 eBPF 技术

2.1 eBPF 发展史

仅仅数年，eBPF 已一跃成为了现代基础设施领域中最热门的技术之一，早期的 BPF

(Berkeley Packet Filter) 在 1992 年由 Steven McCanne 和 Van Jacobson 提出，用于过滤网络数据包。BPF 提供了一种在内核中执行简单过滤器程序的方法，以实现高效的数据包过滤和捕获。BPF 在 1997 年被引入到 Linux 内核中，成为 Linux 内核中的一项功能。它通过允许用户在内核空间中运行自定义的 BPF 程序，扩展了内核的功能。eBPF 最初在 2014 年引入到 Linux 内核中，它是对传统 BPF 的扩展和增强。eBPF 引入了虚拟机，提供了更强大的功能和更灵活的执行环境，使得用户能够在内核中运行更复杂的代码，从而极大程度的扩展了 BPF 技术的使用范围。

2.2 eBPF 工作原理

eBPF 工作原理如图 1 所示，首先用户编写 eBPF 内核代码 (kernel)，并使用编译器 (clang -target bpf) 将内核跟踪代码编译成 BPF 字节码

(BPF bytecode)，通过系统调用 (Syscall bpf()) 或 BCC、bpftool 等工具将字节码加载到内核，验证器 (verifier) 会对加载的字节码进行校验，校验通过后，当探针 (probes) 被触发时，eBPF 跟踪函数则会在内核空间被执行，同时在内核空间可以开辟一块映射区 (maps)，用于内核空间与用户空间的数据交换，用户空间应用可以通过 maps 拿到内核跟踪代码搜集到的相关信息进行统计、分析和展示。

2.3 eBPF 工具链

随着 eBPF 技术的不断发展，大量的配套工具和开源项目应运而生，不仅在 Linux 内核中融入了 libbpf，同时也在各种使用场景中也有着相当丰富的工具，包括基础工具、开发工具、网络/云原生工具、观测跟踪工具等等，如表 1 所示。

以 BCC 工具集为例，eBPF 可以观测几乎所有内核函数和系统调用，如图 2 所示。

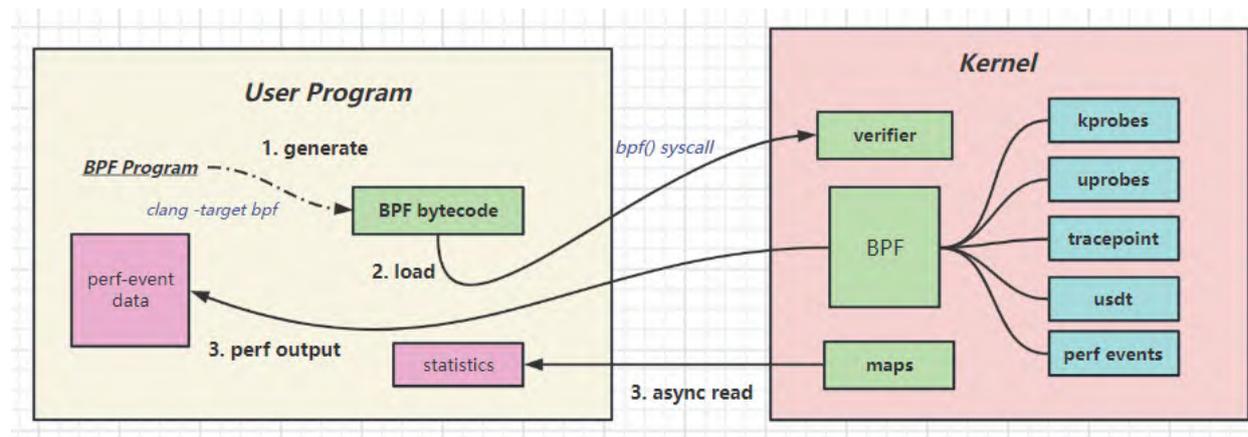


图 1 : eBPF 工作原理

表 1 : eBPF 工具

应用领域	开源项目/工具
观测跟踪	skydrive、hubble、weave scope、kubectrl-trace、pwrui、DeepFlow、pixie、eCapture、inspektor-gadget
网络/云原生	cilium、calico、katran、Tracee、policube、falco、kubeArmor、Tetragon、DeepFlow
开发库	bcc、libbpf、gobpf、libbpf-rs、Redbpf、ebpf(go)
基础工具	LLVM/Clang、GCC、bpftool、bpftool、bcc

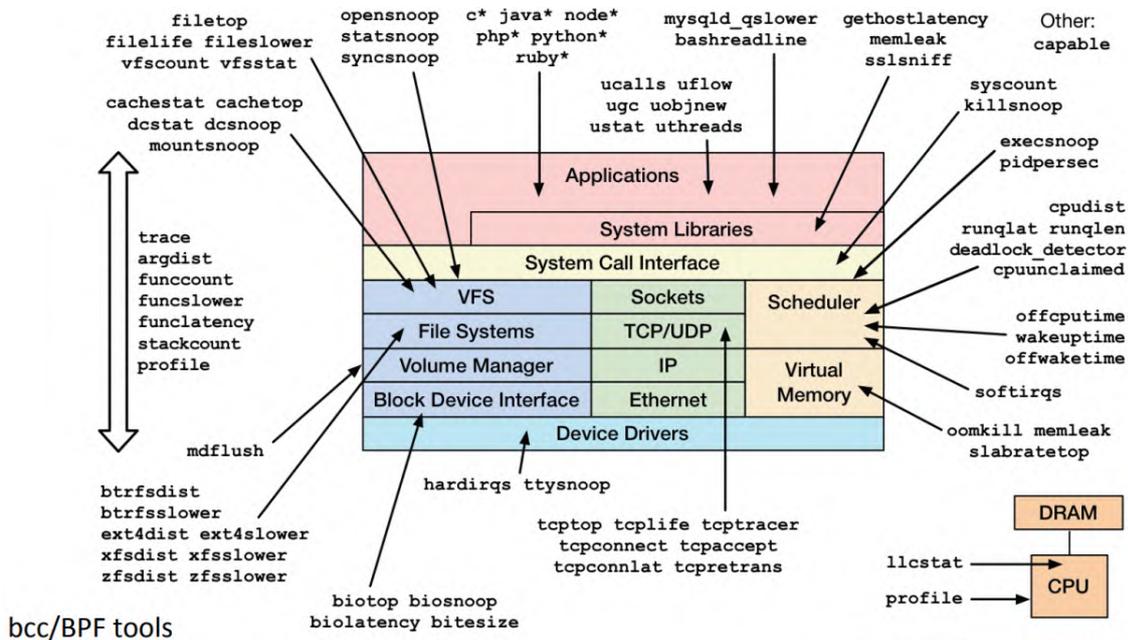


图 2 : BCC 工具集

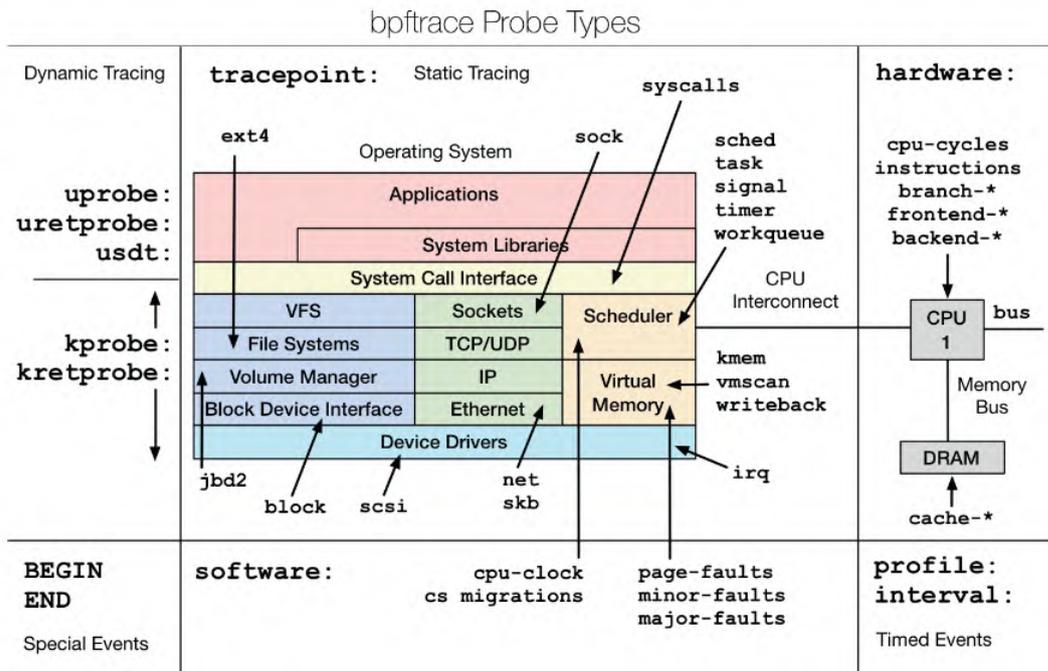


图 3 : bpfttrace 探针类型

2.4 eBPF 探针

eBPF 主要有四种探针类型，分别可以以动态和静态的形式探测内核指令和用户应用：

1. 内核探针：内核探针几乎可以在任何内核指令上设置动态标记或中断，并且系统损耗最少。内核探针分为两种：kprobes 和 kretprobes。

a. kprobes：允许在执行内核指令之前插入 BPF 程序。

b. kretprobes：是在内核指令有返回值是插入 BPF 程序。

2. 跟踪点 (tracepoint)：是一种静态内核探针，跟踪点与 kprobes 的主要区别在于跟踪点由

内核开发人员在内核中编写静态代码而埋下的探针，由于静态探针更加安全，因此推荐尽可能使用跟踪点。

3. 用户空间探针：用户空间探针允许在用户空间运行的程序中设置动态标记，探针包括两种：uprobes 和 uretprobes。

a. uprobes：是内核在用户控件程序特定指令执行前插入该指令集的钩子。

b. uretprobes：与 kretprobes 类似，适用于用户空间程序使用，它将 BPF 程序附加到指令返回值上，允许通过 BPF 代码从寄存器中访问返回值。

4. 用户静态定义跟踪点（USDT）：是用户空间的应用在编码阶段静态写入的跟踪点，是检查应用程序的便捷方法。

图 3 展示了 bpfftrace 工具对应用和内核各模块的探针类型。

3 eBPF 在交易系统中的应用

eBPF 已在 Linux 系统内核中得到了广泛应用，在 Kylin v10 sp3（内核版本 4.19）系统上，

内核探针就有 51572 个，几乎可以观测任何系统调用和内核模块。相比以日志监控为主传统的应用监控系统，eBPF 的可观测技术有如下特点：1）具备更细的力度和更多的维度，监控范围大到基础设施，小到应用的关键函数；2）具有非侵入式的特性，很多场景的监控不需要依赖应用输出日志提供给监控系统；3）天然的热插拔属性，与输出日志相比 eBPF 可观测技术只有观测时才会执行相应的搜集代码；4）对应用系统性能影响更小，eBPF 的观测代码是在内核态执行，避免了用户空间和内核空间之间的上下文切换；总的来说，可观测技术在应用监控的基础上提供了更全面、深入和智能的能力。它通过收集、分析和理解系统的多个维度数据，帮助开发人员和运维团队更好地理解系统的运行状态和行为，及时发现和解决问题，提高系统的可靠性、性能和可维护性。

结合交易系统，本章将以具体的实践案例，如图 4（棕色背景框）展示如何使用 eBPF 在交易系统开发、测试和运维等各环节中使用。

注：理论上可以在交易系统任何函数上进行

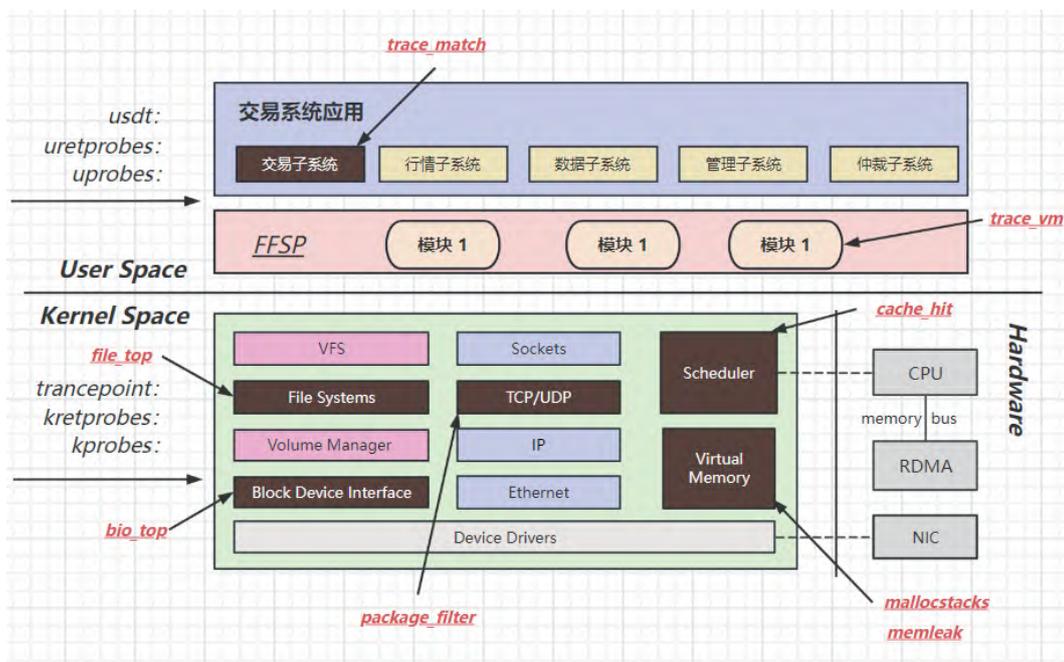


图 4：eBPF 在交易系统中的 probes

观测，本文只介绍一些典型的场景。

3.1 性能瓶颈定位

交易系统在排查性能问题时经常使用 perf 工具，而 perf 工具自 Linux4.4 内核版本开始支持使用 eBPF 作为性能分析工具的一种机制，强大的 perf 工具结合火焰图可以帮助定位性能热点，是性能优化过程中的利器。然而，虽然 perf 的功能足够强大，但作为通用的工具其灵活性和使用范围受到了一定的限制，为了补充 perf 工具的功能 eBPF 提供可定制的性能瓶颈定位手段。用户可以根据自己的需求和被观测系统的特点进行定制开发性能观测工具，同时 eBPF 的很多框架也提供了非常全面的工具集，如 BCC 提供了包括从应用程序、系统调用、文件系统、网络协议在内的大量的观测工具。下面将介绍基于一些 BCC 提供的 eBPF 工具介绍交易系统性能的观测方法。

3.1.1 查看读写文件情况 (file_top)

PID	COMM	READS	WRITES	R_KB	W_KB	T_FILE
1570365	TE	41436	41437	323	323	R io_save_file_20211129_0
1570365	TE	32529	32529	254	254	R io_save_file_20211129_0
1570365	TE	26731	26731	208	208	R io_save_file_20211129_0
1570743	clear	2	0	56	0	R xterm
1570325	top	2	0	15	0	R uptime
1566751	top	2	0	15	0	R uptime
1570480	python	2	0	15	0	R loadavg
1570325	top	2	0	0	0	R stat

图 5 : file_top

3.1.2 查看磁盘 IO 状态 (bio_top)

PID	COMM	D	MAJ	MIN	DISK	I/O	Kbytes	AVGms
1571001	TE	W	8	16	sdb	5	36.0	8.02
1571073	kworker/u129:2	W	8	0	sda	1	24.0	0.67

图 6 : bio_top

3.1.3 查看缓存命中率 (cache_hit)

PID	UID	CMD	HITS	MISSES	DIRTIES	READ_HIT%	WRITE_HIT%
1571001	root	TE	990569	71991	0	93.2%	3.4%
1570325	dce	top	5	0	0	100.0%	0.0%
1571255	root	python	3	0	0	100.0%	0.0%
1571253	root	kylin_kms_daemo	1	0	0	100.0%	0.0%

图 7 : cache_hit

3.2 辅助测试

3.2.1 随机丢包测试 (package_filter)

在非功能测试时，一些场景构建相对复杂，比如测试 TCP/UDP 的丢包场景来模拟网络环境不佳，使用 eBPF 可以比较方便的实现这个场景。实现原理如图 8，XDP BPF 程序可以在网络包进入内核协议栈时将其捕获并对其进行 Drop，实现模拟丢包的场景。

BPF 内核部分代码片段如图 9，其中 if(...) 可根据具体的过滤条件（如 IP，端口等）对网络数据包进行过滤。

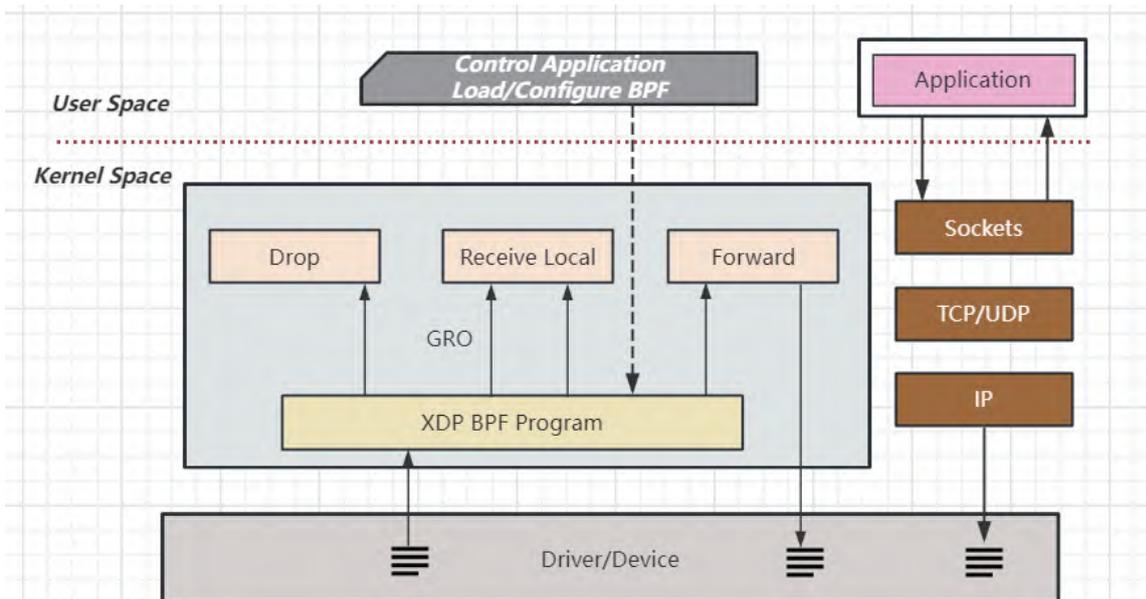


图 8 : XDP Drop Package

```

1  #include <linux/bpf.h>
2  SEC("filter")
3  int drop_all(struct __sk_buff *skb) {
4      ...
5      // 满足某些条件时丢弃该包，比如随机数 % 100 == 0，模拟百分之一概率丢包
6      if (...) {
7          return XDP_DROP;
8      }
9      ...
10     return XDP_PASS;
11 }
12

```

(a)

```

# 编译
clang -O2 -target bpf -c xdp_drop_random.c -o xdp_drop_random.o
# 加载
ip link set dev eth0 xdp obj xdp_drop_random.o

```

(b)

图 9 : BPF 内核片段

3.2.2 更细粒度的延时、吞吐测试

在交易系统的常规性能测试场景中一般包括全系统处理的延时和吞吐测试，比如订单处理延时、订单 / 成交峰值吞吐率等一些大粒度的测试场景，虽然也有像交易 / 行情网关负载这种模块级粒度的测试，整体上覆盖了交易系统的生产场景，但对于相对粒度更小的白盒性能测试，在做

相关测试时往往场景构造和性能数据的采集比较复杂，一些情况下需要自行开发测试工具并在代码中注入采集信息的日志，然而使用 eBPF 中的 uprobe 和 uretprobe 配合就可以获取进出函数的时间点，其差值就是该函数的运行时间。使用 usdt 可以更精确的获取两个采集点间的执行时间。如图 10 所示。

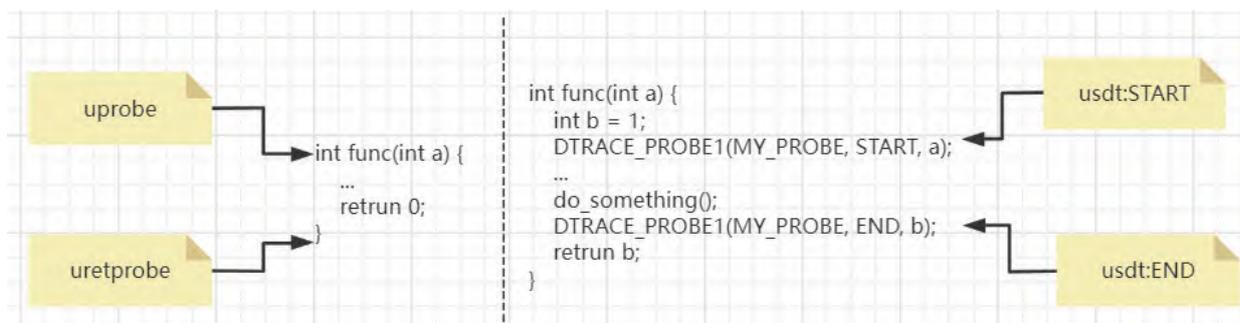


图 10 : 用户空间函数观测

3.2.3 内存泄漏检测 (memleak/malloc-stacks)

对于内存泄漏检查常用的工具有 gdb 和 Valgrind Memcheck 等，虽然这两款工具在一些情况下可以有效的检测出内存泄漏问题，但他们也都有明显的缺点。gdb 是最常用的调试工具，可用于定位内存泄漏的原因，但需要中断程序运行。Valgrind Memcheck 需要将被检测的应用作为其子进程运行，并替代默认的 malloc/free 等分配函数，应用的运行速度会下降 20 倍以上。显然对于在线动态检查内存泄漏的场景是不适合的。对于内存泄漏的检测实际上就是判断申请 (malloc) 的堆内存是否被回收 (free)，实际就是观测内存分配器 (glibc、jemalloc、tcmalloc 等) 的行为。BCC 项目提供了两款非常实用的内存泄漏检测工具 (memleak、mallocstacks) 可以通过 uprobe 实现对应用内存分配和回收的在线观测，从而定位内存泄漏问题，如图 11 所示。

3.3 增强运维监控

3.3.1 日志增强 (trace_vm)

为保障运维期间能够全面展示交易系统的运行状态、处理能力和性能数据，在开发阶段尽可能预设了各种级别的日志，虽然足够详细的日志可以最大限度的展示交易系统状态，也能在排障时快速定位问题，但不得不承认运行日志是把双刃剑，过多的日志数据将会严重影响交易系统的运行性能。如果在运行过程中需要调整日志进行问题排查，则需要重启系统修改配置文件。而 eBPF 作为一种内核注入式的观测技术，具备了热插拔的能力，可以使用 eBPF 的 uprobes 和 usdt 技术来实现日志热插拔——即只有在观测时开启，系统正常运行时性能不会受到影响。下面以一个下线的 vm 层统计报文处理时长的日志为例，使用 bpftrace 的 uprobes 探测点实现类似的功能，代码片段如图 12 所示。

```
[root@JP-DEV-UNCLOUD-BM01-06 tools]# python3 ./memleak.py -p `pidof TE`
Attaching to pid 1658060, Ctrl+C to quit.
[09:56:37] Top 10 stacks with outstanding allocations:
2874960 bytes in 19965 allocations from stack
0x0000ffffda04013bc
0x000000000009b17e8
0x000000000009eb5d4
0x000000000009ee774
0x0000ffffc1b391c
0x000000000008dbb44
0x00000000000a0dff0
```

图 11 : memleak 观测内存泄漏

```
1  #!/usr/bin/bpftrace
2  .....
3  uprobe:"/Your/Path/App":"name_space::class::function"
4  {
5      @start[pid] = nsecs;
6  }
7  uretprobe:"/Your/Path/App":"name_space::class::function"
8  {
9      @times = (nsecs - @start[pid]);
10 }
11 interval:s:1
12 {
13     @avgs = avg(@times);
14     print(@avgs)
15 }
16 END
17 {
18     clear(@start);
19     delete(@start[pid]);
20 }
```

图 12 : uprobe 代码片段

3.3.2 系统信息采集 (trace_match)

图 13 是一个简单的通过 usdt 探针采集撮合核心状态的过程，使用用户定义探针在进入撮合核心算法时埋入 (probe) 探测点，这里使用 bpftrace 工具观测交易指令进入撮合核心的时间、统计一段时间内核心算法处理各类交易指令的类型和个数。

3.4 应用监控扩展

eBPF 观测信息可通过 agent 进行采集，同时可以使用一些开源工具实现观测信息可视化，如 ebpf_exporter 可以结合 Prometheus 和 Grafana 显示 I/O 延迟情况，如图 14 所示。

4 结论

随着信息技术应用创新的逐步落地，搭载更高内核版本的国产操作系统在交易所应用系统中得到广泛使用，使得一些前沿技术与交易系统的结合有了更多的可能性。eBPF 技术的引入对交易系统的开发、测试、运维等环节开拓了新思路。本文简要介绍了 eBPF 的相关技术，以及使用现有和定制开发的 eBPF 工具在交易系统各场景中的应用案例。当然，eBPF 的应用领域并不限于此，eBPF 已在云原生、容器、网络安全、全链路观测等诸多前沿技术领域上展露头角，相信很快就会看到 eBPF 在金融领域核心系统中得到更多的应用。

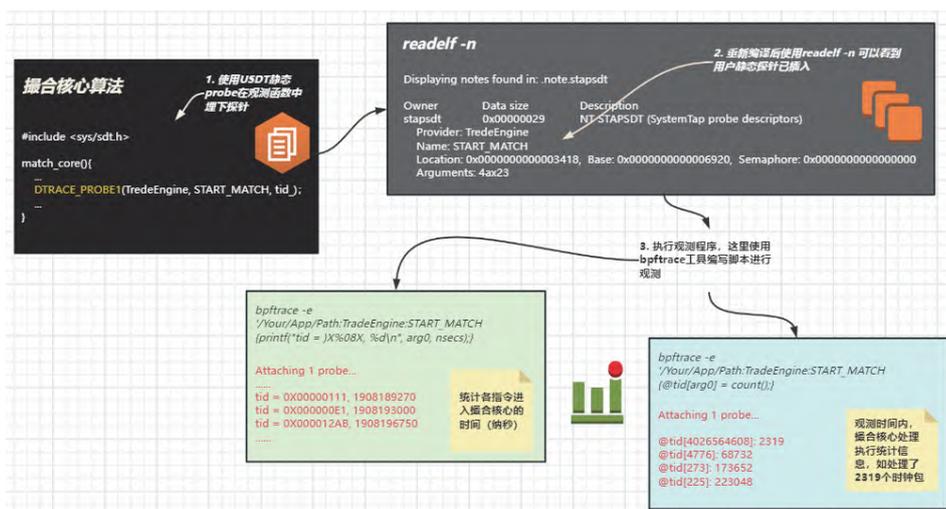


图 13 : 撮合状态观测

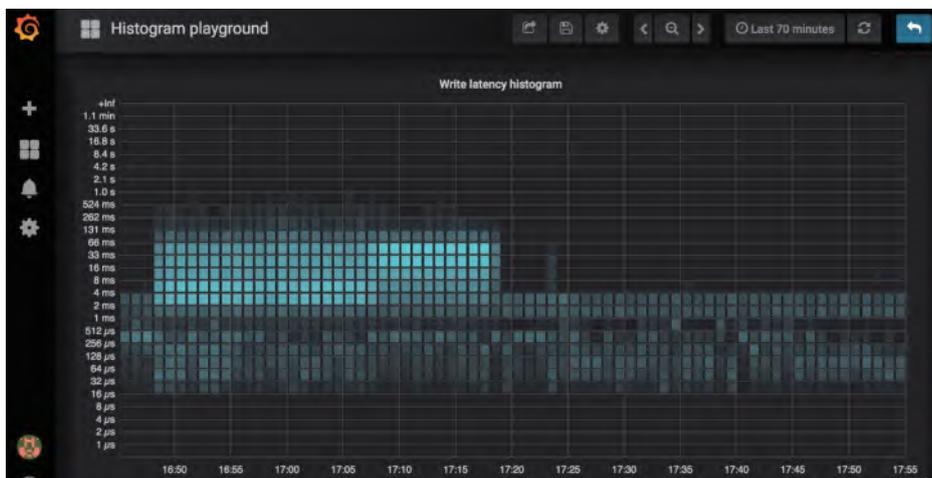
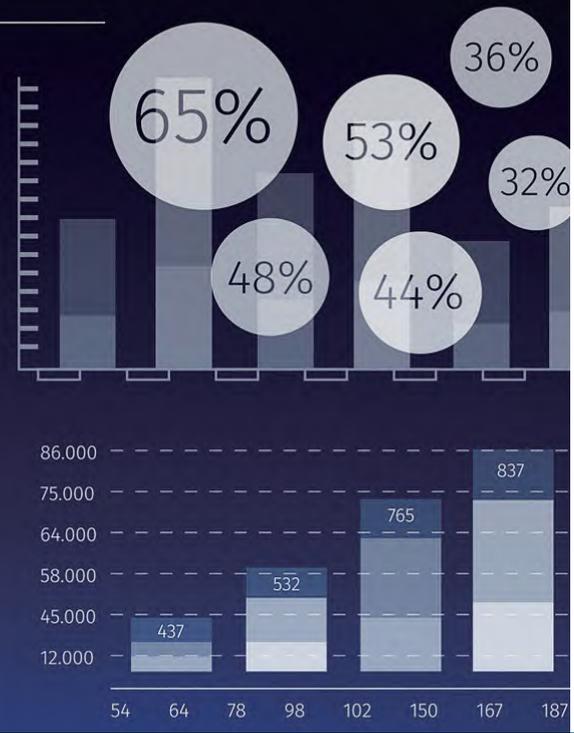


图 14 : ebpf_exporter 演示

参考文献：

- [1] David Calavera,Lorenzo Fontana.Linux 内核观测技术 BPF. 范彬, 狄卫华, 译. 机械工业出版社, 2020:57-70
- [2] eBPF Documentation.<https://ebpf.io/what-is-ebpf/>
- [3] BPF Compiler Collecton(BCC).<https://github.com/iovisor/bcc>
- [4] bpftrace.<https://github.com/iovisor/bpftrace>
- [5] ebpf_exporter.https://github.com/cloudflare/ebpf_exporter



实践探索

7 曲突徙薪：安信证券业务稳定性保障的新探索与实践

8 期货市场标签体系研究与实践

9 安信证券 IPv6 规模部署实践分享



曲突徙薪：安信证券业务稳定性保障的新探索与实践

梁德汉、李晓璐、梁恩浩、黄颖孜、鞠鹏 / 安信证券股份有限公司 深圳 518054
E-mail : liangdh@essence.com.cn



保证数据不丢失、业务不中断是证券公司开展业务的两条底线。随着业务不断发展，用户体量持续增长，业务场景越来越复杂，系统架构为满足业务需求，已从传统的单节点架构逐渐转变为分布式架构和集群架构。技术变革的同时，带来的是系统运行不稳定因素的累积。如何有效降低系统运行的不稳定因素，提升系统业务连续性，保障客户服务水平，成为数字化转型工作中的一项重要任务。

安信证券业务稳定性保障工作贯穿于研发、测试、运维的全生命周期，针对故障预防、故障感知、故障处置、故障改进构建了系列化稳定性保障工具。其中，如何通过有效手段提前发现系统运行风险，在造成业务影响之前消除风险隐患，做到防患于未然，成为了系统保障人员持续思考的问题。

关键词：故障预防；盘前巡检；低代码；智能感知；混沌工程

1 业务稳定性保障的思考

证券业务交易链路长、环节多，整个交易链路包括终端、运营商网络、渠道系统、资金存管、

柜台系统、报盘系统、交易所网关，成交回报等环节，每个环节都需要保持高效、稳定。同时，业务系统具有传统架构与分布式架构、外部采购与自研开发方式并存，实时性、准确性要求高等

特点，为系统的稳定性保障带来了较高的挑战。

传统的运维保障手段往往聚焦于事中监控告警和应急处置能力的建设，但故障的预防和提前识别，才是一种投入小、回报大的系统稳定性保障方法。

安信证券通过盘前巡检，做好开市前的各项准备状态检查；通过业务感知，先于用户发现问题；通过混沌演练，提前识别系统风险并进行改进。综合上述手段的应用，有效降低了故障发生的可能性，为故障处置争取宝贵的时间，做到防患于未然，最大化提升了业务的稳定性。

2 故障预防工具能力建设

2.1 基于低代码技术的运维场景化能力建设

在数智化运维体系的建设中，安信证券已渐进式构建集中监控、统一自动化、CMDB（配置管理数据库）、RPA（机器人流程自动化）、运维大数据等各类运维工具平台，基础运维平台能力不断提升，但仍需要打通各类运维工具平台的信息孤岛和操作限制，实现更复杂的运维业务场景。

开发团队往往聚焦于支持业务需求，缺乏对运维场景建设的支持，同时，传统的开发方式，存在运维场景从收集到交付周期长、敏捷性差的问题，因此，为实现数智化运维，安信证券建设了低代码平台，以可视化方式实现运维场景的快速构建，如下图所示。

2.1.1 推进实现数字化运维，提升运维工作效率

安信证券基于低代码开发平台实现的运维场景层应用，目前已涵盖了券商典型的运维工作场景，包括灾备演练管理、重大版本升级管理、运维值班管理等。

灾备演练管理应用，实现了切换进度和结果的在线同步，将数据分析效率提升 80%，同时将灾备切换过程中各协作沟通类事务线上可视化，支持多人员同时协作记录演练过程中发现的问题，促进灾备切换的高效有序进行。

重大版本升级管理应用，作为高时效性、高协作性表单，实现了对版本升级内容完整的过程管理和关联信息材料的汇总存档与查阅，实现实时执行进度展示及多人协作功能，提高了重大版本升级工作的数字化可观测性。

运维值班应用，将线下巡检线上化、标准化，满足了运维人员高时效性的表单需求，并已实际应用在日常的运维值班巡检中。巡检时可多端操作，同时运维人员可自助调整表单，约 2-3 天即可熟悉应用构建的模式和开发方法。

2.1.2 建设低门槛的运维场景快速交付平台
为满足持续优化从而提高开发效率的需求，安信证券运维场景快速交付平台已新增实现 8 个独立业务组件，39 个可配置操作，月活用户量 500+，开发实现 31 个运维场景层应用，近 400 个表单，170+ 张报表，已运作流程总量近 3000 条；

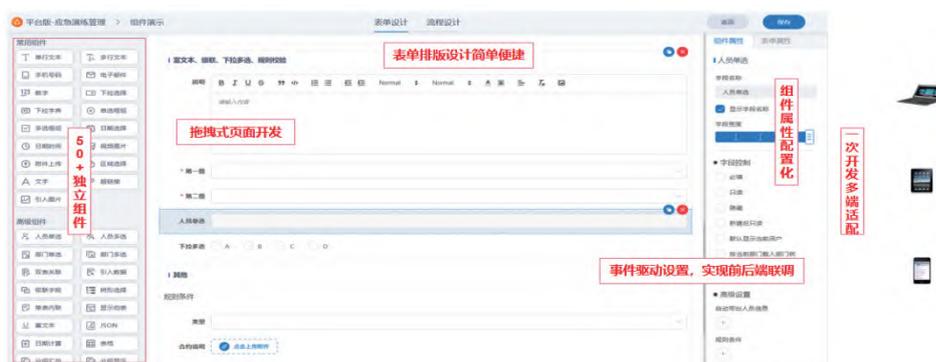


图 1：低代码平台

高协作性方面，单个表单可支持同时编辑人数达 20+ 人，日编辑表单条目数量峰值可达 360+ 条，日编辑次数峰值可达 1800+ 次。

目前，安信证券建设的低代码平台已演变为具备券商业务特点的低代码平台，运维人员能通过可视化方式实现运维场景的快速构建，同时满足高时效性、高协作性的各类运维工作场景的建设需求，为数智化运维的技术底座打下了基础。

2.2 用户端业务智能感知平台

随着业务复杂度、系统复杂度的不断提升，生产服务之间的协同、依赖关系显著增加，单个系统运维人员难以掌握全局情况，生产安全保障难度显著增大。同时，为满足快速变化的业务需求，业务系统版本的快速迭代已成为新的常态，而变更过程中由于程序质量、人工操作、参数配置等多种复杂因素造成的服务异常将直接影响到业务的正常开展，进而对业务监控提出了更高要求。为解决上述问题，我们开展了用户端业务智能感知平台的建设。

安信证券智能感知平台主要使用了 RPA、OCR、NLP 等三种核心技术，通过自动化实现 APP 功能可用性感知的操作，不仅成本较低，而

且实际执行成功率接近 100%。该平台通过截取系统底层内核的窗口句柄、消息和事件的方式来达到控制应用程序的各种操作，使用 OCR 技术对于窗口展示的图形进行识别，再结合页面坐标，可以精确输出鼠标点击、键盘输入和获取应用程序的反馈，进而获得页面要素；通过 NLP 将人类语言翻译成计算机可以理解的指令，实现了计算机能处理、理解以及运用人类语言的功能，最终实现如新股新债列表、国债理财深市列表数据、指定涨跌停价格、银证转账等以往需要客户反馈和人工验证才能发现的业务问题，实现精细化、量化的业务监控。

通过用户端业务智能感知平台的建设，能够针对业务终端，基于真实账户百分百模拟用户实际操作，7*24 小时全链路业务自动化监控，实现：

- (1) 业务可用性实时感知：业务用例百分百覆盖（如买、卖、撤、查，以及各种高权限操作等），实时感知、实时告警，先于用户发现问题；
- (2) 业务数据全方位验证：可及时发现如市场数据不同步、数据异常变动、多终端数据不一致、数据加载异常等问题；
- (3) 业务流程多维度分析：通过 APP 纵向版本对比分析、同业横向业务对比分析、易错环



图 2：业务感知大屏

节分析等，为业务提升和优化提供数据支撑。

系统自 2022 年 5 月上线以来，实现 A 股、B 股、港股、北交所、新三板、科创板、两融等业务功能的感知验证，其中交易模块 28 项，非交易模块约 70 项，基本实现全量功能覆盖。在生产线路方面交易和行情共涉及服务器站点 52（国内 49、海外 3 个）个，用户感知系统共实现验证用例合计超 1100 条，主动发现安全隐患超 100 次，其中，行情、交易类 30 余次，首页发现告警约 50 次，提高了系统全业务以及大量站点下的基本交易行情场景监控强度，有效提升故障排查和解决的效率，较好的保障了用户的体验。

2.3 混沌工程故障演练平台

混沌工程是一门新兴的技术学科，它的初衷是通过实验性的方法，让人们建立复杂分布式系统能够在生产中抵御突发事件能力的信心。

传统的稳定性保障手段，对于需要特定外界扰动才能触发的故障缺乏识别和修复的手段，只能在系统故障发生时对故障进行被动的响应，导致故障应对的进度和成本不可控，混沌工程通过

主动注入的方式，在可控的前提下“通过失败来避免失败”，不但引入已知范围内的缺陷，还可以模拟多样化的现实事件、开展探索性的测试，来更好的了解系统的稳定性边界。

为满足混沌工程实验开展的需要，安信证券构建了具有多类型故障注入能力、演练活动自动化执行能力、实验防护技术能力、演练过程稳态指标自动分析能力、系统稳定性度量能力的混沌工程故障演练平台。具体包括：

（1）原子故障模拟方面：实现了基础资源故障（如：宕机、重启、磁盘满、磁盘损坏、CPU 负载、内存满，IO 负载），网络资源故障（如：网络抖动、延迟、丢包、抖动、DNS 解析故障、重复包），应用服务类故障：（如：进程杀死或暂停、内核崩溃、抛异常、篡改数据、资源占用、HTTP 延迟），请求拦截型故障：（如：异常请求、请求处理延迟、连接池满、熔断限流、流量控制），以及各类数据库和中间件类故障：（如：Tomcat、JVM、Kafka、Nginx、Nacos、MongoDB、MySQL、Oracle 等）。

（2）演练场景编排方面：基于原子故障库，



图 3：混沌工程平台

灵活的编排和组合任意原子故障，调整各原子故障自身参数来创建演练场景，可按照串行、并行执行等方式设定执行逻辑，满足复杂故障模拟的需求。

(3) 演练过程防护方面：支持演练过程中的手工终止、超时终止、阈值终止，确保了执行过程的爆炸半径可控。

(4) 演练活动观测方面：支持与运维监控平台的集成对接，可获取实验过程中的业务稳态指标，同时提供状态验证、观测感知、数据展示等功能，实现混沌工程实验执行过程的自动化分析和可视化展示。

(5) 演练结果分析方面：构建了系统架构韧性分析、监控告警能力分析、应急处置能力分析报表，实现演练报告的自动生成和演练结果的数据化分析。

实际应用中，根据系统架构和业务特性，设计了满足稳定性测试要求的场景库，并应用在架构、开发、测试、运维、业务等多个层面，有效地检验了系统架构的韧性，提前发现系统风险点，保障了系统稳定性。全年开展混沌工程试验 1000 余次，发现技术风险 20 多个，通过实践证明了混沌工程理念在提升系统架构韧性，减少生产事故概率方面是卓有成效的。

3 生产故障预防实践

通过将低代码平台的运维场景化构建能力、

用户端业务智能感知平台的业务实时感知能力，混沌工程故障演练平台的主动故障注入能力进行协同应用，在盘前业务巡检、重大版本升级保障、灾备应急能力提升、系统架构风险排查、监控告警能力验证等方面带来了良好的应用成效。

3.1 开展盘前业务巡检

通过用户端智能感知平台，在 A 股交易日 8:30-9:15、港股通 8:30-9:00 的开盘前，对各交易品种进行委托，检测券商提交委托到交易所的通道是否正常。同时检测每个站点是否可以正常委托、查询及资金持仓数据是否正常加载，进而分析执行记录，找出潜在的安全隐患。

通过低代码平台构建的运维值班管理系统，可多端操作、记录巡检结果，满足了用户的各种个性化需求，通过把频繁修改操作步骤、增加上下文依赖等功能给到运维团队自行配置和维护，有效支撑了盘前巡检的各项检查信息上报、汇总、总结工作。

盘前巡检工作的开展，有效降低了因程序运行状态、外部依赖、系统参数配置等问题造成的系统稳定性问题。

3.2 保障重大版本升级

每次版本升级发布前，通过业务智能感知平台，在交易日进行全量回归测试，通过业务数据对比和验证，全场景检测新版本是否存在安全隐患，在系统上线前增加一道有效的防线。

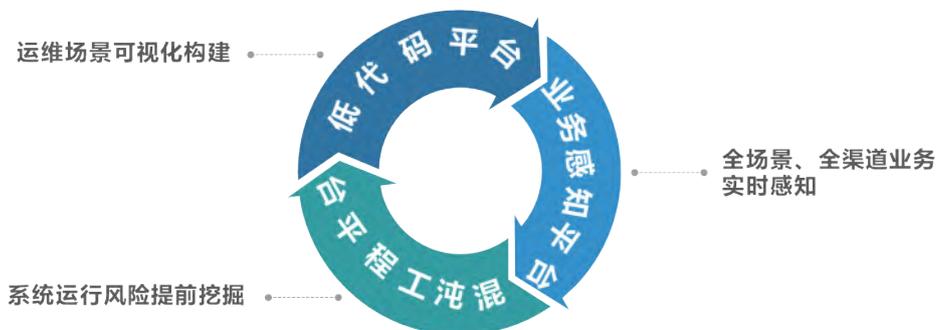


图 4：预防实践能力

在实际应用中，进行新版本与老版本 APP 端进行相关数据的一致性对比。如：通过登录两个版本应用，获取相关账户资产等信息，来检查数据一致性。通过分析比较，两个版本用户账户股票信息完全相同，但其他相关界面有显示数据不一样的情况，有效发现了待发布版本的潜在问题，做到防患于未然，进一步避免缺陷逃逸到生产环境中去。

在业务系统有功能升级、后端柜台系统进行大版本迭代时，通过业务智能感知系统进行升级前后的对比测试，以验证升级后业务服务是否恢复正常。从功能的可用性、业务功能的感知提升与下降、账户数据一致性的角度进行对比验证，并生成对比分析报表，直观展示升级后服务恢复情况。在 2022 年共进行了 12 次数据对比校验测

试，大幅提升了生产环境的回归验证效率，节省了公司的人力验证成本。

3.3 监测网络站点状态

通过用户端业务智能感知系统对 PC 通达信网上交易、安翼网上交易两个应用进行感知覆盖，感知不同站点可用性和不同城市的访问站点线路的网络情况。PC 设备分为两组，线路站点感知设备和 PC 端业务实时感知设备，分别用作 PC 站点线路全覆盖，保证感知监测的站点可用性和全功能测试。

通过用户侧发起站点感知，从不同应用接入相应的生产线路站点，通过真实模式客户的登录、查询等操作来监测交易、行情站点功能的可用性。目前已实现上海、科技园、东莞 3 地的证券交易



图 5：不同版本的对比



图 6：站点感知大屏

站点、信用交易站点的行情站点可用性感知要求，以及 103 个非 IPv6 站点的感知。通过 20 分钟一轮次的站点感知，及时发现站点接入不可用的风险，提升了客户服务能力。

3.4 提升灾备应急能力

目前，行业内大多数的应急演练活动主要还是基于同城异地灾备的级别开展，仅仅是对最极端的情况做了保障，同时存在着准备周期长、场景不够深、实施成本高、自动化率较低等特点，往往形式多于实质。但业内实际生产运维过程中，大多数生产故障都是因系统应用的局部问题失控，而引发为全局性业务连续性中断。

为解决上述问题，我们基于低代码平台、业务智能感知平台、混沌工程故障演练平台，形成

了一套高效的应急演练机制，将应急演练高效化、常态化。

通过低代码平台搭建灾备演练应用，用于连接各团队在灾备演练的前、中、后的所有协同工作。通过平台内配置，可快速完成相关系统的对接，包括演练前的准备协作、切换过程中展示切换进展、自动记录关键节点信息、切换后的问题总结记录，完成数据的记录及展示，便于后续复盘总结。

基于混沌工程故障演练平台的能力，通过原子故障编排出真实的生产故障进行演练。安信证券以多个客户渠道端系统为试点，对证券行业的行情、交易、资讯三大业务开展了系统稳定性演练，评估系统稳定性。在试点系统实践的过程中，发现了两大类可靠性风险，并推动相应团队对风

系统名称	系统负责团队	负责人	开始时间	结束时间	持续时长	上次耗时	对比上次	状态 (备注)	系统负责人	操作人员	操作时间
集中交易系统			2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	-00:02	执行完成	王	王	2022-12-03 1
数据同步系统			2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	+00:05	执行完成	王	王	2022-12-03 1
融资融券系统	应用运维	王	2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	-00:15	执行完成	王	王	2022-12-03 1
客户资产系统			2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	+00:22	执行完成	王	王	2022-12-03 1
系统一接入			2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00		执行完成	王	王	2022-12-03 1
运营中心系统	应用运维	杨	2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	+00:30	执行完成	杨	杨	2022-12-03 1
数据集市			2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	-00:05	执行完成	杨	杨	2022-12-03 1
手机证券	应用运维	梁	2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	-00:42	执行完成	梁	梁	2022-12-03 1
系统感知	系统负责团队	负责人	开始时间	结束时间	持续时长	上次耗时	对比上次	状态 (人工)	系统负责人	操作人员	操作时间
第一认定	应用运维	杨	2022-12-03 1	2022-12-03 1	0:00	0:00	-00:10	执行完成	杨	杨	2022-12-03 1

图 7：演练数据自动记录

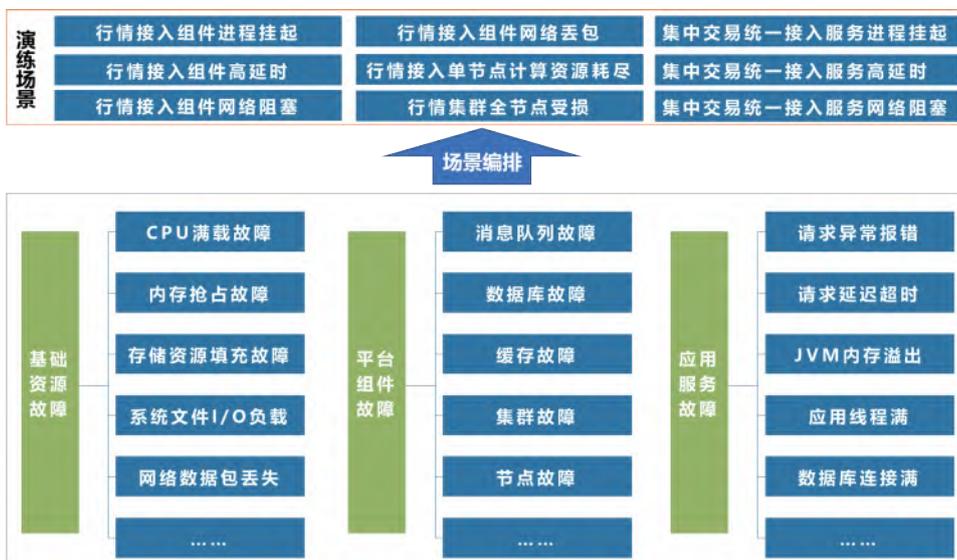


图 8：原子故障

险完善了应急预案和系统应用韧性增强。同时，对公司的应急演练活动进行全方位的能力提升，为保障公司核心系统业务连续运行助力。

演练过程中，通过业务感知大屏、站点感知大屏，全面展示线路、业务运行情况，实现演练中的业务监控、演练恢复后的业务验证，极大提升了应急演练业务验证的效率，解决了传统应急演练时靠人工验证业务可用性效率低的问题。

3.5 排查集群负载均衡故障

负载均衡是指将系统的工作负载均匀地分配到集群中的各个节点上，以实现系统的高可用性、高性能和高扩展性。对于大型分布式系统来说，负载均衡对于系统的稳定性和可靠性至关重要。

在集群负载均衡的故障场景演练中，我们发现个别故障场景使集群的均衡策略失效，导致 50% 的访问是失效的，如图 9 所示。

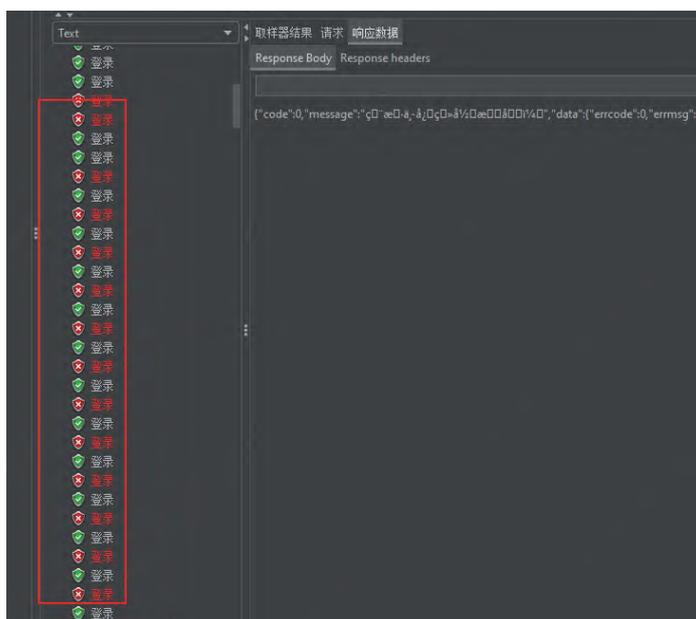


图 9：50% 访问失效

当一个节点的应用挂起时，如果负载均衡策略没有能够及时发现异常节点并动态调整流量，就会导致用户请求无法成功地导向到可用节点，从而影响系统的稳定性和可靠性。因此，优化负载均衡策略对于保障系统的高可用性和高性能至关重要。

通过负载均衡的演练，我们明确需要优化集群的负载均衡策略。首先，需要对负载均衡算法进行优化，比如选择适合当前场景的算法，并实时监控节点的状态和负载情况，以便及时进行流量调整和节点故障处理。其次，需要建立一套完善的监控体系，对系统的各个节点进行监控和告警，及时发现和解决潜在的问题，保障系统的可靠性和稳定性。

优化负载均衡策略对于系统的稳定性和可靠性至关重要。通过关注生产环境配置、优化算法、实时监控节点状态和建立监控体系等措施，可以提高负载均衡策略的效率和可靠性，保障系统的高可用性和高性能。

3.6 提升监控告警有效性

系统监控是指对计算机系统、应用程序和网络等各个层面进行实时监控、数据收集和分析，以评估它们的性能、可用性、安全性和稳定性等方面的表现，并及时发现和解决潜在的问题和风险。

开发商提供软件系统的同时，也会提供监控工具，我们自己也建设了监控工具来保证软件系统的稳定性和可靠性。然而，在实际应用过程中，监控工具的全面性、有效性、及时性和准确性往往没有进行验证和调整。

在进行故障演练时，我们发现一些系统监控

不到位的地方，例如监控指标设置不合理、监控频率不够、监控报警设置不当等。这些问题可能导致监控信息不准确或者延迟，从而不能及时发现问题，给系统稳定性和可靠性带来潜在风险。当演练注入 CPU 占用 100% 的故障时，在 5 分钟内，发现开发商提供的监控小工具没有报警信息，自建的基础设施的监控没有报警信息，另一套监控工具及时告警但没有推送到统一监控平台，如图 10 所示。

根据实验结果，从如下原因进行排查：

监控指标设置不合理：监控工具可能没有设置合适的指标来监测 CPU 使用率，导致无法及时发现 CPU 负载过高的问题。

监控频率不够：监控工具可能设置的监控频率不够高，导致无法及时捕捉到 CPU 负载过高的瞬间。

报警设置不当：监控工具可能没有设置合适的报警阈值，或者设置了错误的报警方式，导致无法及时发出警报。

监控工具本身的问题：监控工具可能存在程序错误、配置错误等问题，导致无法正常工作。

在开发和运维软件系统时，我们需要重视监控工具的设计和实施，通过故障演练对监控的全面性、有效性、及时性和准确性进行验证。通过不断完善监控工具，可以提高系统的稳定性和可靠性，减少系统故障和损失的发生，保障系统的正常运行。

4 展望

通过低代码平台、用户端业务智能感知系统、混沌工程故障演练平台的应用，实现盘前

181	10.7.161.23	7779	电信	HQ	20000	14:32:13	正常	正常	0.003	117	0	1	33	226	112	0	0	1190
182	10.7.161.23	7779	电信	HQ	20000	14:32:13	异常	异常	0.003	—	0	1	33	4.36K	33.68K	0	0	143
183	10.7.161.24	7779	电信	HQ	20000	14:32:17	正常	正常	0.003	45	0	1	22	2.17K	32.74K	0	0	600
184	10.7.161.25	7779	电信	HQ	20000	14:32:17	正常	正常	0.003	189	0	1	85	7.20K	145.09K	0	0	582
185	10.7.161.118	7779	电信	HQ	20000	14:32:19	正常	正常	0.003	81	0	1	36	1.96K	34.38K	0	0	548
186	10.7.161.119	7779	电信	HQ	20000	14:32:19	正常	正常	0.003	54	0	1	30	5.59K	46.12K	0	0	497
187	10.7.161.120	7779	电信	HQ	20000	14:32:19	正常	正常	0.002	97	0	1	44	3.75K	49.29K	0	0	573
188	10.7.161.121	7779	电信	HQ	20000	14:32:12	正常	正常	0.003	53	0	2	20	2.43K	31.40K	0	0	564
189	10.7.161.122	7779	电信	HQ	20000	14:32:12	正常	正常	0.003	102	0	1	40	2.73K	47.22K	0	0	541
190	10.7.161.123	7779	电信	HQ	20000	14:32:12	正常	正常	0.003	100	0	1	61	7.05K	189.04K	0	0	597
191	10.0.161.28	7779	电信	HQ	20000	14:32:17	正常	正常	0.001	117	0	1	43	11.63K	89.60K	0	0	167

图 10：监控工具无报警

巡检、保障重大版本升级，先于用户发现问题，并实现应急演练应用的快速搭建、系统故障的高效模拟，极大的提升了系统稳定性风险的提前发现率。

下一步，我们将进一步扩大系统的应用范围，拓展业务智能感知平台在多终端、多业务的应用，扩大安信证券 PC 端应用功能的感知覆盖，补充重点功能界面及其子菜单的重点覆盖，对目

前安信证券 PC 生产环境测试的缺失进行有效补充，实现 PC 线路站点可用性的全覆盖；从混沌工程的平台能力、组织保障、实施流程、演练形式、演练文化等方面，提升混沌工程实验场景的覆盖度和应用深度，开展信创等稳定性保障能力建设，进一步实现故障演练的常态化，多措并举提升系统稳定性风险的事前预防能力，进而提升业务服务水平，支撑好公司业务发展。

参考文献：

- [1] Rosenthal C, Jones N 混沌工程：复杂系统韧性实现之道 [M]. 吾真本，黄帅，译北京：机械工业出版社，2021.
- [2] 王宪刚，孙晓璇. 分布式核心系统混沌测试探索与实践 [J]. 金融电子化, 2022,(02):75-76.
- [3] 吴冕冠混沌工程的应用研究与探索 J. 中国金融电脑, 2020(09):80-83

期货市场标签体系研究与实践

张如意¹、宋娜¹、张航²、赵子涵¹、宫朝辉²/

¹ 郑州商品交易所 信息科技一部 郑州 450018

² 郑州易盛信息技术有限公司 风控系统部 郑州 450018

E-mail : ryzhang@czce.com.cn



标签是面向业务的数据资产组织方式，通过对物理层数据信息项的特征化业务封装，帮助业务人员对业务流程中产生的信息，进行整理、筛选、洞察分析，提高精细化运营等场景中数据使用质效，从而确保数据资产对于业务可阅读、易理解、好使用。本文主要介绍了期货市场标签体系建设相关的研究与实践，以客户标签体系的构建为例，对业务数据化、数据资产化、资产标签化进行的一些探索。

关键词：数据资产；标签体系；客户画像；可见可用

1 背景概述

随着数据的重要性日益显著，数据资产管理成为激发组织数据要素活力、加速数据价值释放的关键。《证券期货业科技发展“十四五”规划》明确“推进行业数字化转型发展”与“数据让监管更加智慧”两大主题，将提升行业数据多维度治理能力列为重点建设内容。数据治理是数字化转型依托的基础、精细化管理不可或缺的部分。人民银行《金融科技发展规划（2022-2025）》指出，强化数据能力建设，运用数据标签等手段，提升数据分类施策水平。标签体系建设是数据治理的重点工作，是数据中台理念落地的核心组成部分，是实现数据资产

可复用、柔性组合使用、为数据资产对于业务可阅读、易理解、好使用提供强力支撑。开展标签体系建设研究工作，构建市场中主体对象的数据标签，着力推进数据资产化建设，洞悉海量数据的内在联系，与外部数据联合进行关联分析，稳步推进市场监管与服务、产品创新、风险管理、投资者教育与保护等领域由业务经验决策性向数据决策型转变，提升业务运营管理的前瞻性和精准性。

2 标签体系建设思路

根据标签性质和所表达的内容，我们将标签分为三类：事实类标签，这类标签表示了基

本的事实，没有进行再次加工改变固有属性，比如用户籍贯，性别，职业，以及用户行为相关的标签等；统计类标签，是基于已有的数据，经过统计分析之后得到一些结论，并将这些结论形成标签，便于直接使用；模型预测类标签，在获取到的数据中，有时无法仅仅通过已有的事实数据或者统计得到我们想要的结果，这时就需要基于已有的数据源进行建模，预测出未知的结果。标签支持多种创建方式，以满足不同场景的创建需求，以创建方式进行归类主要包含以下几种类型（表1）。

（一）标签及其体系构建

（1）识别标签主体

将所有信息均通过数字映射归属为各个主体，期货市场数据资源梳理中，首先抽象出期货交易、品种功能发挥、行业监管等业务场景中所涉及到的“人”，“物”，“关系”三类核心对象，如图1所示。



图1：标签类目设计

（2）ID-Mapping 打通同一对象数据

由于同一主体在多个系统中按照不同的ID组织的信息进行记录，因此将同一主体的多个ID打通才能有效的将其属性数据进行聚合，从而进行信息抽取及标签生成。例如，某客户（投资者）在交易系统中通过客户编号进行唯一性

表1：标签创建方式分类

分类		创建方式
基础类标签	基本信息	直接来源于各个业务系统获取到的数据，例如统一社会信用代码、交易编码、委托、成交、持仓等
加工类标签	逻辑加工型	在基础类数据上经过一系列的有规则的关联、计算、汇总等方式产生的数据，例如日均持仓量、日均成交量、日均委托量等等
	衍生配置型	在基础类和逻辑加工类的数据基础之上，通过一系列规则配置而得到的标签数据，这类数据大多跟业务紧急相关，并且有业务人员随时随地深入参与，例如分客户类型的成交、持仓统计情况
挖掘类标签	数据挖掘型	主要通过运用数据挖掘算法，进行分类、聚类、关联，例如决策树、朴素贝叶斯分类、神经网络、KNN、Kmeans、EM 聚类、关联规则挖掘等基于客户行为进行细分，辅助决策等分析类工作，并形成结果标签，例如程序化交易客户行为识别等等
	文本挖掘型	非结构型的文本探索，主要利用类似企查查、天眼查等外部数据源中司法信息、股东穿透等文本型信息，套期保值申请合同中的文本信息等，进行探索和归纳，等等来生产相关的定性标签，例如高风险客户等等

标识，在客户工商信息管理中通过统一社会信用代码来唯一标识，在舆情分析中通过公司名称或者公司的中英文简称来进行标识。只有将这些信息有效串联起来，才能将客户的属性进行全方位的描述，从而为客户标签的提取提供基础数据信息。

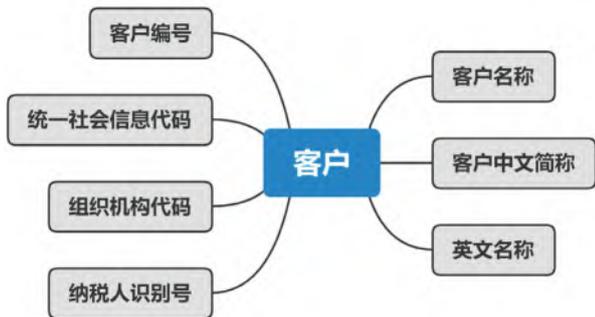


图 2：客户对象的不同 ID 与标识

ID-Mapping 通过统一的主体去识别和连接信息，打破数据孤岛，最终实现数据融通。通过 ID 对应主体的关键词匹配、语义相似或图关系计算等方式，构建 ID 关系网络，最终确定一个核心 ID 作为某主体的唯一识别码，将其他 ID 信息通过 ID 关系网络与之关联匹配。通过将系统间、内部数据与外部数据之间的 ID 进行关联，利用 One-ID 的创建规则，将 One-ID 与其他 ID 进行信息打通。在上述客户的例子中，需要将客户编号、统一社会信用代码、客户名称统一关联到 One-ID，从而将客户属性关联合并。在数据库中，则会形成统一的主键或外键指向主体，而属性则对应着主体作为主键组织的宽表对应字段的具体取值。

(3) 业务数据化

在主体确定的基础上，将业务信息通过“主体 - 属性 - 属性值”的方法进行数据化映射，从而将业务问题转化为数据问题，将业务的文字描述转化为对象及其对应属性的描述，最终形成主体集合，每个主体下的属性集合，以及每个属性下的属性值集合。

(4) 构建标签类目体系

业务数据化后形成大量的主体、属性、属性值，基于这些数据信息将其统一进行体系化梳理，形成以业务流程、人、物为主体的数据类目，对象目录确定后，进行对象下的数据类目的展开。以梳理“关系”对象的数据类目为例，流程类的数据类目可以按照业务归属、业务存储库、业务表等对数据进行分类。例如，交易业务可细分为场内交易及场外交易，场内业务具体由交易主体、交易标的以及交易记录三部分组成，交易记录数据集中则存储了业务所关注的交易明细统计，包括明细交易、日统计交易、月统计交易、历史统计交易、交易排名等。则其对应的数据类目梳理，可以在交易（流程）对象下设置两个一级类目，分别为“场内交易”及“场外交易”。场内交易一级类目下可分为“交易主体”“交易标的”“交易记录”三个二级目录。“交易记录”二级类目下可以分为“明细交易”“日统计交易”“月统计交易”“历史统计交易”“交易排名”等三类目录，如下图所示。



图 3：交易流程标签类目示例

基于原始的数据类目梳理结果，根据业务场景需要，设计标签及标签类目体系。数据类目体系中的数据中包含大量原始数据，尚未加工，是所有待清洗、可加工的数据范畴，是面向数据采集端。而标签则是在以上数据的基础上清洗加工而来，是从原始数据加工而来，能够为业务应用产生价值的的数据资源，面向数据应用端。标签将基于数据类目基础及业务需求

两方面共同确定，一是对数据类目中具有属性的类目进行梳理及合并，二是依据业务需求利用数据类目中的原始数据进行标签的加工。

标签类目体系最终将成为一种树状结构，从根目录上依次长出多级目录，最终挂在叶子类目上的具体叶子即为标签，根目录通常对应着标签主体或标签对象，标签具体表征了该主体的某个具体的业务属性。标签类目体系的树状层级结构可以方便用户快速查找，管理目标对象，以业务视角进行组织。



图 4：标签类目树示例

(5) 标签管理和运营

标签体系是系统化的有机体，对其管理不应是静态的，而应是以业务价值驱动的全生命周期的运营。标签的运营需闭环运营，形成良性循环。循环体现在设计、使用、管理 3 个环节：设计环节，开发人员设计阶段不仅考虑当前业务场景，还要有前瞻性，以构建尽可能完备、有扩展性、支撑可能业务场景的标签类目；使用环节，业务人员从开发标签中选择、申请、调用合适标签，并根据实际需求提出新的标签；管理环节，包括标签的基本信息登记和使用情况的评估，要正向使用流的同时跟进标签系统的使用逆向反馈流，对标签体系做持续的优化。因此，标签的运营贯穿标签全生命周期，以业务价值为导向，正向循环与逆向循环持续驱动，构建扩展性强、架构合理的期货交易所标签体系。标签全生命周期具体过程包括：标签设计、标签开发、标签上架、标签使用、标签治理、标签管理。其中，标签的运营需要专有的标签运营团队统一负责，主要职责包括：建立健全标签管理的体制机制、标签开发的需求管理、标签命名规范、标签使用权限的管控、监控和收集标签监控后台定期的质量报告、使用报告、业务反馈问题等针对问题给出治理决策；秉持



图 5：标签加工与应用示例

价值导向，通过绩效考核等方式，激发业务深度参与，保障标签全生命周期的活力生机。

（二）标签体系主题域示例

（1）品种合约运行情况分析

基于市场数据、品种数据、交易数据、外部宏观数据等多维度信息，提炼品种运行标签，从交易、交割、仓单、资金等维度对品种合约运行情况进行综合分析，辅助业务人员提前洞察市场变化，提高业务效率。典型的维度标签包括价格、交易、持仓、仓单、交割、套保等，原子标签包括期现价差偏离指数、价格冲击指数、市场冲击成本、成交量、日均成交量、日盘成交量、参与交易人数、当前持仓量、单日持仓量比、当前仓单量、仓单品牌、累计交割量、交割率等。

（2）市场培育情况分析

从活动主题、活动次数、活动方式、参与人员数量、参与反馈等维度建立投教活动评估指标，实现对市场培育活动成效的量化评估。典型的维度标签交易、持仓、仓单、投教活动，原子标签包括成交量、日均成交量、最大成交量、参与交易人数、参与交易法人数、当前持仓量、日均持仓量、境外客户、做市商、当前仓单量、注册仓单量、投教活动数等。

（3）会员单位分析

通过对会员单位基本情况、财务情况、客户情况、交易交割情况进行标签化分析，辅助交易所了解各会员单位运营水平、发展态势以及潜在风险，提升会员管理能力。典型的维度标签公司信息、客户信息、交易、资金，原子标签包括总部员工数、投资咨询从业证书员工数、累计诚信记录信息数、收入、利润、资产总额、净资产、诉讼数量、客户数量、期权客户数、客户成交量占比、日保证金追加客户数、订单量、持仓量、交易保证金、应收交易手续费、期货交割手续费等。

（4）交割仓库分析

以标签的形式对交割仓库公司信息、仓库信息、仓单信息、仓库风险信息进行全方位刻画，整体把握仓库运营状况、库容水平、潜在风险等，辅助业务部门优化交割仓管理与风险处置流程。典型的维度标签仓库信息、仓单、交割、费用，原子标签包括仓库总库容、仓库交割库容、剩余库容、库容状态、生产品种、生产能力、仓房状态、垛位库容、仓储企业、当前仓单量、对应现货数量、注册仓单量、当前品种升贴水、交割量、配对买方客户数、配对卖方客户数、交割违约次数等。

（5）交易所分析

从全局视角出发，结合宏观经济与国内外



图6：标签体系应用场景示例图

市场信息，分析交易所整体运行情况，并对标国内其他交易所，把握市场整体动向。经初步筛选，本场景共涉及期货行业标签库中交易所主体下业务发展维度的标签，典型的包括期货品种数量、客户数量、期权客户数、年成交量、年成交金额、农业品交割仓库总库容、工业品交割仓库总库容、违规交易案件数、成交量排名、持仓量排名、成交额排名等。

（6）客群行为分析

通过综合分析客户类型、财务状况、交易行为、交易偏好等，利用大数据挖掘技术，提取客群行为标签，精准刻画客户多维度特征，实现精细化客群管理。典型的维度标签包括资金盈亏、保证金、交易、持仓，原子标签包括累计盈亏金额、盈利能力指数、主要盈利来源、当前保证金、当前保证金使用率、交易量、交易品种等。

3 客户标签体系建设示例

首先通过业务调研，了解相关部门关注的客户信息内容，分类归纳后，形成客户标签管理体系的架构；其次根据标签体系建设需要，梳理数据源，综合分析现有系统数据内容，对于所内系统缺乏的数据，寻找合适的外部数据源，明确内外部数据与客户标签间的关联关系；最后研究具体标签更新、系统展示及权限分配等问题，并完成搭建、开发和实现客户标签的建设。

根据业务调研，客户标签体系分为三个主题属性，分别为主体属性标签、交易行为标签和关联关系标签。主体属性标签主要由客户基本信息组成，标签稳定性较强，标签需求覆盖面广。主体属性标签包含基础属性、一般法人客户属性、特殊法人客户属性、自然人客户属性等主题。基础属性包括客户类型、客户归属地、客户状态等基本维度，一般法人客户属性

中区分企业性质、企业规模、品种关联性、产业链位置等子维度，特殊法人客户区分不同主体维度。自然人客户则根据持仓占用保证金规模区分大、中、小户维度。行为属性标签主要基于市场开发、市场结构分析、客户行为分析、产业客户评估、申报收费效果分析、风险分析与判断等特定业务场景，从客户行为角度定制的业务专属标签，该标签的自主性较强、稳定性稍差。行为标签分为交易行为标签、交割行为标签、监管行为标签和活动参与标签。关联关系标签致力于挖掘各类客户间的关联关系。根据单位客户与个人客户间的关联关系，为与单位客户有关联的个人客户标注企业相关个人客户信息；根据资本系、企业集团系等参与期货市场的路径和方式，将同一资本系或集团系的客户进行关联关系的标签标注，便于对了解资本团体参与参与期货市场的情况；同时，处于监管业务需要，将拥有多重身份的客户，尤其是 QFII/RQFII 等允许以境外交易者和 QFII/RQFII 双重身份开户的客户进行识别和标注。

根据标签加工分层架构如下图 7 所示，一是明确标签数据源，整合分散的数据源，尤其是外部接入的数据，对原始数据进行清洗，为标签准备完整数据基础。二是根据模型的对数据进行分类加工，依次对数据层、算法层、业务层进行打标操作。其中，数据层指的是用户消费行为里的标签，可以打上“事实标签”，作为数据客观的记录。算法层指的是透过这些行为算出的用户建模，可以打上“模型标签”，作为用户画像的分类标识。业务层指的是辅助业务决策的手段，可以打上“预测标签”，作为业务关联的结果。所以这个标签化的流程，就是通过数据层的“事实标签”，在算法层进行计算，打上“模型标签”的分类结果，最后指导业务层，得出“预测标签”。为了确保标签查询效率，并支撑标签的动态修改，我们选择将标签结果存储在列式存储中，并设计以 ID 为主键的

宽表,加速标签查询速度。作为重要的数据资产,需要对标签进行精细化管理,开发标签管理平

台对标签进行标签元数据管理、标签审批、标签上下线、标签应用效果评估、衍生标签配置、

表 2 : 客户标签示例

标签维度	标签主题	标签名称
主体属性标签	基础属性	客户类型 客户归属地 客户状态
	一般法人客户属性	企业性质 企业规模 品种关联性 产业链位置
	特殊法人客户属性	境外客户 多重身份 双重身份
	自然人客户属性	大户 中户 小户
行为属性标签	交易	交易量 日均交易量 最大单日交易量 最大单日交易量日期 最大单月交易量 最大单月交易量月份 开仓量 平仓量 交易品种 交易品种数量 交易合约 交易合约数量
	交割	农业品交割仓库总库容 工业品交割仓库总库容 工业品交割品牌总量 工业品保税库交割库总库容 交割仓库现场监察数 交割纠纷数
	监管	异常交易及违规交易线索数 违规交易案件数 实际控制关系账户组数 实际控制关系账户客户数 交割仓库处罚数 会员现场检查数
	活动参与	投教活动数 投教活动参与人数 投教活动费用金额 投教活动参与期货公司

关联关系标签	企业相关个人客户信息	企业名称 个人客户名称 累计盈亏金额 盈利能力指数 客户名称
	集团化客户信息	客户类型 统一社会信用代码 组织结构代码 纳税人识别号 客户名称



图 7：标签加工分层架构

客群提取、客群洞察等标签全生命周期管理功能。

4 总结

标签的设计过程就是把各种对象充分解析、拆分，形成精细化、颗粒化的资产实体，形成了可反复使用的标签资产，这些资产可以继续组合、扩展延伸，形成适应场景变化、有生命力的标签体系。标签本身也是一种数据关系的

映射，是数据资产的良好组织形式，是一种概念、逻辑定义的数据载体，使用标签时，将场景中涉及的对象标签拼装在一起，将数据资产变得可阅读、易理解、好使用、有价值，最终通过数据服务将标签场景化地组配成各类数据应用，达到“因地制宜”、自助便捷的数据使用体验，提升业务人员查数据、统数据的质效，通过标签的全生命周期管理，形成有序的正向循环不断挖掘提升数据资产的价值，使之变成组织的核心增值资产。

安信证券IPv6规模部署 实践分享

梁德汉、何洲星、李家攀、甘春根 / 安信证券股份有限公司 信息技术委员会 深圳 518054
E-mail : liangdh@essence.com.cn



本文叙述安信证券股份有限公司(下文称“安信证券”)IPv6 规模部署的探索和实践,介绍了 IPv6 相关的政策解读、概念、意义以及安信证券在 IPv6 网络和安全系统的部署架构、演进路线等,此外还分享了 WEB 应用改造的一些部署经验。

关键词 : IPv6 ; 政策 ; 部署 ; 安全 ; 演进

1 前言

为贯彻落实党中央、国务院关于建设网络强国的战略部署,加快推进基于互联网协议第六版(IPv6)的下一代互联网规模部署(以下简称 IPv6 规模部署),促进互联网演进升级和健康创新发展,根据《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》《国家信息化发展战略纲要》《“十三五”国家信息化规划》,2017 年 11 月 26 日,中共中央办公厅、国务院办公厅共同印发了《推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署行动计划》(以下简称《行动计划》)。中国人民银行、银保监会、证监会于 2019 年 1 月 10 日发布《关于金融行业贯彻落实〈推进互联网协议第六版(IPv6)

规模部署行动计划〉的实施意见》(以下简称《实施意见》)。

证监会、人民银行等相关部门扎实推进任务落实,不断完善顶层设计,安信证券全力配合推进 IPv6 规模部署和应用,取得积极成效。截至 2021 年底,安信证券已完成两地三中心互联网 IPv6 网络和安全基础设施建设,50 余套面向互联网公众用户提供服务的系统完成 IPv6/IPv4 双栈改造和上线。

2 政策解读

2.1 基本原则

一是以保障系统安全稳定为前提。证券公司

业务实时性要求高、交易资金量大、涉及的关联方（如各交易所、登记公司、银行、投资者等）多，且行业监管越来越严格。因此，在任何新技术引入或规划建设过程中，如何避免或减少对现有业务系统的影响，保障现有业务系统的安全稳定运行，是信息技术工作的重中之重。

二是应用系统改造与网络基础设施升级相结合。IPv6 规模部署是一项全栈工作，仅应用系统改造或仅网络基础设施支持 IPv6 都无法完成端到端的 IPv6 连接访问，只有二者同步进行并不断适配和优化，才能达到 IPv6 的全栈连接访问。因此，应用开发、运维团队与网络设施管理团队应该共同制定具有可操作性的改造实施计划，同时应避免集中式升级改造，以免引发安全生产风险。

三是递进式推进与增量式推进相结合。自 1992 年 IPv6 技术首次被提出以来，至今已有 30 年，但由于 IPv6 的设计者过于理想主义，没有注意到 IPv4 与 IPv6 将长期共存这个现实问题，放弃了与 IPv4 的兼容，换言之，它们之间无法进行平滑的“升级换代”，这也是其这么多年来一直难以大规模普及的重要原因之一。我国是 IPv6 研究工作启动较早的国家之一，我国政府对 IPv6 在我国的发展也高度重视，但前期主要运行在教育科研网，在其他行业尤其是证券行业并无商用案例。在证券公司 IPv6 升级改造过程中，

涉及到应用、网络、安全、终端等多个环节，因此，应先对现有的应用系统进行梳理，在存量系统中优先选择风险可控、代表性强的系统先行进行 IPv6 升级改造。在总结试点经验的基础上，探索符合企业本身的改造升级计划和方案，安全快速的推进存量系统的升级改造。对于新增的基础设施和应用系统，要求在上线时必须支持 IPv6/IPv4 双栈连接访问，并优先使用 IPv6 连接访问。

2.2 保障措施

一是加强组织领导。要针对 IPv6 规模部署成立以主要领导担任组长的专项工作领导小组。强化协同推进机制，强化统筹协调，明确责任分工，加强部门间和行业间的合作，扎实推进《行动计划》落地实施，研究推进 IPv6 规模部署工作的重点任务。

二是夯实主体责任。要积极主动推动 IPv6 相关工作的有序开展，在信息 / 科技部门考核中纳入 IPv6 相关工作的完成情况，确保升级改造任务按时完成。

三是落实资金保障。要设立 IPv6 专项预算，纳入年度财务预决算，并合理使用，不得被其他项目挪用，切实保障 IPv6 规模部署各阶段的资金需求。

四是加强人才队伍建设。由于 IPv6 大规模商用案例的不多，且 IPv6 改造不单单是网络

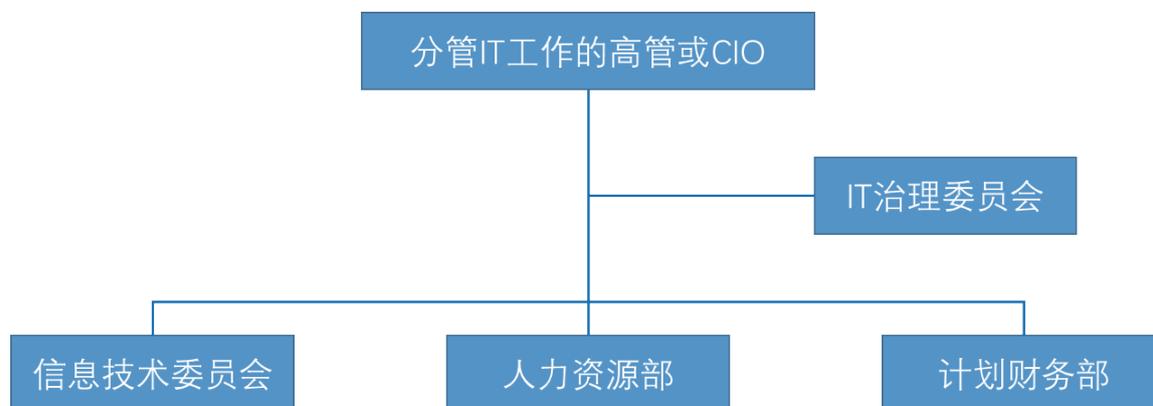


图 1：IPv6 专项工作领导小组组织结构及分工示例

层的事，更多的是应用的 IPv6 改造，证券公司 IPv6 相关人员普遍储备不足。要加快 IPv6 改造专业人员的引进或培养，有计划的培养出一批业务强，技术精的 IPv6 专业人员，快速提升 IPv6 环境下系统建设运维和安全保障能力。

五是强化督察考核。成立 IPv6 规模部署推进督察工作组，定期组织开展专项督察工作，跟踪 IPv6 规模部署工作进度，以确保 IPv6 规模部署工作稳步推进。

由分管 IT 工作的高管或 CIO 担任组长；IT 治理委员会负责 IPv6 行动计划战略的驱动和决议；人力资源部负责 IPv6 专业人才的引进与培养；计划财务部负责 IPv6 行动计划的资金保障；信息技术委员会负责 IPv6 行动计划总体技术牵头和技术整体规划实施，以及相关基础设施和应用系统改造配合工作。

2.3 部署目标

2019 年底前，完成门户网站支持 IPv6 连接访问，同时，基于 IPv6 的安全特点构筑既能防范 IPv6 安全风险又不低于现有 IPv4 网络同等防护能力的安全防护体系。2020 年底前，所有面向公众用户提供服务的互联网系统（如网上交易、手机证券、在线开户、在线营业厅等系统）支持 IPv6 连接访问，并具备 IPv6 改造前同等的业务连续性保障能力。2021 年起，在向公众用户提供服务的互联网系统 IPv6 改造基础上，持续推进 IPv6 规模部署。

3 IPv6 概述

3.1 什么是 IPv6

IPv6 即互联网协议第 6 版，IPv6 是 IETF（互联网工程任务组）设计的用于替代现行版本 IP 协议（IPv4）的下一代互联网 IP 协议，是扩展版的统一语言。

3.2 IPv6 的优势和意义

一是地址充足。IPv4 地址长度为 32 位，可以提供 2^{32} （约 42.9 亿）个地址，目前已基本耗尽。为了解决 IPv4 地址枯竭后的互联网依然可以正常运转，1993 年，IANA 推出了网络地址转换（NAT）与无类别域间路由（CIDR）。但是这些过渡方案皆无法阻止地址枯竭问题的发生，只能减缓它的发生速度，最终的解决方案，只有转换到 IPv6。IPv6 的地址长度为 128 位，可以提供 2^{128} （约 340 万亿）个地址，其数量号称能够为全世界每一粒沙子分配一个地址。

二是扩展性好。IPv6 报文和 IPv4 报文相比，去除了 IHL（Internet Header Length，首部长度）、Identifier、Flag、Fragment Offset、Header Checksum、Option 和 Padding 域，只增加了流标签域，因此 IPv6 报文处理较 IPv4 报文更为简化，提高了处理效率。IPv6 扩展头新增选项时不必修改现有结构，理论上可以无限扩展。

三是安全性高。IPv6 采用 IPSec 协议，实现了对用户数据的加密，防止了数据在传输过程中被窃听、劫持，为用户提供更高的安全保障。

4 安信证券 IPv6 规模部署实践

4.1 部署历程

2017 年 11 月中央办公厅、国务院办公厅联合发文；

2019 年 1 月人民银行、银保监会、证监会联合发文；

2019 年 2 月成立 IPv6 专项领导小组和工作小组，拉开 IPv6 规模部署的序幕；

2019 年 7 月门户网站提供 IPv6 连接访问，采用 NAT64 技术；

2019 年 11 月首条 IPv6 线路开通，IPv6 测试网络搭建完成，各应用系统开始进行 IPv6 测试；

2020 年 5 月生产机房和同城机房完成三大运营商 IPv6 线路开通；

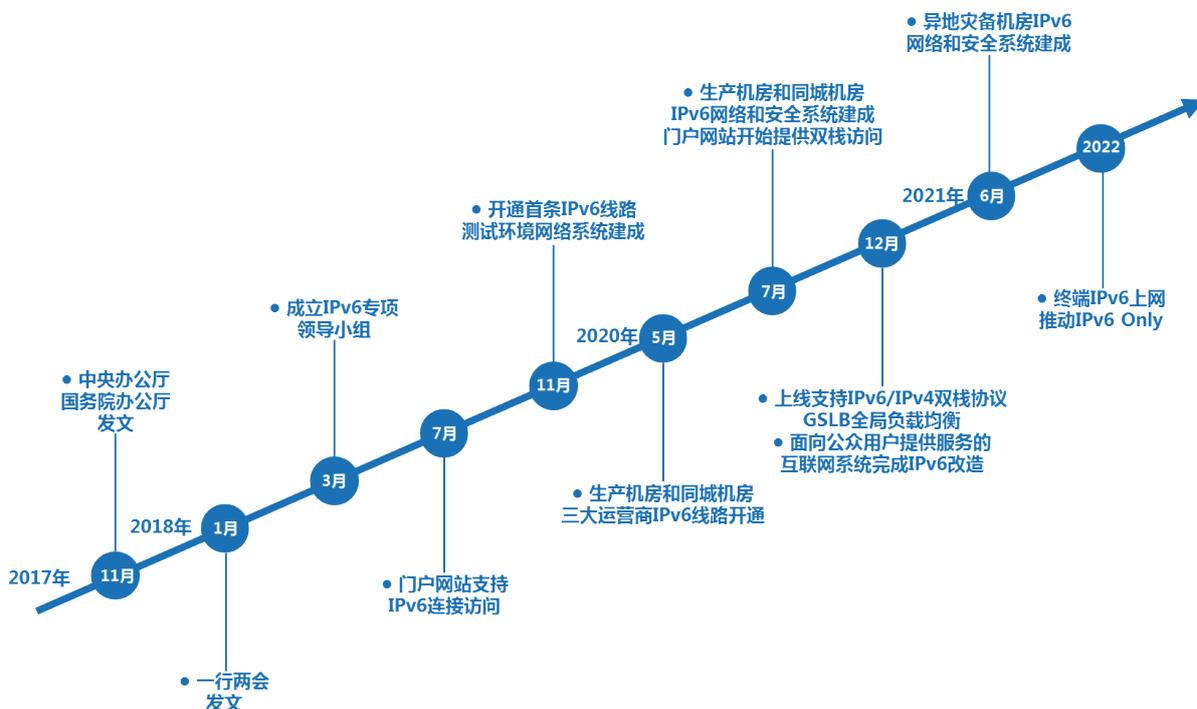


图 2 : 安信证券 IPv6 部署历程

2020年7月生产机房和同城机房完成 IPv6 网络和安全生产环境部署，门户网站开始支持 IPv6/IPv4 双栈连接访问；

2020年12月上线支持 IPv6/IPv4 双栈协议的 GSLB 全局负载均衡；

2020年12月约 30 多套面向公众用户提供服务的互联网系统全部完成 IPv6 改造升级，均

支持 IPv6/IPv4 双栈连接访问，IPv6 网络流量占比约 20%；

2021年6月异地灾备机房完成 IPv6 网络和安全部署，两地三中心 IPv6 网络完成，互联网应用系统支持 IPv6 进入常态化工作，新系统上线必须支持 IPv6；

2022年将开始改造终端上网以及推动 IPv6

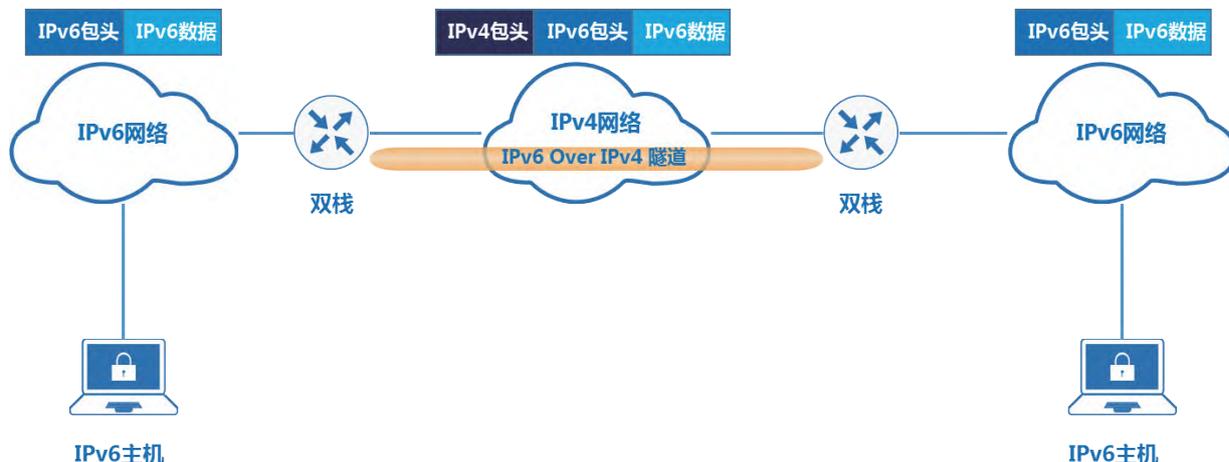


图 3 : IPv6 隧道模式数据包转发示意

only 改造升级。

4.2 技术模型选择

在 IPv4 向 IPv6 演进的过渡期间，有三种技术模型，分别是隧道模式、地址转换模式和双栈模式。

4.2.1 隧道模式

这种模式运用于 IPv4 网络 和 IPv6 网络的边界。借助 IPv4 网络来建立隧道，然后实现 IPv6 点到点访问，不是目前主流的 IPv6 方案。

4.2.2 地址转换模式

在不改动现有网络结构情况下，通过地址转换协议（NAT），进行 IPv4 to IPv6 或 IPv6 to IPv4 访问转换，可满足 IPv4 与 IPv6 之间的双向访问需求。技术协议包括 NAT64 或 VIP64，一般面向数据中心出口，提供由外到内或由内到外的映射。这种模式对于设备性能要求较高，对高并发业务支撑较困难，另外也不利于溯源，不太适合证券业务，只限于临时使用。

4.2.3 双栈模式

在同一个网络（网卡）上运行两个彼此独立

的平面：一个 IPv4 网络平面，一个 IPv6 网络平面，各自维护自己的路由表。在这种模式下，在网络和服务器的 IPv4 和 IPv6 共存，在四层以下不影响现有 IPv4 业务，也可以满足 IPv6 的新需求。这种模式可以满足证券业务，但现网实施改造风险较大，一是需要全网的网络设备支持，多数设备需要更换硬件设备或升级软件版本，存在变更风险；二是开启 IPv6 和 IPv4 的网络设备在四层以上可能存在相互影响的风险。

4.2.4 方案对比

隧道模式不是主流模式，而地址转换模式在证券业务中存在局限性，例如在 CS 架构中难以进行溯源等，根据我司实际情况，准备了两套方案，对比如图 6。

根据《实施意见》指导原则：IPv6v 建设以不影响“现有 IPv4 存量业务”为前提以及 IPv6 建成后安全性能和业务连续性不能低于 IPv4，结合后期 IPv6 Only 的演进计划，选择了方案二。方案二的优势主要为对目前已有 IPv4 网络和安全结构无任何改动，支持渐进式迁移，无需中断网络。实施后网络拓朴图如图 7。

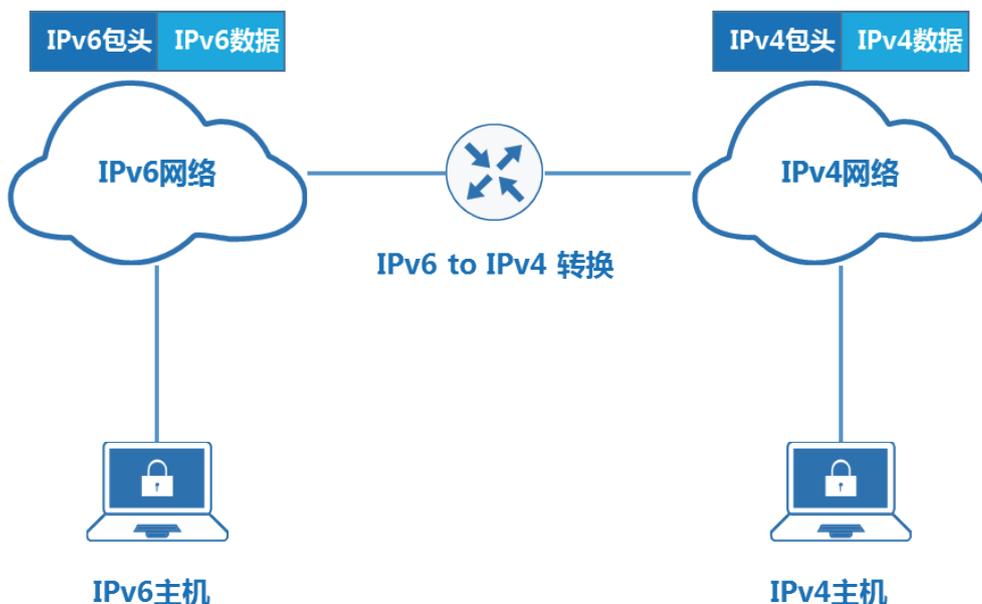


图 4：IPv6 地址转换模式数据包转发示意

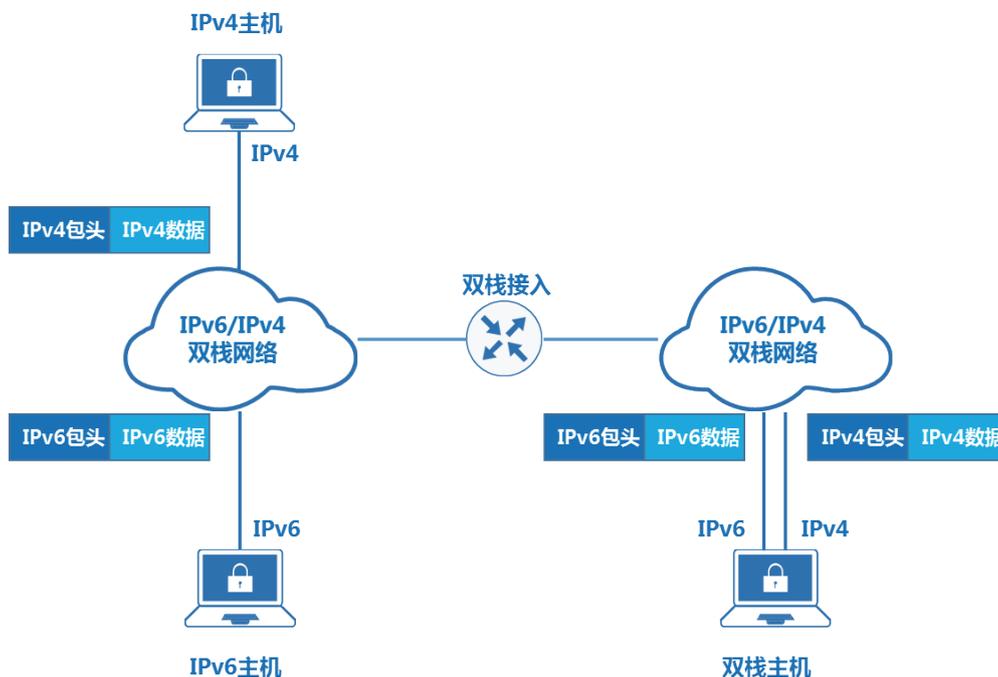


图 5：IPv6 双栈模式数据包转发示意

对比项	方案一	方案二（推荐）
方案描述	原接入区启用IPv6三层接入	新建独立IPv6互联网接入区
网络架构	原有网络设备跑IPv6/IPv4双栈、NAT64	新增IPv6接入区、NAT66
互联网线路	原线路申请新IPv6地址	原线路申请新IPv6地址
防DDOS	新建两套防DDOS	新建两套防DDOS
DNS和负载均衡	各新建两套IPv6负载均衡，并实现GSLB、NAT64	新建两套IPv6负载均衡，并实现GSLB、NAT66
互联网防火墙	复用原有设备，需要升级软件版本	新建两套防火墙，启用IPv6功能
网络安全（WAF、IPS）	复用原有设备，需要升级软件版本	新建两套网络安全设备（WAF、IPS）
核心三层交换	复用原有设备，启用IPv6功能	新建两套三层核心交换
应用部署	应用在网卡上启用IPv6协议，增加IPv6地址	应用新增IPv6网卡，并配置IPv6地址
小结	网络设备、安全设备需要升级软件版本	设备全新，可直接启用IPv6
网络变更	需要在同一设备上启用IPv6和IPv4，IPv6变更可能影响IPv4	新增IPv6接入区，完全新建
DNS	IPv6的域名解析使用F5进行解析	IPv6的域名解析使用F5进行解析
网络安全	存在IPv6和IPv4未隔离的风险，网络设备启用IPv6后性能消耗会有增加，启用IPv6后可能会有Bug影响原IPv4业务	IPv6和IPv6相互隔离
应用改造	应用双栈接入存在未隔离风险	需要添加IPv6网卡
工期风险	采购周期、实施窗口较短、需要多次测试与IPv6的兼容性	采购周期、新建调试工作量增加
小结	方案一风险无法完全隔离、在原有设备上升级或改造，需要选择周末空闲时段实施，费用相对较低；方案二风险隔离，可随时渐进式实施、费用相对较高	

图 6：方案对比

4.3 演进路线

阶段一（过渡）：完成官方网站 IPv6 连接访问，采用过渡方案 NAT64。

阶段二（规模部署）：在基础网络设应用系

统层面，完成面向公众用户提供服务的互联网应用系统的 IPv6 改造，全面支持 IPv6 双栈的访问支持，IPv6 流量占比达到 20%；在互联网安全方面，全面完成互联网出口安全防护系统的

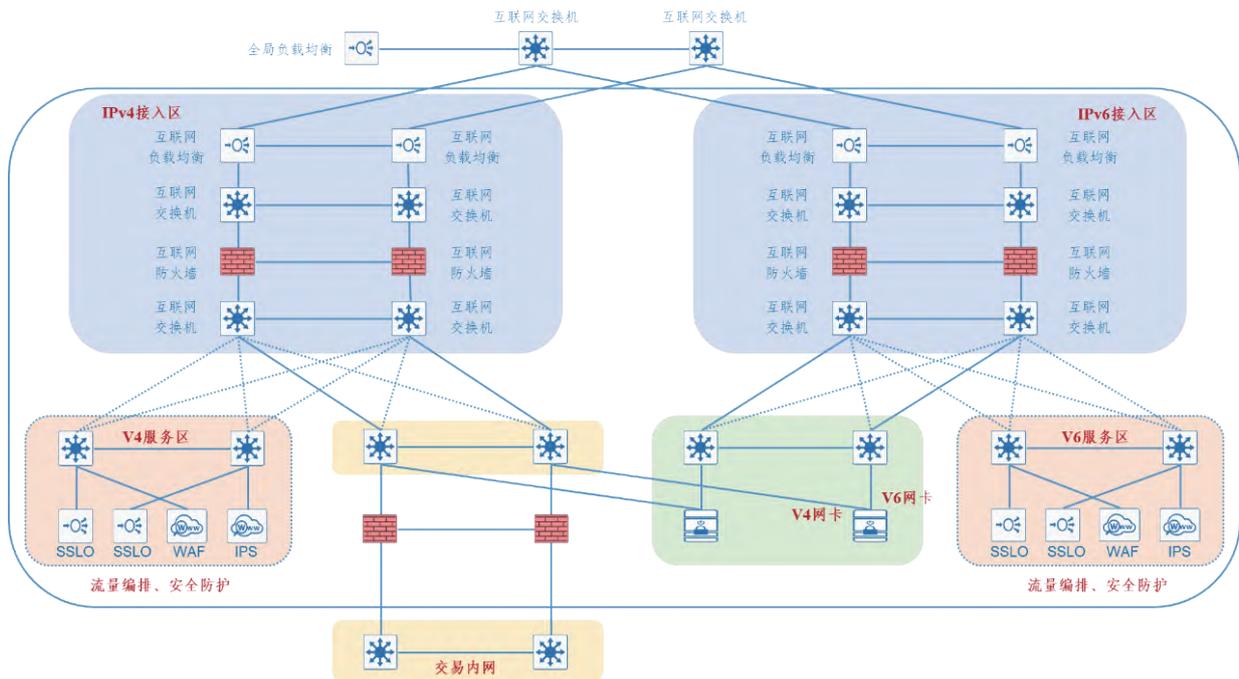


图 7 : 安信证券 IPv6 实施后网络拓扑图

IPv6 改造，确保整体安全防护能力不低于 IPv4。在域名解析方面，部署支持 IPv6 和 IPv4 域名解析的 GSLB，支持移动端的 IPv4/IPv6 双栈环境下的域名解析能力；在监控方面，完善监控体系，覆盖 IPv6 基础监控及应用监控，具备和 IPv4 相

同的监控能力。在客户端方面，各 PC/ 手机端应用 APP 以及 WEB 浏览器端全部支持 IPv4/IPv6 双栈环境下的网络通信能力。

阶段三（IPv6 Only）：全面支持 IPv6-only 的访问支持，IPv6 流量占比达到 50%。

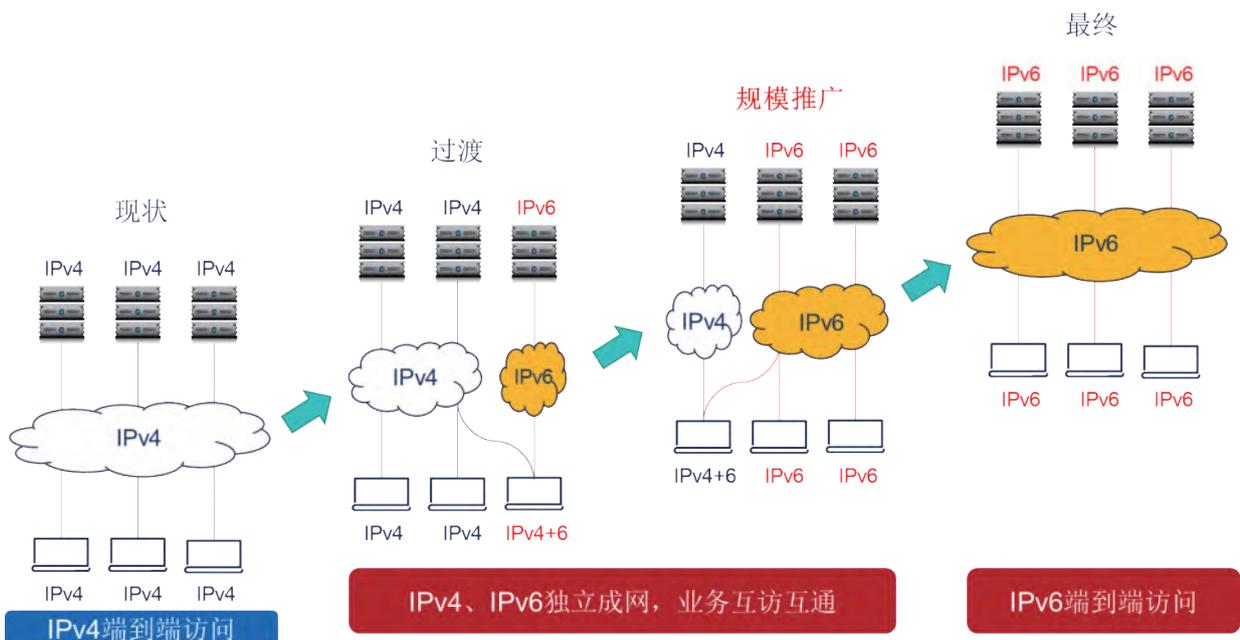


图 8 : 安信证券 IPv6 演进路线



图 9 : 应用系统 IPv6 实施步骤

4.4 WEB 应用系统部署指南

网络环境支持 IPv6 后，应用开发团队经过不断的探索和实践，形成了一套成熟的标准化的 WEB 应用 IPv6 的支持流程，从服务器资源、网络层到 WEB 应用都要进行相应升级，步骤示意图如图 9。

以下以 nginx 为例，介绍相关配置指南。

4.4.1 nginx 版本检查升级

首先排查当前 nginx 版本是否支持 IPv6 模块：

1) 如果当前 nginx 的版本是 V1.11.5 以上则默认支持 IPv6 模块；

2) nginx 版本低于 V1.11.5 输入 `/usr/local/nginx/sbin/nginx -V` 命令，如果出现 `--with-ipv6`，则是支持 nginx 的，否则需要重新编译以支持 IPv6。

建议直接升级 nginx 到 V1.18.0 版本来支持 ipv6 模块。

附：nginx V1.11.5 版本资料：

Changes with nginx 1.11.5 11 Oct 2016

*) Change: the `--with-ipv6` configure option was removed, now IPv6

support is configured automatically.

*) Change: now if there are no available servers in an upstream, nginx

will not reset number of failures of all servers as it previously

did, but will wait for `fail_timeout` to expire.

4.4.2 修改 nginx 配置文件

修改 `/usr/local/nginx/conf/nginx.conf`，在 443 端口的 `serve` 中增加 IPv6 配置：

实现同时支持 IPv4 和 IPv6 访问 443 端口

`listen 443 ssl;` 支持 ipv4 访问 https

`listen [::]:443 ssl ipv6only=on;` 支持 ipv6 访问 https

```

server {
    listen      443 ssl;
    listen [::]:443 ssl ipv6only=on;
    server_name local.essence.com.cn mtsapp.essence.com.cn;

    ssl_certificate      server.pem;
    ssl_certificate_key  server.key;

    #ssl_session_cache    shared:SSL:1m;
    ssl_session_timeout  5m;
  
```

图 10 : 修改 nginx 配置文件

```

实现同时支持 IPv4 和 IPv6 访问 443 端口
listen 443 ssl; 支持 ipv4 访问 https
listen [::]:443 ssl ipv6only=on; 支持 ipv6 访问 https
重载 nginx 配置文件
/usr/local/nginx/sbin/nginx -s reload
查看 443 端口监听状态: lsof -i:443
nginx 18919 root 18u IPv4 265142448 0t0 TCP *:https (LISTEN)
nginx 18919 root 19u IPv6 265142449 0t0 TCP *:https (LISTEN)
    
```

图 11 : 端口监听状态

如图 11 所示,说明 443 端口已经在监听状态,并且分别支持 IPv4 和 IPv6

4.4.3 线上验证

使用官方验证地址即可验证当前网站是否支持 IPv6 访问,检测地址: <https://www.china-ipv6.cn/#/checkTools> (每天可检测 1000 个域名,先到先得)

4.4.4 禁止 IPv6 直连访问服务器

在上述 nginx 配置改造上线后,安全部门在例行扫描时发现在互联网上该服务器可以使用 IPv6 地址(不使用域名)直连访问。

因工信部要求运营商关闭 IPv6 直接访问 WEB 应用的网络,如未做禁止 IPv6 直连访问的系统随时可能会被运营商切断网络,且由于现有网络 IPv6 和 IPv4 是同一个物理线路,切断的话

也会影响 IPv4。

经排查发现:在 IPv6 上线之前只禁止了 IPv4 直连访问服务器,因此,还需要禁止 IPv6 直连访问服务器。

修改 `/usr/local/nginx/conf/nginx.conf` 新增如下两行配置:

配置后重启 nginx 验证:



图 13 : 验证示意

4.5 安全能力保障

4.5.1 Web 应用防火墙部署

```

server {
    listen 80 default server;
    listen [::]:80 default_server;
    server_name _;
    return 403;
}

server {
    listen 443 default server;
    listen [::]:443 default_server;
    server_name _;
    ssl_certificate server.pem;
    ssl_certificate_key server.key;
    return 403;
}
    
```

图 12 : 配置修改示意

为了确保在 IPv6 网络环境下安全能力能够保持与 IPv4 网络环境保持一致，安全团队在互联网边界部署了 Web 应用防火墙（WAF），对全站点进行了安全防护，WAF 部署模式为透明桥模式，既保障了安全防护能力，也保障了在应急情况下可以快速 Bypass WAF，降低可用性风险。

4.5.2 其他安全能力保障

我司网络安全为纵深防御架构，针对 Web 应用系统，除了在互联网边界防护以外，还涉及 SOC、流量安全分析等多个安全系统，目前均已完成了改造适配，全面支持 IPv6，实现了 IPv4 同等的安全防护及应急处置能力。

5 结语

互联网协议第六版（IPv6）是互联网升级演进的必然趋势，是网络技术创新的重要方向，网络强国建设的基础支撑。以习近平同志为核心的党中央高度重视 IPv6 发展，国家“十四五”规划纲要明确提出“全面推进互联网协议第六版（IPv6）商用部署”。证券行业互联网向 IPv6 演进，是一个长期、系统性的工程，需要行业内外通力配合，共同推进证券行业互联网加速向 IPv6 演进，加速 IPv6 创新技术与数字金融深度融合，为建设网络强国和数字中国提供坚实支撑。

信息资讯采撷

监管科技全球追踪



监管科技全球追踪

7月11日,欧洲议会通过了《欧洲芯片法案》(European Chips Act)。该法案旨在促进欧洲本土的芯片研究与生产,减少对其他市场的依赖,并计划将欧盟的全球芯片市场份额提高到20%。

7月11日,德意志银行确认其服务提供商疑似被“MOVEit Transfer”数据窃取攻击攻破并发生银行客户数据泄露事件。德意志银行指出,银行内部系统未受到影响,但本次事件导致信息被泄露的具体客户数量还未知。

7月13日,网信办联合发改委、教育部、科技部、工信部、公安部、广电总局公布《生成式人工智能服务管理暂行办法》,自2023年8月15日起施行。《办法》采取有效措施鼓励生成式人工智能创新发展,对生成式人工智能服务实行包容审慎和分类分级监管,明确了提供和使用生成式人工智能服务总体要求。

7月17日,工信部和金融监督管理总局联合发布关于促进网络安全保险规范健康发展的意见。意见强调以下五个方面,建立健全网络安全保险政策标准体系、加强网络安全保险产品服务创新、强化网络安全技术赋能保险发展、促进网络安全产业需求释放、培育网络安全保险发展生态。

7月18日,2023(第二十二届)中国互联网大会在北京召开。大会由中国互联网协会等单位主办,以“促进数实融合 赋能千行百业”为主题,内容涵盖算力基础设施、工业互联网、车

联网、智慧医疗、智慧教育、数字政府、用户权益保护、数据安全等热点领域。

7月18日,美国白宫宣布了一项网络安全认证和标签计划。计划将通过使用由联邦通信委员会(FCC)提出的“美国网络信任标志”提高常见设备的网络安全标准。该计划将为消费者在日常生活中使用的产品提供更强大的网络安全保证,同时也有助于企业区分市场上值得信赖的产品。

7月28日,国家金融监督管理总局就《银行保险机构操作风险管理办法(征求意见稿)》向社会公开征求意见。《办法》主要内容包括明确风险治理和管理责任、规定风险管理基本要求、细化管理流程和管理工具、完善监督管理职责。

8月2日,新加坡金融管理局(MAS)答复人工智能对金融市场交易平台影响的有关问题。答复指出新加坡的金融机构在使用人工智能模型进行决策方面仍处于起步阶段,目前交易平台因使用人工智能模型而出现羊群效应的风险较低,但MAS将不断监测和评估人工智能在金融市场中带来的风险。

8月8日,国家网信办就《人脸识别技术应用安全管理规定(试行)(征求意见稿)》向社会公开征求意见。征求意见稿指出,只有在具有特定的目的和充分的必要性,并采取严格保护措施的情形下,方可使用人脸识别技术处理人脸信息。使用人脸识别技术处理人脸信息应当取得个人的单独同意或依法取得书面同意。

8月10日，美国总统拜登签署行政令设立对外投资审查机制，限制美国主体投资包括香港和澳门在内的中国半导体和微电子、量子信息技术和人工智能领域。

8月7日，PayPal宣布推出以美元计价的稳定币 PayPal USD (PYUSD)。稳定币是指“锚定”某一法定货币体系，以求获得代币价值稳定的加密货币。这意味着 PayPal 也成为了数字资产领域的发行方，而不仅仅是支持加密货币交易的平台。

8月11日，美国国土安全部 (DHS) 网络安全审查委员会 (CSRB) 将开展新一轮云安全审查工作，审查对象是政府、各行业和云服务提供商被恶意行为针对的云环境，审查内容将侧重于这些云环境的身份管理和身份认证措施是否到位。

8月15日，OpenAI 在官网发布文章称，

OpenAI 正在为 GPT-4 测试内容审核功能，以帮助用户提高审核工作的效率。该功能将允许用户通过 OpenAI API 来创建自己的 AI 辅助审核系统，通过制定相关的审核政策，让人工智能对帖子的内容进行评判。

8月16日，巴西央行宣布其数字货币 Drex 将于 2024 年正式推出。目前，巴西央行正着手准备开展第一阶段试点测试。该阶段将通过不同机构客户之间联邦政府债券的交付与支付 (DvP) 的协议来测试隐私和可编程功能。微软、Visa 等多家机构将参与巴西央行数字货币测试。

按照《党和国家机构改革方案》关于“统筹推进中国人民银行分支机构改革”的部署，8月18日，中国人民银行 31 个省（自治区、直辖市）分行，深圳、大连、宁波、青岛、厦门 5 个计划单列市分行和 317 个地（市）分行挂牌。

2023年三季度《交易技术前沿》征稿启事

《交易技术前沿》由上海证券交易所主管、主办,以季度为单位发刊,主要面向全国证券、期货等相关金融行业的信息技术管理、开发、运维以及科研人员。2023年三季度征稿主题如下:

一、云计算

(一) 云计算架构

主要包含但不限于:云架构剖析探索,云平台建设经验分享,云计算性能优化研究。

(二) 云计算应用

主要包含但不限于:云行业格局与市场发展趋势分析,国内外云应用热点探析,金融行业云应用场景与实践案例。

(三) 云计算安全

主要包含但不限于:云系统下的用户隐私、数据安全探索,云安全防护规划、云安全实践,云标准的建设、思考与研究。

二、大模型技术

(一) 应用技术研究

主要包含但不限于:大语言模型/AIGC的数据处理和治理、可解释的大语言模型、用于大语言模型/AIGC的神经网络架构、训练和推理算法、多模态大语言模型等。

(二) 应用场景研究

主要包含但不限于:基于大语言模型的智能客服、语音数据挖掘、柜员业务辅助等。

主要包含但不限于:金融预测、反欺诈、授信、辅助决策、金融产品定价、智能投资顾问等。

主要包含但不限于:金融知识库、风险控制等。

主要包含但不限于:机房巡检机器人、金融网点服务机器人等。

三、数据中心

(一) 数据中心的迁移

主要包含但不限于:展示数据中心的接入模式和网络规划方案;评估数据中心技术合规性认证的必要性;分析数据中心迁移过程中的影响和业务连续性;探讨数据中心迁移的实施策略和步骤。

(二) 数据中心的运营

主要包含但不限于:注重服务,实行垂直拓展模式;注重客户流量,实行水平整合模式;探寻数据中心运营过程中降低成本和提高服务质量的途径。

四、分布式账本技术(DLT)

(一) 主流分布式账本技术的对比

主要包含但不限于:技术架构、数据架构、应用架构和业务架构等。

（二）技术实现方式

主要包含但不限于：云计算 + 分布式账本技术、大数据 + 分布式账本技术、人工智能 + 分布式账本技术、物联网 + 分布式账本技术等。

（三）应用场景和案例

主要包含但不限于：结算区块链、信用证区块链、票据区块链等。

（四）安全要求和性能提升

主要探索国密码算法在分布式账本中的应用，以及定制化的硬件对分布式账本技术性提升的作用等。

五、信息安全与 IT 治理

（一）网络安全

主要包括但不限于：网络边界安全的防护、APT 攻击的检测防护、云安全生态的构建、云平台的架构及网络安全管理等。

（二）移动安全

主要包括但不限于：移动安全管理、移动互联网接入的安全风险、防护措施等。

（三）数据安全

主要包括但不限于：数据的分类分级建议、敏感数据的管控、数据共享的风险把控、数据访问授权的思考等。

（四）IT 治理与风险管理

主要包括但不限于：安全技术联动机制、自主的风险管理体系、贯穿开发全生命周期的安全管控、安全审计的流程优化等。

六、交易与结算相关

（一）交易和结算机制

主要包含但不限于：交易公平机制、交易撮合机制、量化交易、高频交易、高效结算、国外典型交易机制等。

（二）交易和结算系统

主要包含但不限于：撮合交易算法、内存撮合、双活系统、内存状态机、系统架构、基于新技术的结算系统等。

投稿说明

1、本刊采用电子投稿方式，投稿采用 word 文件格式（格式详见附件），请通过投稿邮箱 ftt.editor@sse.com.cn 进行投稿，收到稿件后我们将邮箱回复确认函。

2、稿件字数以 4000-6000 字左右为宜，务求论点明确、数据可靠、图表标注清晰。

3、本期投稿截止日期：2023 年 9 月 30 日。

4、投稿联系方式 021-68607129, 021-68602496 欢迎金融行业的监管人员、科研人员及技术工作者投稿。稿件一经录用发表，将酌致稿酬。

《交易技术前沿》编辑部

证券信息技术研究发展中心（上海）

附件：投稿格式（可通过电子邮件索要电子模板）

标题（黑体 二号 加粗）

作者信息（姓名、工作单位、邮箱）（仿宋 GB2312 小四）

摘要：（仿宋 GB2312 小三 加粗）

关键字：（仿宋 GB2312 小三 加粗）

一、概述（仿宋 GB2312 小三 加粗）

二、一级标题（仿宋 GB2312 小三 加粗）

（一）二级标题（仿宋 GB2312 四号 加粗）

1、三级标题（仿宋 GB2312 小四 加粗）

（1）四级标题（仿宋 GB2312 小四）

正文内容（仿宋 GB2312 小四）

图：（标注图 X. 仿宋 GB2312 小四）

正文内容（仿宋 GB2312 小四）

表：（标注表 X. 仿宋 GB2312 小四）

正文内容（仿宋 GB2312 小四）

三、结论 / 总结（仿宋 GB2312 小三 加粗）

四、参考文献（仿宋 GB2312 小四）

电子平台

欢迎访问我们的电子平台 <http://www.sse.com.cn/services/tradingtech/transaction/>。我们的电子平台不仅同步更新当期的文章，同时还提供往期所有历史发表文章的浏览与查阅，欢迎关注！

联系电话: 021-68607129
021-68602496
投稿邮箱: ftt.editor@sse.com.cn

ITRDC

证券信息技术研究发展中心（上海）



中国上海市杨高南路388号

邮编: 200127

公众咨询服务热线: 4008888400

网址: <http://www.sse.com.cn>

内部资料 免费交流

本资料仅为内部交流使用, 本季度印200册, 编印单位为上海证券交易所, 面向证券期货行业发送, 印刷时间为2023年9月, 印刷单位为上海长鹰印刷厂。
部分图片或文字来源于互联网等公开渠道, 其版权归属原作者所有。如有版权相关事宜, 请发送邮件至ftt.editor@sse.com.cn