

## 摘要

下尾风险不同于下行风险，下行风险研究的是资产价格下跌的风险，而下尾风险研究的是资产价格极端下跌的风险，即发生崩盘时的风险。本文考察了投资者持有对下尾风险敏感性较强的沪深 A 股股票组合是否能在未来获得相应的风险补偿。本文利用 Clayton Copula 函数，构建基于个股与市场间下尾相依性的个股下尾风险依赖系数 LTD (Lower-tail dependence)，在横截面上研究其是否具有显著的定价能力。

本文的研究内容主要分为两个部分。第一部分研究沪深 A 股股票与 A 股市场间的下尾相依性，通过 Clayton Copula 函数构建沪深 A 股股票对沪深 A 股市场的下尾风险依赖系数 LTD，运用投资组合分组法和 Fama-MacBeth 两步回归法进行横截面上的实证分析，在 2003 年 1 月——2021 年 12 月、2008 年全球金融危机期间和 2015 年 A 股股灾期间，检验股票的 LTD 指标能否准确捕捉到市场的极端下跌风险并反映到股票的预期超额收益中。本部分的实证研究发现，股票的 LTD 指标是一个不同于市场风险溢价因子、规模因子等其他风险定价因子的定价因素，持有具有强下尾风险敏感性的股票组合能在未来获得相应的风险补偿，且在危机发生时期获得的风险补偿更高。

第二部分研究沪深 A 股股票与其他国际股票市场间的下尾相依性，通过构建沪深 A 股股票与不同国际股票市场之间的 LTD 指标，对比研究各国际股票市场与沪深 A 股在横截面上的下尾风险传染现象，以及这些传染现象在长样本区间上和危机时期的不同表现。本部分的实证研究发现，美、英、日、韩和香港股票市场与沪深 A 股股票有显著的下尾风险传染且在两个危机时期表现得更加强烈；而随着国际间互联互通与贸易往来的加深，俄罗斯市场和印度等发展中国家市场与沪深 A 股的下尾相依性逐渐增强。

下尾风险在预期收益率中得到溢价补偿，这可以为投资者在防范国内国际极端下跌风险方面提供帮助。

**关键词：**相依性、下尾风险、Copula、资产定价、沪深 A 股股票

## Abstract

Lower-tail risk differs from downside risk in that downside risk examines the risk of falling asset prices, while Lower-tail risk examines the risk of an extreme fall in asset prices. This paper examines whether investors holding a portfolio of Shanghai and Shenzhen A shares with a high sensitivity to downside risk can be compensated for the corresponding risk in the future. Using the Clayton Copula function, this paper constructs a lower-tail risk dependence coefficient LTD (Lower-tail dependence) for individual stocks based on the lower-tail dependence between individual stocks and the market, and investigates whether it has significant pricing power in the cross-section.

The research in this paper is divided into two main parts. The first part investigates the lower-tail dependence between A-share stocks and the A-share market, constructs the LTD of the lower-tail risk dependence of A-share stocks on the A-share markets through the Clayton Copula function, and performs cross-sectional empirical analysis using the portfolio grouping method and the Fama-MacBeth two-step regression method for the periods from January 2003 to December 2021, during the 2008 global financial crisis and during the 2015 A-share crash, to test whether stocks' LTD indicators can accurately capture the extreme downside risk of the market and reflect it in the expected excess returns of stocks. This part of the empirical study finds that the LTD indicator of stocks is a different pricing factor from other risk pricing factors such as the market risk premium factor and the size factor, and that holding a portfolio of stocks with strong downside risk sensitivity yields corresponding risk compensation in the future, and higher risk co

mpensation in times of crisis.

The second part investigates the lower tail dependence between A-share stocks and other international equity markets. By constructing LTD indicators between A-share stocks and different international equity markets, the cross-sectional lower tail risk contagion of each international equity market to A-share stocks and the different performance of these contagion phenomena in the long sample interval and in times of crisis are investigated comparatively. This part of the empirical study finds that the US, UK, Japan, Korea and Hong Kong stock markets have significant downside risk contagion to A-shares, which is stronger in the two crisis periods, while the downside dependence of developing country markets such as the Russian market and India on A-shares gradually increases as international connectivity and trade flows deepen.

Downside risk is compensated at a premium to expected returns, which can help investors in protecting against extreme domestic and international downside risks.

**Key words:** Dependence, Lower-tail risk, Copula, Capital Asset Pricing Model, A-share market

# 目录

中文摘要 .....	I
Abstract .....	II
目录 .....	IV
1. 导论 .....	1
1.1 研究背景及研究意义 .....	1
1.1.1 研究背景 .....	1
1.1.2 研究意义 .....	2
1.2 研究内容与研究思路 .....	3
1.2.1 研究内容 .....	3
1.2.2 研究思路 .....	3
1.3 本文的主要创新点 .....	10
2. 文献综述 .....	11
2.1 关于下尾风险的文献综述 .....	11
2.1.1 关于下尾风险衡量的文献综述 .....	11
2.1.2 关于下尾风险应用的文献综述 .....	14
2.1.3 关于下尾风险的文献评述 .....	17
2.2 关于资产定价的文献综述及评述 .....	19
3. 数据和方法 .....	23
3.1 研究数据 .....	23
3.1.1 数据来源 .....	23
3.1.2 变量定义和计算 .....	23
3.2 研究方法 .....	27
3.2.1 文献研究法 .....	27
3.3.2 实证分析法 .....	27
4. 下尾风险与 A 股横截面股票收益的实证 .....	30
4.1 描述性统计分析 .....	30
4.2 单变量投资组合分组分析 .....	32
4.3 双变量投资组合分组分析 .....	33
4.3.1 全时间区间上的双变量投资组合分组分析 .....	34
4.3.2 危机时期的双变量投资组合分组研究 .....	37
4.4 Fama-MacBeth 回归分析 .....	40
4.5 总结 .....	44
5. 国际市场下尾风险与 A 股横截面股票收益的实证 .....	45
5.1 描述性统计分析 .....	45
5.2 单变量投资组合分组分析 .....	49
5.2.1 整体样本区间的单变量投资组合分组分析 .....	49
5.2.2 危机时期的单变量投资组合分组分析 .....	51

5.3 双变量投资组合分组分析 .....	54
5.3.1 整体样本区间的双变量投资组合分组研究 .....	54
5.3.2 危机时期的双变量投资组合分组研究 .....	58
5.4 Fama-MacBeth 回归分析 .....	64
5.5 总结 .....	80
6. 结论 .....	81
参考文献 .....	82
后记 .....	88
致谢 .....	89



# 1.导论

该章节用以阐述本文所研究问题的背景及意义。股票投资者们总是更关心那些可能会导致市场发生极端下跌的风险事件，因为这种风险会使投资者们在短期内蒙受巨大损失，这种风险就是下尾风险，而基于下尾风险的股票收益横截面分析在当下依然具有新的研究价值。本章节的后半部分详细地介绍了本文的研究内容和研究思路。最后，本章节结合下尾风险和资产定价领域的研究现状对本文的主要创新点进行阐述。

## 1.1 研究背景及研究意义

### 1.1.1 研究背景

停摆的经济，萎靡的市场。新冠疫情在国内外的爆发给全球的经济和金融健康发展以重创。回过头来看历史，这样的极端风险事件以前也发生多次：1987年美国股市的黑色星期一，导致了全球股市的灾难和投资组合资产的大幅贬值；1994年墨西哥货币贬值，引起了国内金融市场的动荡，并迅速蔓延到拉美其他国家；1997年金融危机，对亚洲国家的金融体系和经济发展造成了严重破坏；2008年美国次贷危机引发了全球金融危机，对许多国家的经济发展造成了严重损害；2015年股灾期间A股市场的崩溃，这些久远的和近年发生的危机一再引起人们对“下尾风险”的关注，即在金融系统中发生的概率很低，一旦发生却会造成巨大损失的风险。

从数学意义上来讲，下尾风险指资产收益率的概率密度函数的最左边部分所代表的损失发生的概率。从经济意义上来讲，其关注的是发生概率低的极端风险事件，资产的下尾风险越高意味着该资产在未来发生较大损失的概率越大。

这对于投资者来说是一个很好的进行风险管理的依据，因为正如 Roy (1952) 和 Markowitz (1952) 所指出的，理性投资者们是风险厌恶的，投资者们喜欢收益不喜欢损失，投资者们对资产价格下跌时遭受的损失要比对资产价格上涨时获得的收益更加在意，即是说投资者们普遍存在损失厌恶心理，而下尾风险正好可以使投资者们关注到资产在未来可能发生的较大损失，尽管其发生概率很小。最早对下尾风险的衡量，源于上世纪 90 年代人们根据马

科维茨的投资组合理论，运用方差-协方差方法构建的在险价值 VaR，之后在险价值 VaR 就作为下尾风险的度量被金融机构普遍使用来进行风险管理，直到现在学术界对于下尾风险的衡量及应用的研究仍在不断推进，下尾风险作为一个新的定价因子被国内外学者广泛研究。同时，随着全球金融市场间的联系日益紧密，各国股票市场间下尾风险的传染现象也备受重视。

### 1.1.2 研究意义

理论意义：第一，国内对于股票下尾风险的研究主要集中于基于国内市场指数与个股尾部相依结构的下尾风险对股票预期超额收益率的影响，而对于基于国际市场指数与我国股票市场上个股的尾部相依结构的下尾风险对股票预期超额收益率的影响还没有研究，本文利用国际市场与我国股票市场上个股间的下尾风险考察了国际极端风险事件对我国股票预期超额收益率的影响。第二，现有文献对 A 股市场与 A 股股票横截面之间下尾风险进行研究时多选取一个大于 10 年的较长的时间区间，本文在此基础上进一步细化研究，增加了 2008 年危机时期和 2015 年股灾时期这两个子时间区间，更加聚焦地观察下尾风险依赖系数 LTD (Lower-tail dependence) 在危机时期的定价能力。

实践意义：在经济全球化和金融一体化的发展过程中，国际金融市场间的联系通过越来越多样的金融产品和交易方式以及越来越宽松的资本市场管制而日益紧密，各市场间的相依结构也日趋复杂化、多元化，同时经济危机也伴随而来，给世界经济发展带来极大破坏。危机由一个国家或地区扩散至其他国家乃至全球的现象已经发生了许多次，一次次遭受巨大损失的经历让投资者们重视起这种发生概率极小却会带来巨大损失的风险，这种风险就是本文所研究的“下尾风险”。下尾风险的冲击也让投资者们和有关部门越来越重视对金融风险的防范和对金融市场的监管。而明确下尾风险与股票预期超额收益率之间的关系，将有助于投资者们更加理性地认识和防范下尾风险，特别是在我国二级资本市场散户投资者的投资占比超过总投资者的 80% 的投资者结构下，研究下尾风险在 A 股股票的定价中的作用一方面可以提高散户投资者认识风险预防风险的能力、加强散户投资者面对下尾风险时的行为理性、规避投资风险提高投资收益，另一方面有助于机构投资者更好地进行风



险管理、引导散户投资者的理性投资行为，使市场更加健康平稳运行。明确下尾风险与股票预期超额收益率之间的关系也有利于市场监管部门更具针对性地采取监管措施和风险防范手段，进而提升 A 股市场的运行效率和定价效率，降低市场极端风险的发生概率，使金融市场更加健康平稳地发展。

## 1.2 研究内容与研究思路

### 1.2.1 研究内容

本文考察了投资者持有具有高下尾风险敏感性的股票是否能获得相应的风险补偿。本文基于 Copula 函数模型，结合滚动窗口方法，构建时变的股票下尾风险依赖系数 LTD (Lower-tail dependence) 序列，研究股票的下尾风险是否是一个具有实证意义和经济意义的风险定价因子。

为了得出可靠结论，本文通过投资组合分组和 Fama-MacBeth 两步回归法对 LTD 进行实证检验。考虑到国内已有不少学者对市场风险溢价因子、规模因子、账面市值比因子、盈利能力因子和投资模式因子在 A 股市场上的定价作用进行过实证检验且结论不一，本文选择这些因子作为实证中的控制变量。

本文分别对 LTD 在 A 股市场上的定价表现和 LTD 在国内外金融市场间的定价表现做了实证分析。在沪深 A 股市场上，本文研究了对 A 股市场存在高下尾风险敏感性的股票是否能在未来获得更高的风险溢价？这种由 A 股市场下尾风险带给高下尾风险敏感性股票的风险溢价在 2008 年全球金融危机时期和 2015 年股灾时期是否会高于其他非危机时期？在国内外金融市场间，本文选取涵盖了世界各洲范围内的 11 个代表性股票市场，并用它们的市场指数分别与 A 股个股通过 Copula 函数模型得到个股与不同市场间的下尾风险依赖系数，通过投资组合分组分析和 Fama-MacBeth 回归来检验在不同时期各市场的下尾风险对我国沪深 A 股股票横截面收益的影响。

### 1.2.2 研究思路

本文基于尾部相依性来研究尾部风险中的下尾风险。尾部相依性度量的是变量间两侧极端值的相依性。即当一变量的观察值是极端值时，另外一个变量的观察值也为极端值的概率。数学定义如下。

假设为两个连续的随机变量  $X$  和  $Y$ ， $F_X$  和  $F_Y$  分别为它们的分布函数， $F_X^{-1}$

和 $F_Y^{-1}$ 分别为 $F_X$ 和 $F_Y$ 的反函数，令

$$P^{up} = \lim_{q \rightarrow 1^-} P[Y > F_Y^{-1}(q) | X > F_X^{-1}(q)]$$

$$P^{down} = \lim_{q \rightarrow 0^+} P[Y < F_Y^{-1}(q) | X < F_X^{-1}(q)]$$

则 $P^{up}$ 和 $P^{down}$ 分别为上尾相依性和下尾相依性， $P^{up}, P^{down} \in [0, 1]$ 。若 $P^{up}$ 或 $P^{down}$ 不等于 0，则随机变量  $X, Y$  存在上尾或下尾相依性。

金融风险分析中，尾部相依性具有重要的意义，它能度量极端的风险溢出。大量实证研究结果表明，金融资产之间的尾部相依性是非对称的，下尾相依性高于上尾相依性，即金融资产价格在暴跌时的相依性高于暴涨时的相依性。

过去很多研究关于某只股票  $i$  的收益率系列 $\{r_i\}$ 和市场指数收益率序列 $\{r_M\}$ 的风险相依结构采取线性度量（如线性相关系数，线性相关系数相同的几组资产可能会存在完全不一样的相依结构，但线性度量不能捕捉到它们在这些细节上的差异），并假设单个资产/指数的分布服从标准正态分布，但之后的大量研究表明金融资产时间序列普遍存在尖峰、厚尾、有偏的分布特征，所以线性度量通常不能完全描述非正态分布随机变量的依赖性结构，它们实际的依赖结构有可能具有强的下尾依赖性或者强的上尾依赖性。现有研究表明下尾依赖性对股票预期收益的预测作用显著强于上尾依赖性（Chabi-Yo, 2018），且比起股票上涨股票市场的极端下跌更能引起投资者的注意，外部系统性风险引起的国际市场极端下跌对国内市场的传染也是一个值得探究的点，因此本文主要聚焦于下尾风险。

对于两个具有尖峰、厚尾特征的非正态分布随机变量，可以较容易地刻画它们各自的边缘分布，但想刻画出它们的联合分布却很难。Copula 函数的提出正好为解决该难题提供了可行的思路。

两个边缘分布为 $[0, 1]$ 上均匀分布的随机变量，它们之间的相依关系就是 Copula 函数所要刻画的相依关系。对边缘分布不是在 $[0, 1]$ 上的均匀分布的随机变量，使用 Copula 函数来刻画相依关系时需要先通过概率积分变换将其转换为 $[0, 1]$ 上的均匀分布的随机变量。

应用上面的定义，用 $X_1$ 代表某只股票，用 $X_2$ 代表市场组合， $X_1$ 和 $X_2$ 两者

的收益率时间序列组合为  $(r_1, r_2)$ ， $X_1$ 和 $X_2$ 分别对应的边缘分布函数为 $F_{X_1}$ 和 $F_{X_2}$ ，只要我们知道它们的相依结构即知道它们的联合分布，那么 $X_1$ 和 $X_2$ 在下尾处的相依性测度可以用下述条件概率来表示：

$$P(q) = P[X_1 < F_{X_1}^{-1}(q) | X_2 < F_{X_2}^{-1}(q)]$$

其中 $F_{X_1}^{-1}$ 表示 $F_{X_1}$ 的反函数， $F_{X_2}^{-1}$ 同理。参考 Chabi-Yo 等（2018），下尾风险依赖系数 LTD 可以表示为极限：

$$LTD = \lim_{q \rightarrow 0^+} P(q) = \lim_{q \rightarrow 0^+} P[X_1 < F_{X_1}^{-1}(q) | X_2 < F_{X_2}^{-1}(q)]$$

当  $q$  从右侧趋近于 0 时，如果  $P(q)$  的极限不等于 0，那么 $X_1$ 和 $X_2$ 在下尾处是相依的，将这个极限定义为 LTD（Chabi-Yo, 2018）。

根据 Sklar 定理，Copula 函数可以在不知道联合分布的情况下用来描述多个变量之间的相依结构，Copula 是一个定义在单位空间 $[0,1]^N$ 上的多元分布函数，维度为  $N$ ，边缘分布为均匀分布。本文考察的是两个随机变量间的下尾相依关系，因此这里使用的是二元 Copula 函数。根据 Nelson（2007），二元 Copula 函数的定义如下：

满足以下性质的函数是二元 Copula 函数：

- （1）定义域为 $[0,1]^2$ ，值域为 $[0,1]$ ；
- （2）对任意  $u, v \in [0,1]$ ， $C(u, 1) = u$ ， $C(1, v) = v$ ， $C(u, 0) = C(0, v) = 0$ ；
- （3） $C(u, v)$ 是二维递增的，对任意 $u_1, u_2, v_1, v_2 \in [0,1]$ ， $u_1 < u_2$ ， $v_1 < v_2$ ，有  $C(u_2, v_2) - C(u_2, v_1) - C(u_1, v_2) + C(u_1, v_1) \geq 0$ 。

接下来要做的，就是利用 Copula 函数来建模单个股票回报率序列和市场回报率序列之间的相依结构，使用 Copula 函数可以免于估计联合分布的麻烦：

$$C = C(u_1, u_2; \theta)$$

其中  $\theta$  为 Copula 连接参数，其包含了变量 $X_1$ 和 $X_2$ 之间相依结构信息。 $u_1$ 、 $u_2$ 分别为 $X_1$ 、 $X_2$ 的边缘分布函数，且 $u_1$ 、 $u_2 \in [0, 1]$ 。为得到 $u_1$ 和 $u_2$ ，通过

核密度估计先得到收益率序列  $(r_1, r_2)$  的边缘分布  $F_{X_1}$  和  $F_{X_2}$ ，再通过概率积分变换将边缘分布  $F_{X_1}$  和  $F_{X_2}$  转换为  $[0, 1]$  上的均匀分布  $(u_1, u_2)$ 。则：

$$\begin{aligned} P^{up} &= \lim_{q \rightarrow 1^-} P[Y > F_Y^{-1}(q) | X > F_X^{-1}(q)] = \lim_{q \rightarrow 1^-} \frac{\widehat{C}(1-q, 1-q; \theta)}{1-q} \\ &= \lim_{q \rightarrow 1^-} \frac{1-2q + C(q, q; \theta)}{1-q} = 2 - \lim_{q \rightarrow 1^-} \frac{1-C(q, q; \theta)}{1-q} \\ P^{down} &= \lim_{q \rightarrow 0^+} P[Y < F_Y^{-1}(q) | X < F_X^{-1}(q)] = \lim_{q \rightarrow 0^+} \frac{C(q, q; \theta)}{q} \end{aligned}$$

即：

$$LTD = \lim_{q \rightarrow 0^+} \frac{C(q, q; \theta)}{q}$$

根据 Clayton Copula 函数能够准确地捕捉到变量在下尾部分分布变化和变量间下尾相依性变化的特性，本文使用 Clayton Copula 函数模型来刻画两个收益率序列间的下尾依赖关系。<sup>[53]</sup>二元 Clayton Copula 函数的具体形式如下：

$$C(u_1, u_2; \theta) = (u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{-1/\theta}$$

采用最大似然法对 copula 模型进行参数估计 (Kharoubi 和 Ané, 2003; Deheuvels, 1981)，得到 copula 连接参数  $\theta$  的最优估计，据此得到下尾风险系数 LTD，根据 Chabi-Yo 在 2018 年发表的研究，LTD 可以表示为  $\theta$  的函数：

$$LTD = 2^{-1/\theta}$$

在下尾风险依赖系数 LTD 的估计过程中，样本量的充足性是需要考虑的因素之一，下尾风险依赖系数的时变性特征也是需要考虑的因素，本文采用窗口期为过去 12 个月的滚动窗口估计法计算样本内每只股票的月 LTD 序列，样本的时间区间根据实证的不同需求进行设置，在本文中共设置了三个时间区间，分别为 2003 年 1 月至 2021 年 12 月、2007 年 12 月至 2009 年 11 月、2015 年 6 月至 2017 年 5 月。2002 年 12 月，中国证监会颁布并施行《合格境外机构投资者境内证券投资管理暂行办法》，该办法的实施标志着我国资本

市场开始有限度地对外开放，因此第一个样本时间区间从次年 1 月即 2003 年 1 月开始，截止到本文研究开始时的数据更新时间。第二个样本时间区间和第三个样本时间区间的选取则是以 2008 年金融危机和 2015 年股灾的发生时间为依据。

首先针对沪深 A 股市场上的实证研究，本文使用沪深 A 股在样本区间内的所有股票的收益率序列，通过流通市值加权得到沪深 A 股的市场收益率序列  $r_m$ ， $r_m$  囊括了所有样本股票在指定时间期间的表现，在本文的研究中使用该市场收益率序列比使用上证 50、沪深 300 等指数的收益率序列更能准确反映样本股票总体的表现。

本文通过投资组合分组分析法来检验基于沪深 A 股股票与沪深 A 股市场间下尾相依性的下尾风险依赖系数 LTD 在横截面股票收益上的定价效果，同时，还检验了下尾风险是否是不被市场风险溢价因子、市值因子和账面市值比因子所解释的风险，即下尾风险是否显著不同于其他风险因子。投资组合分组分析包含以 LTD 为分组变量的单因素投资组合分组和其他变量  $\times$  LTD 的双因素投资组合分组，具体操作步骤将在本文第三章中研究方法部分做详细介绍。

为了进一步检验 LTD 在多元定价模型中的定价效果，本文紧接着对样本数据的横截面进行回归分析，使用了 Fama-MacBeth 两步回归法。回归模型以样本股票超额收益率为被解释变量，以样本股票 LTD 为解释变量，以市场风险溢价因子等其他风险因子作为控制变量。观察下尾风险依赖系数加入回归模型前和加入回归模型后的截距项变化、下尾风险依赖系数的回归系数及其显著性。

以上是本文实证研究的第一个板块，即在三个不同的样本时间区间内对沪深 A 股的下尾风险对沪深 A 股横截面股票预期超额收益率的影响进行实证分析。探索 LTD 指标在沪深 A 股市场上的定价能力，及其在危机时期的表现。

本文实证研究的第二个板块在第一个板块的基础上，将下尾风险的定价作用与国际金融市场对沪深 A 股的下尾风险传染相结合，研究国际上各代表性股票市场的极端下跌风险对沪深 A 股股票预期超额收益率的影响。本文选取了标普 500 指数（S&P500）、英国富时指数（FTSE）、德国 DAX 指数（GDA

XI)、法国 CAC 指数 (FCHI)、加拿大 GSPTSE 指数、日经 225 指数 (N225)、香港恒生指数 (HSI)、韩国成指 (KS11)、俄罗斯莫斯科指数 (RTS)、新加坡海峡时报指数 (STI)、印度孟买 SENSEX30 指数 (SENSEX) 共 11 个各国各地区市场指数, 获得它们在相应时间区间上的收益率序列。这些市场涵盖了北美、欧洲和亚太地区的代表性股票市场。

将这 11 个市场收益率序列分别与样本内的沪深 A 股股票收益率序列通过 Copula 方法构建样本股票的下尾风险依赖系数 LTD。实证分析不同市场对沪深 A 股股票的下尾风险传染, 以及这些下尾风险传染现象在不同时期的表现。

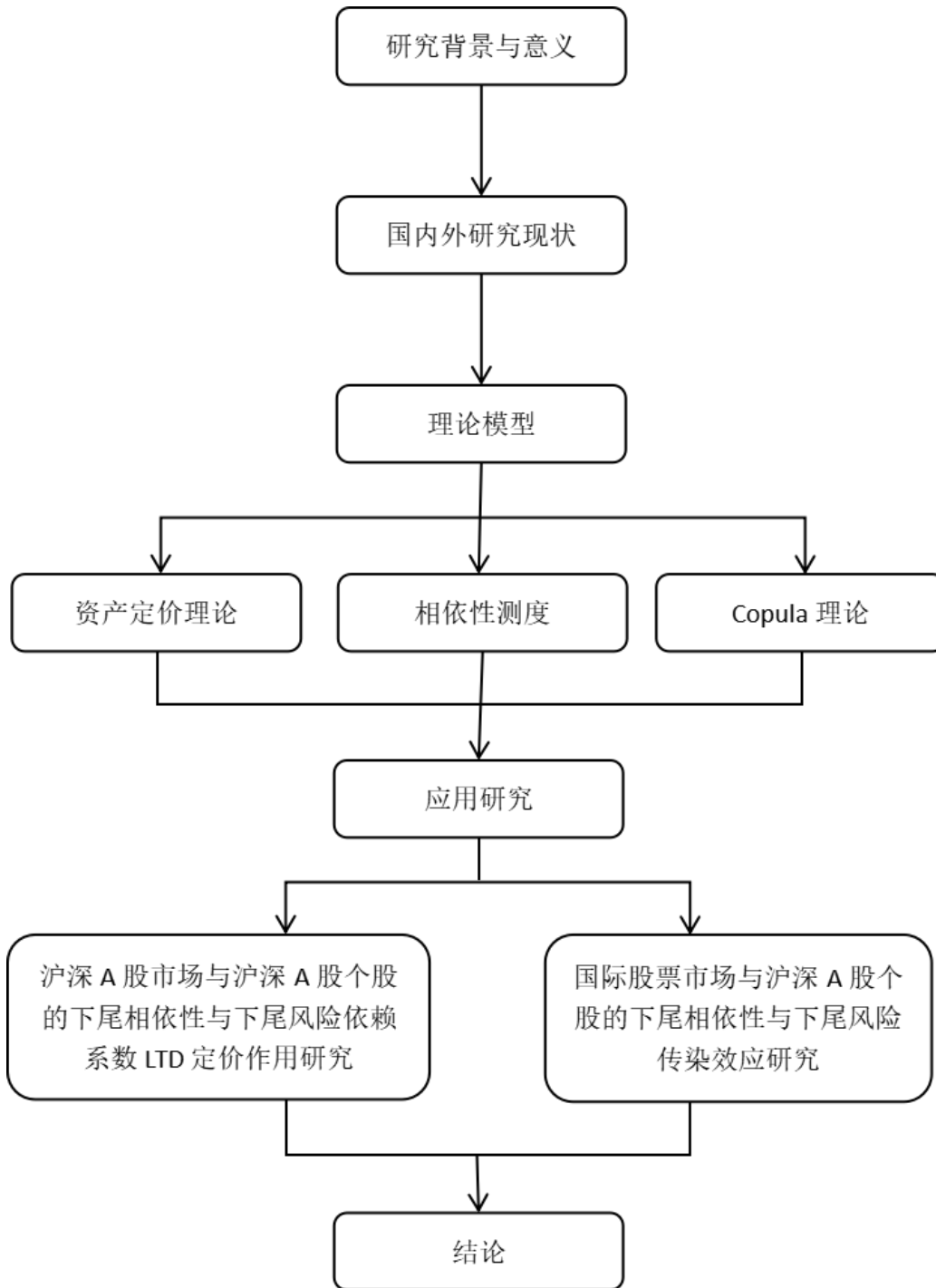


图 1 本文的研究思路图

### 1.3 本文的主要创新点

第一点，在下尾风险对 A 股横截面股票收益的过往研究中，研究者们普遍选择在一个较长的样本区间上去检验下尾风险对股票资产的定价作用，这样做得出的研究结论描绘了下尾风险在长期中对 A 股收益的综合影响，但没有考虑到该影响作用的时变性和在危机时期的特殊性，可能会导致人们对某些特殊时期的下尾风险的影响作用的低估。该问题可以通过设置不同时期的样本区间来尝试解决，本文即是在前人研究的基础上既设置长期样本区间又增加了专注于危机发生时期的较短样本区间来研究下尾风险对沪深 A 股横截面股票收益的影响。这样做一方面可以通过在长期样本区间上的实证分析验证前人的研究结论，另一方面也可以通过在危机时期样本区间上的实证分析进一步探索下尾风险对沪深 A 股股票定价作用的时变性特点，更全面地理解下尾风险对 A 股投资者的启示作用。

第二点，随着我国资本市场的有序开放和经济金融全球化，A 股投资者所面临的极端下跌风险的挑战不再只来自于所处市场本身，还会来自金融市场。关于国际股票市场与沪深 A 股的下尾风险传染或极端风险溢出的现有研究是站在市场整体的宏观层面进行的，研究者们通过构建 A 股市场与美国、香港、越南等国家或地区股票市场间的下尾风险传染模型来研究其传染路径和传染效果。这样做可以反映国际金融风险对我国市场的宏观影响，但不能反映来自外部的极端风险对 A 股股票横截面的影响。根据此研究现状，本文应用面板数据对国际股票市场下尾风险对沪深 A 股横截面股票收益的影响进行研究。此外，在上一点内容中提到的样本区间设置上的改进也将延续到这部分实证当中。



## 2. 文献综述

在上一章的内容中，主要介绍了本文的研究背景、研究意义、研究内容、研究思路，以及本文相较于已有研究的创新点。这离不开对前人研究成果的学习、梳理和思考，而本章的主要内容就是对国内外关于下尾风险及其在股票资产定价上的研究的文献进行梳理和提炼并提出本文的思考和发现。本章的内容可分为两部分，第一部分是关于下尾风险的文献综述，具体包括关于下尾风险衡量的文献综述、关于下尾风险应用的文献综述，以及对上述综述的总结性文献评述；第二部分是关于资产定价的文献综述及文献评述，资产定价理论也是本文的理论基础，在这一部分中，主要介绍了资产定价理论的发展过程，提及了下尾风险作为一个较新的定价因子对资产定价理论的贡献。

### 2.1 关于下尾风险的文献综述

#### 2.1.1 关于下尾风险衡量的文献综述

现有文献对下尾风险的研究重点之一是如何衡量尾部风险，关于尾部风险的研究起源于上个世纪 80 年代美国摩根大通公司风险管理部门对如何便捷地表示可能发生的损失的实践，研究者们根据 Markowitz 在 1952 年提出的投资组合理论，运用方差-协方差方法构建在险价值 VaR 来衡量下尾风险，在给定的置信水平下、在某时期内，资产组合可能遭受的最大损失的估计值可以表示为下面的逻辑表达式：

$$P(L \leq \text{VaR}) \geq 1 - p$$

其中  $L$  为资产损失变量， $p$  为置信水平。

根据历史数据，VaR 可以通过下列数学公式得到：

$$\text{VaR} = Z_{1-p} \sigma_p + E(R_p)$$

其中  $Z_{1-p}$  表示标准高斯分布下的  $p$  分位数， $\sigma_p$  表示金融资产的历史波动率， $E(R_p)$  表示金融资产的预期收益率。<sup>[24]</sup>

这种方法非常地直观好理解，因此迅速被业界普遍采纳，但用方差-协方差方法对 VaR 进行准确估计需要大量历史数据的支撑，如果数据量不足，将会

降低 VaR 估计值的准确性，而且一般情况下通过方差-协方差方法得到的在险价值不具有 consistency。Artzner (1999) 提出了期望亏空 (ES) 来衡量下尾风险，其经济含义是超过 VaR 的亏损的均值，这种方法在传统方差-协方差方法的基础上做了改进，得到的是 VaR 的一致性估计。<sup>[3]</sup>Frey (2000) 在对 VaR 进行估计时引入广义自回归模型，该研究发现使用波动率建模的方法可以提高 VaR 估计值的准确性。<sup>[16]</sup>Engle (2003) 使用 ARCH 模型对 VaR 进行估计，构建了 CVaR 模型 (条件 VaR 模型)，其经济含义与 ES 类似，是指当损失超过某一阈值后的平均损失，CVaR 后来也成为该领域内被广泛使用的尾部风险衡量指标。

为了达到更好的下尾风险衡量效果，许多学者根据实际应用情况对 VaR 的衡量方法做了多种改进，但到目前为止现有文献对 VaR 的衡量方法最主要分为两类，也是在相关应用中最被广泛使用的两类，一类是将条件极值理论引入到 VaR 的计算中，另一类是基于股票收益率序列与市场收益率序列的联合分布来刻画两个收益率序列在左尾部的相依结构，进而得到下尾风险依赖系数用来衡量 VaR。

第一类方法，用极值法构建 VaR 只需关注样本股票收益率序列在尾部的分布情况，而无需估计样本股票收益率序列的整体分布。Logn (1996) 最先在 VaR 的计算中引入极值理论，他以美股市场数据为样本，发现了股票收益率的尾部近似服从于广义极值分布而非正态分布，服从该分布的股票收益率具有低频高损的特点。<sup>[23]</sup>在其之前长期以来对金融资产收益率分布的建模大多考虑使用正态分布，但之后有大量研究结果表明，股票收益率的分布具有显著的尖峰、厚尾、有偏的特征，多个股票之间也表现出了显著的非对称相依性、尾部相依性等特征，因此基于正态分布的 VaR 没有重视极端事件带来的影响，进而使尾部风险被低估。而采用极值法来构建 VaR 可以有效避免因对股票收益率分布模型的建模不准确而带来的差错。陈守东等 (2007) 使用极值理论中的广义帕累托分布模型对收益率序列的尾部进行建模，来获得基于尾部估计的 VaR 和 ES 值，研究结果表明引入极值方法可以取得很可靠的 VaR 和 ES 值。<sup>[41]</sup>

除了 VaR 和 ES，基于条件极值法构建尾部  $\beta$  也可以度量尾部风险，尾部  $\beta$  度量法实际上是特定对象的  $\beta$  度量法，通过对少数尾部事件下投资组合

值的估计来衡量投资组合尾部风险的大小。Post 等（2009）就基于极值法构造了尾部  $\beta$ ，该研究将尾部  $\beta$  定义为市场当日跌幅超过 10% 的交易日的个股  $\beta$  值，该研究证明了股票指数相对于  $\beta$  分类投资组合的均值方差组合效率低下可以用方差所没有的尾部风险来解释。<sup>[28]</sup> Galsband（2012）运用了条件极值法，针对美国个股收益和国际市场的股票收益，提出了一个衡量极端下行风险的标准，下行  $\beta$ （downside beta）。<sup>[17]</sup> Kelly 和 Jiang（2014）基于极值理论构造尾部幂指数分布统计量来衡量下尾风险，该研究证明了下尾风险对市场整体的预期回报具有显著的预测能力，而从个股层面来看这种对预期回报的预测能力依然显著，这些发现与资产定价理论是一致的，又将股票风险溢价与市场罕见的灾难或其他形式的极端尾部风险联系起来。<sup>[21]</sup> Oordt 等（2016）也通过构建尾部  $\beta$  来捕捉资产组合对市场极端下跌的敏感性，检验持有高敏感性的资产组合是否可以在未来获得系统性尾部风险溢价，从该研究的实证结果上看，基于历史数据的尾部  $\beta$  有助于预测股票在市场极端下跌情况下的未来表现。<sup>[26]</sup>

条件极值法很好地捕捉了股票收益率分布的“厚尾”特征，弥补了用正态分布描述股票收益率分布来计算在险价值 VaR 时忽略极端尾部事件而造成的缺陷，极值理论的模型对下尾风险的描述更加充分且有效。但条件极值法也有其缺陷，它只能利用满足一定条件的少量观测值进行下尾风险的指标构建，因此用条件极值法容易产生估计结果不稳健的情况，而第二类方法可以弥补这一缺憾。

第二类方法，是利用单个股票收益率与市场收益率的联合分布来描绘二者的相依关系和相依结构。变量间相互依赖的线性或非线性关系被称为相依结构，它是一种函数依赖关系，Copula 函数是相依结构的一个典型度量模型。

Copula 函数最早是由 Sklar（1959）提出的，Sklar 定理提出了一种可以将连续的多变量联合分布函数分成两个部分的观点，这两个部分的其中一部分刻画了变量间的相依结构，另一部分则包含了各变量的边缘分布信息，而第一部分中的相依结构可以用 Copula 函数来描绘。<sup>[32]</sup> 想要知道多个变量间的相依性关系的最根本办法是得到这些变量的联合分布函数，但是这非常困难，目前还没有公认的可以直接准确得到多变量联合分布函数的方法。而在 Sklar 定理

的帮助下，只要有变量各自的边缘分布函数并知道它们的相依结构，就可以得到它们的联合分布，有了联合分布后就可以对它们的相依性进行了。上世纪 90 年代 Embrechts 等（1999）注意到 Copula 函数在金融领域的应用前景，此后 Copula 函数逐渐成为对金融资产间相依性进行刻画的主流方法之一。

国内则是由张尧庭（2002）首次将 Copula 理论引入到金融风险的研究中。具体的 Copula 函数有很多种，韦艳华和张世英（2004）做了 Copula 理论及其在金融分析中应用的相关研究，他们的研究表明，阿基米德 Copula 族对金融资产间尾部相依性、非线性相依性和非对称性相依性有着很强的捕捉能力，阿基米德 Copula 族中的 Gumbel Copula 函数可以对金融资产间的上尾相依性进行很好的度量，Clayton Copula 函数则可以很好地度量金融资产间的下尾相依性。<sup>[56]</sup>

基于 Copula 函数对多个资产间尾部相依性刻画的优秀性能，其被广泛使用，因此第二类方法通常又被称为 Copula 方法。该方法的优势还在于它可以利用指定时间区间内个股和市场收益率的全部有效数据，保证了样本数量的充足性，同时可以利用滚动窗口方法来实现对尾部风险的动态估计，避免了估计值受限于固定样本区间的影响。例如 Chabi-Yo 等（2018）就通过 Copula 理论构造了能够度量不同资产间下尾相依关系的估计量下尾依赖系数 LTD（Lower-Tail-Dependence），LTD 用于捕捉股价的崩盘敏感性，相较于尾部  $\beta$  等，LTD 更能体现特定时期内个股在市场崩盘时的表现。<sup>[9]</sup>

### 2.1.2 关于下尾风险应用的文献综述

有关下尾风险的另一个研究重点是其在资产定价和风险管理中的应用。

Rietz 早在 1988 年发表了有关灾难风险即极端下跌风险也可以称为市场崩盘风险对于股票市场的影响的研究，发现了下尾风险在资产定价中的作用，该研究通过对美国股票市场历史数据进行研究，该研究发现发生概率极低的下尾风险对股权溢价有显著的解释力。<sup>[30]</sup>Barro R J（2006）在 Rietz 所作工作的基础上做了延伸，研究了美国股市在二十世纪第一次世界大战、大萧条和第二次世界大战背景下下尾风险对于股票预期超额收益率的影响，该研究的结论进一步支撑了 Rietz 的结论，解释了市场崩盘时的高股权溢价和低无风险利率的谜题。<sup>[7]</sup>Bali 等（2009）采用传统 VaR 衡量美国纳斯达克市场上的股票的下

尾风险，发现下尾风险可以对股票收益产生一定的预测作用，在控制了其他可能对股票预期收益产生影响的因素后，更高的下尾风险可以给股票带来更高的预期回报。<sup>[5]</sup>Galsband (2012) 研究了承担极端下行风险的股票是否能够得到显著的更高的预期收益率，该研究分析了 1975 至 2010 年间世界上 14 个主要工业经济体的极端下行风险对不同特质股票的收益率的影响，该研究结果同样表明，极端下行风险的指标具有一定的预测能力，而且其带来的股权溢价也是显著的正数，成长型股票对短期极端下行风险更敏感而价值型股票对长期极端下行风险更敏感。<sup>[17]</sup>Weigert (2016) 通过二元 Copula 函数模型根据股票的收益率和市场收益率在其联合分布的左尾部的极端依赖性也称为下尾依赖性来捕捉单个证券对市场崩盘的敏感性即单个证券对下尾风险的敏感性，该研究搜集了全球 40 个国家的股票样本，观察这些股票的投资者们是否会因为持有具有高下尾风险敏感性特质的股票而获得补偿收益，该研究表明具有较高下尾风险敏感性特质的股票比具有较低下尾风险敏感性特质的股票获得了更高的平均回报。<sup>[35]</sup>Chabi-Yo 等 (2018) 在 Weigert 的工作上改进了 Copula 函数模型，利用二元混合 Copula 函数刻画了单个证券收益率序列与市场组合收益率序列之间的动态相依结构，该模型更多地考虑了资产组合间的上尾相依性的影响关系，通过对二元混合 Copula 模型进行估计，计算出证券的下尾风险依赖系数，以下尾风险依赖系数作为个股对市场极端下跌风险的敏感性指标，该研究的最终结论也表明高下尾风险依赖系数的股票组合可以获得显著较高的预期超额收益。<sup>[9]</sup>而 Atilgan 等 (2020) 的研究有不同的结论，他们发现在美国和国际上交易的个别股票的下尾风险对预期超额回报产生了显著的负向作用，他们对这一反常现象进行了行为金融学上的解释，认为是投资者低估了下尾风险的持久性，投资者对下尾风险的反应不足造成了这种异象。<sup>[4]</sup>

国内的学者站在 A 股市场的角度上也做了大量实证研究，探索下尾风险作为一个新的定价因子在资产定价中的效果。陈国进等 (2015) 将 A 股市场下尾风险作为系统性崩盘风险的代理变量，利用 A 股市场过去十年的历史数据进行实证检验，发现来自 A 股市场的下尾风险能够对市场在未来的收益率进行预测，且市场下尾风险与市场未来收益率之间的相关关系呈现显著正相关，同时，下尾风险对横截面投资组合收益也体现出正向的解释力。<sup>[38]</sup>熊海芳 (2019) 采用

二元混合 Copula 模型对在我国上海证券交易所上市的股票的尾部风险进行估计, 构建了下尾系数和上尾系数, 研究了下尾系数、上尾系数与个股预期收益率之间的关系, 并通过设置一个月观测期、两个月观测期至一年观测期来观察尾部系数对股票预期收益率的影响, 其研究表明下尾风险对个股预期收益率具有显著正向影响, 这种影响随着观测时间的变长而呈现倒“U”形, 而上尾系数与股票预期收益率则无显著相关性。<sup>[59]</sup>陈坚(2014)基于 A 股市场历史数据分别用 Copula 函数和极值理论对下尾风险与收益率预测进行研究, 其研究考察了 2001 年 1 月到 2012 年 12 月期间的 A 股股票月度数据, 该研究的结论是利用极值理论构建的下尾风险指标对股票市场组合收益率有负向的预测作用, 而基于 Copula 方法构建的下尾风险指标的预测作用并不十分显著。<sup>[39]</sup>

当市场发生崩盘时, 受影响的可能不仅仅是该市场内的股票, 与该市场存在相依关系的市场及那些市场中的资产也将受到崩盘风险的影响, 正如曾经经历过的 2008 年由美国次贷危机引发的全球金融危机、2012 年欧债危机和 2015 年股灾给股票投资者们带来的警示, 下尾风险在市场间存在传染现象。因此在下尾风险的研究领域中还有大量文献探讨了不同股票市场整体间的下尾相依性。Hong 等(2009)运用格兰杰因果关系检验与传统向量自回归模型研究了极端下跌风险在不同市场间的传染现象, 该研究发现, 当发生金融危机, 市场产生剧烈波动时, 金融市场间的风险传染会增强, 但值得注意的是, 格兰杰因果关系检验和向量自回归模型只能检验变量的线性关系, 而不能检验变量的非线性关系, 这将很难准确地捕捉到下尾风险。<sup>[18]</sup>而 Ling(2002)和 Patton(2002)运用 Copula 函数来捕捉不同市场间的非线性的相依关系, 研究了美国股票市场和其他国家股票市场整体间的下尾部相依性, 研究结果表明在当时美国股票市场与其他西方发达股票市场的下尾相依性较强, 而与发展中国家的股票市场之间没有显著的下尾相依关系。<sup>[22][27]</sup>Aloui 等(2011)运用 Copula 方法研究了 2008 年全球金融危机时期美国股票市场与中国股票市场、印度股票市场、俄罗斯股票市场和巴西股票市场这四个新兴市场之间的整体尾部相依性, 以及在金融危机期间美国金融市场对这四个新兴经济体的极端风险溢出效应, 其结论表明在金融危机期间金砖国家股票市场与美国股票市场存在显著增强的尾部相依性, 解释了金融危机期间这些市场的极端

下跌现象。<sup>[1]</sup>也有其他国外研究者研究了金融危机时期美国股票市场与其他发达国家股票市场间的尾部相依性，如 Boubaker H (2015)，他的研究发现美国股票市场与其他发达国家股票市场间的尾部风险传染是双向的。

国内的研究者如李悦和程希骏（2006）选用香港恒生指数和上证指数，使用 Copula 函数刻画了两个市场间的尾部相依性，该研究结果表明 H 股市场与上海市场的尾部相依性十分显著。<sup>[47]</sup>韦艳华和齐树天（2008）运用 Copula 函数研究了越南金融危机对亚洲新兴股票市场的影响，该研究结果表明越南股票市场即使在发生极端下跌危机时依旧表现得相对独立，其与中国大陆、中国香港、日本等亚洲主要国家或地区股票市场只存在非常微弱的尾部相依关系，中国 A 股市场和 H 股市场几乎不受来自越南股票市场的极端风险溢出影响。<sup>[54]</sup>黄在鑫和覃正（2012）使用 Copula 函数刻画了 A 股市场、H 股市场与美国股票市场的尾部相依性，分析了 2012 年之前金融风险在两国股票市场间的传导路径，该研究结果认为，金融风险在中美两国之间的传导有两个主要途径：第一是在沪深股票市场同美国股票市场间直接传导，但这二者间的传导关系非常弱；第二是以 H 股市场作为金融风险传导链上的桥梁，即美国股票市场上的风险先波及 H 股市场，再由 H 股市场波及 A 股市场，这种传导关系比第一种传导关系显著得多。<sup>[45]</sup>曹洁和雷良海（2020）对 A 股市场、美国股票市场和 H 股市场这三个市场整体间的下尾风险传染在中美贸易争端发生前后是否有显著变化进行了研究，实证研究结果表明在争端发生后，三地股票市场相互之间的下尾风险传染都得到了显著增强，特别是 A 股市场与 H 股市场之间的下尾风险传染效应在贸易争端发生后呈现急剧增强。<sup>[37]</sup>郑延婷等（2022）基于过去 20 年上证综指和标普 500 指数的日收盘价序列对中美股市之间的相依性结构和尾部风险传染进行研究，该研究结果表明在次贷危机之前美国股市对我国股市存在显著的尾部风险传染，而在次贷危机之后，美国股市的主导地位有所减弱，A 股开始表现出对美国股市的尾部风险传染。<sup>[6]</sup>

6]

### 2.1.3 关于下尾风险的文献评述

对下尾风险的研究始于对 VaR 的实用需求以及对危机的反省，综合来看，在下尾风险的度量方面，国外学者对衡量方法的创新做出了很大贡献，其中近

年来被学者们广泛使用的方法是极值法和 copula 法，国内学者则偏重于对方法的引进和介绍，以及结合中国市场的实际情况对方法进行一定的调整和改进。

在下尾风险的应用方面，国外的研究起步早于国内，国内学者在最近十几年间也在该领域展开了相关的研究，并结合中国本土金融市场的的数据进行了实证分析，相关研究根据与 A 股具有尾部相依关系的对象的不同可分为三类。

第一类研究大量探讨了 A 股市场下尾风险对 A 股横截面股票收益率的影响，即考察在 A 股背景下下尾风险对股票资产的定价效果，总结相关研究的研究结论，在 A 股背景下，具有高下尾风险敏感性的股票能在未来获得更高的回报。该类文献在对问题进行研究时普遍选择对一个较长的时间区间上的样本数据进行实证分析，目的是为了检验在长期中下尾风险在资产定价上的效果。很少有文献专门研究当极端风险事件发生时如 2008 年全球金融危机时期下尾风险的定价效果。

第二，随着全球各金融市场间的联系愈发紧密，越来越多的研究者开始不仅仅只关注下尾风险在 A 股市场内部的影响，而是更加关注 A 股市场与其他国际股票市场间的尾部相依性关系和尾部风险传染现象，在具体的研究方法和研究思路，现有研究或采用条件在险价值 CoVaR 方法或采用 copula 方法或其他衍生的改进方法来构建 A 股市场与其他股票市场间的尾部相依度量。A 股市场与 H 股市场间、A 股市场与美股市场间、A 股市场与其他金砖国家股票市场间等等各种组合间的下尾相依关系和下尾风险传染现象都受到广泛关注，总结该领域的研究结论，普遍认为 A 股市场受美国股票市场、欧洲发达金融市场的下尾风险影响较大，但在一些时变性研究上现有研究的结论并不统一，不如有研究表明 A 股市场受到美国纳斯达克市场的下尾风险传染近年来逐渐增强，也有研究表明 A 股市场受到美国股票市场的下尾风险传染强度呈现倒 U 型。该领域现有研究在探讨 A 股与其他股票市场间的下尾相依性时普遍使用两个市场的市场指数来构建两个市场整体间的尾部相依性测度，目前国内还没有研究关注到不同国际股票市场的下尾风险对 A 股个股层面的传染和影响，其实对于中国股票市场的特殊投资者结构而言，投资者占比超过 80% 的散户投资者因为资产规模较小、投资知识缺乏等问题，很难通过配置组合资产或市场组合来降低风险提高收益，因此相比起下尾风险对市场整体的影响，散户投资者会



更加关注其对不同特质比如不同规模、不同账市比的个股的影响，因此研究各国际股票市场的下尾风险对 A 股横截面股票收益层面的影响有新的理论价值和实践价值。

第三类研究不局限于研究股票市场与股票市场间的下尾相依性及下尾风险传染现象，比如有学者研究 A 股市场与我国期货市场间的尾部相依关系，还有学者研究三个及以上不同市场间的尾部风险传染效应。由此可见通过研究不同资产或不同市场间的风险相依结构来确定风险影响相关信息，结合风险相依性和风险传染变化有侧重地提出风险监测管理建议，对维护金融市场稳定有着重要的意义。

## 2.2 关于资产定价的文献综述及评述

资产定价领域中股票收益率的决定因素一直是最热门的话题之一，该问题的研究对股市长期稳健发展有极其重要的意义。马科维茨资产组合理论的提出成为现代资产定价理论的开端。马科维茨在 1952 年首次提出现代资产组合理论，并建立了均值方差理论模型，用数学期望衡量预期收益，用方差衡量风险，用协方差衡量资产间相关性。

Sharpe (1964) 和 Lintner (1965) 提出了经典的 CAPM 模型，该定价模型的出现成为现代资产定价问题的核心和基础，该模型构建了市场风险溢价因子，认为投资组合的收益是由承担市场风险带来的。CAPM 模型形式简洁，采用线性回归的方法就能计算出市场风险溢价因子的系数，该系数反映了资产组合对市场风险的敏感性。

但由于 CAPM 模型成立的假设过于严格和理想化，因而在许多实践应用中展现出不足之处，有许多金融市场异象无法用 CAPM 模型所解释，因此该领域的研究者们试着放宽 CAPM 模型的假设条件，使资本资产定价模型与现实更契合。Black 等 (1972) 在 CAPM 模型的假设基础上分别增加了两种假设，一个是假设无风险资产不存在且不允许投资者自由借贷，另一个是假设无风险资产存在但只允许投资者持有多头头寸而不允许投资者持有空头头寸，该研究分别对增加了这两种假设后的 CAPM 模型进行分析验证，继而提出零  $\beta$ -CAPM 模型，研究的结论表明，零  $\beta$ -CAPM 模型中的预期收益率高于 CAPM 模型中的无风险收益率。Fama 和 Macbeth (1973) 创新性使用了两部回归法对该模型

进行检验，这种回归方法现今已成为截面回归的常用方法，本文所使用的主要回归方法也正是参考了 Fama 和 Macbeth 的方法。Merton (1973) 提出了跨期资本资产定价模型，他认为投资者在进行投资时要将当期和未来多期的预期收益率都考虑在内，不同投资者具有不同的预期。Breedon (1979) 认为一个均衡市场中投资的边际效用应该等于消费的边际效用，他基于该看法提出基于消费的资本资产定价模型。

Ross (1976) 以无套利原则为基础，提出了著名的套利定价理论，Ross 认为只将投资组合的预期超额收益归因于承担了市场风险并不准确，应该把可能影响投资组合预期收益的因素全都考虑到定价模型当中，套利定价理论的核心内容是：如果市场是非均衡的，那么市场中就存在套利机会，投资者们能够在不承担风险的前提下获得正的收益。该模型假设资产的收益可以用多个影响因素来解释，并能够通过线性函数描述资产收益与这些影响因素之间的关系。套利定价模型将资产定价模型由单因素模型发展到多因素模型，但是套利定价模型只是在理论上指出不止市场风险因素能影响资产收益，却并未明确指出是那些因素可以影响资产收益，这大大限制了套利定价模型在实践中的应用。

多因子模型真正运用到实践当中是当 Fama 和 French (1993) 在资本资产定价模型的基础上建立了三因子模型之后。三因子模型认为股票收益率不仅会受系统性风险即市场风险的影响，也会受上市公司规模大小和账面市值比高低的影响。该研究发现利用这三个因子建立起来的线性模型对资产预期收益有优良的解释能力。但随着三因子模型在实践中的应用，一些学者发现虽然三因子模型对 CAPM 模型进行了优化，能解释一部分只能未能解释的金融市场异象，但仍有不能被解释的异象存在。

Carhart (1997) 发现市场中存在动量效应和反转效应，并基于该发现在 Fama-French 三因子模型中加入了动量因子，这就是 Carhart 四因子模型。Novy 和 Marx (2013) 通过实证研究发现盈利能力也对资产的预期收益率有一定的解释能力。Aharoni 等 (2013) 提出投资水平同样可以作为对资产预期收益率的定价因素。2015 年 Fama 和 French 对前人的研究成果进行总结和参考，并提出了五因子模型，五因子模型在三因子模型的基础上又考虑了上市公司

的盈利能力和投资模式对资产预期收益率的影响，用美国股票市场 50 年的历史数据对五因子模型进行验证，证明了该模型的有效性。之后 Fama 和 French 以及其他学者将 FF 五因子模型运用到其他股票市场中进行验证，发现在不同的股票市场上其定价效果有所不同，例如 James（2018）发现 FF-5 模型可以较好地解释欧美股票市场上的超额收益率，但在亚洲市场上，其解释力并不理想。<sup>[19]</sup>

国内有许多学者将 CAPM 模型、FF 三因子模型和 FF 五因子模型与 A 股市场数据相结合，检验它们在我国股票市场中的适用性。例如张信东等（2018）研究了 FF 五因子模型对 1999 至 2017 年间沪深 A 股股票月收益率的解释力，该研究发现沪深 A 股市场上存在显著的盈利效应，但不存在显著的投资效应。<sup>[63]</sup>

除了 Fama-French 五因子，学者们还陆续发现了其他一些对资产定价有显著效果的因子。这些因子在之后的研究中经常被选择性纳入考虑。

Amihud 和 Mendelson（1986）最早提出流动性溢价理论，流动性是衡量市场交易频率的指标，该研究以 1961 至 1980 年间美股市场数据为样本数据，利用买卖价差对流动性进行测度，发现流动性指标与股票收益呈现出负相关关系，该研究表明流动性较低的资产由于变现能力差而应获得相应投资溢价。随后又有学者通过不同方法构建流动性指标，并将其进入因子定价模型来检验市场上是否真的存在流动性溢价现象，大量研究结果表明流动性因子确实对超额收益率有着显著的解释力。Fan 和 Lai（1997）研究发现协峰度在资产定价中有重要作用，Harvey 和 Siddique（2000）研究发现协偏度在资产定价中也有着重要作用，Ang 等（2009）研究了股票的特质波动，发现其与股票的预期收益率存在显著负相关关系。

除了上述的发现，有学者跳出传统金融学的“理性人”假设，将行为金融学的相关理论进入到资产定价理论当中，去研究投资者的非理性行为对股票预期收益的影响。其中，反应不足、过度自信、有限关注、投资者情绪、博彩型需求等行为特征都得到了资产定价领域的研究者的广泛关注。

同样，本文所探讨的下尾风险也是基于资产定价理论的探索。

本文主要研究的下尾风险在 1988 年被 Rietz 发现对解释股权溢价有所帮

助，之后 Barro（2006）、Bali（2009）、Chabi-Yo（2018）等大量学者的研究支撑了这一观点。直到现在，下尾风险已经成为经常被研究者们使用的定价因子出现在资产定价模型中，但对于下尾风险的衡量方法创新及其在资产定价中的应用创新依然在不断推进着。

对资产定价理论的研究，总的来看，国外的研究要领先于国内，受限于国内资本市场发展时间尚短，很多资产定价因子都是国外学者优先发现，当然，这些定价因子在 A 股、H 股土壤上的定价作用以及对投资者的启示也是非常值得研究的课题，国内学者已经在这方面取得了丰盛的研究成果。本文将立足于沪深 A 股市场的土壤、我国资本市场对外开放进程有序推进的事实以及我国金融市场已成为国际金融市场重要参与者的定位，在现有研究的基础上继续推进下尾风险在资产定价领域的研究。

## 3.数据和方法

在之前的章节中，本文通过对该领域现有文献的梳理、对当下国内国际金融市场的观察和思考，提出了本文的研究内容和研究思路，那么更进一步的，本章节将为接下来的实证研究做一些准备工作。本章节的第一部分主要介绍了在接下来的实证研究中所用到的研究数据，包括数据的选取、来源和处理，以及在研究中所用到的变量的定义和计算；本章节的第二部分介绍了在本文中所使用的实证研究方法。

### 3.1 研究数据

#### 3.1.1 数据来源

本文使用到的收益率数据有 2003 年 1 月至 2021 年 12 月、2007 年 12 月至 2009 年、2015 年 6 月至 2017 年 5 月区间上沪深 A 股所有股票的月收益率；无风险收益率月度数据，选取一年期国债利率作为无风险收益率，样本区间同前；本文选取的 11 个国际股票市场指数的月收益率，样本区间与前同。

本文所使用的数据还包括样本股票公司的财务数据，包括流通市值、账市比、营业收入、营业成本、销售费用、管理费用、利息支出和报告期末的资产总额。

本文所使用到的原始数据均来源于 WIND 数据库。

为了使实证结果更加稳健，本文在进行数据处理时在各样本区间内剔除了 ST 股票和 IPO 后交易数据不足一年的股票（250 个交易日），因为本文在进行变量估计时使用了 12 个月的滚动窗口期。为了减少样本数据中异常大或异常小的值的影响，本文剔除了股票 IPO 首日的收益率数据，对于序列中间缺失值较多的样本，本文也予以删除。本文共计使用了 601236 个月度数据。

考虑到收益率序列为时间序列，而时间序列有可能会表现出序列不平稳，所以本文对各国际股票市场指数收益率序列进行了 ADF 检验，因收益率序列的数值围绕 0 上下波动，所以在 ADF 检验中选择不包含常数和趋势的检验方程。最终检验结果 p 值小于 0.05，接受序列平稳的备择假设。

#### 3.1.2 变量定义和计算

本文实证部分所用到的变量有沪深 A 股股票的下尾风险依赖系数 LTD，以

股票  $i$  为例，股票  $i$  的基于该股票与 A 股市场间下尾相依性构建的下尾风险依赖系数序列为  $LTD_{Ai}$ ；沪深 A 股市场收益率  $r_m$ ；沪深 A 股股票的  $\beta$  值，以股票  $i$  为例，其  $\beta$  为  $\beta_i$ ；作为控制变量的 Fama-French 五因子模型指标。

(1) A 股股票的下尾风险依赖系数 LTD

用  $X_1$  代表某只股票，用  $X_2$  代表市场组合， $X_2$  为沪深 A 股市场或本文选取的 11 个国际股票市场之一，这里以沪深 A 股市场为例。 $X_1$  和  $X_2$  两者的收益率时间序列组合记为  $(r_1, r_2)$ ， $X_1$  和  $X_2$  分别对应的边缘分布函数为  $F_{X_1}$  和  $F_{X_2}$ ，只要知道了它们的相依结构即知道它们的联合分布，那么可以用下列条件概率公式表示下尾依赖性测度：

$$P(q) = P[X_1 < F_{X_1}^{-1}(q) | X_2 < F_{X_2}^{-1}(q)]$$

其中， $F_{X_1}^{-1}$  表示  $F_{X_1}$  的反函数， $F_{X_2}^{-1}$  同理。参考 Chabi-Yo 等 (2018)，下尾依赖系数  $LTD_{X_2X_1}$  可以由下式计算得到：

$$LTD_{X_2X_1} = \lim_{q \rightarrow 0^+} P(q)$$

当  $q$  从右侧趋近于 0 时，如果  $P(q)$  的极限不等于 0，那么  $X_1$  和  $X_2$  在下尾（左尾）处是相依的，将这个极限定义为股票  $X_1$  基于其收益率  $r_1$  与市场  $X_2$  的收益率  $r_2$  的下尾相依性的下尾风险依赖系数  $LTD_{X_2X_1}$ 。<sup>[9]</sup>

接下来要做的，就是利用 Copula 函数来建模单个股票收益率序列和市场收益率序列之间的下尾相依结构，使用 Copula 函数可以免于估计联合分布的麻烦：

$$C = C(u_1, u_2; \theta)$$

其中  $\theta$  为 Copula 连接参数，其包含了  $(r_1, r_2)$  的相依结构信息。 $u_1$ 、 $u_2$  分别为  $X_1$ 、 $X_2$  的边缘分布函数，且  $u_1$ 、 $u_2 \in [0, 1]$ 。为得到  $u_1$  和  $u_2$ ，通过核密度估计先得到收益率序列  $(r_1, r_2)$  的边缘分布  $F_{X_1}$  和  $F_{X_2}$ ，再通过概率积分变换将边缘分布转换为  $[0, 1]$  上的均匀分布  $(u_1, u_2)$ 。根据 Clayton Copula 函数能够很好地捕捉到变量下尾变化的特性，Clayton Copula 函数的具体形式如下：

$$C(u_1, u_2; \theta) = (u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{-1/\theta}$$

采用最大似然法进行参数估计，得到 Copula 连接参数  $\theta$  的最优估计，据此得到下尾风险依赖系数，根据 Chabi-Yo (2018)， $LTD_{X2X1}$  可以表示为  $\theta$  的函数：

$$LTD_{X2X1} = 2^{-1/\theta}$$

在下尾风险依赖系数的估计过程中，为了将下尾风险依赖系数的时变性和样本量的充足性考虑进来，本文采用窗口期为过去 12 个月的滚动窗口估计法计算样本内每只股票的 LTD 月度指标。

(2) 沪深 A 股市场收益率  $r_m$

样本股票的流通市值加权平均月收益率， $\{r_m\}_t = \{\sum_{i=1}^n r_i\}_t$ 。 $\{r_i\}$  为股票  $i$  的收益率序列， $t$  表示  $t$  时期。

(3) 样本股票的  $\beta$  值

股票的  $\beta$  值反应了该股票对市场风险的敏感性。公式：

$$r_{it} = \alpha_t + \beta_i r_{mt} + \varepsilon_{it}$$

其中， $r_{it}$  表示股票  $i$  在  $t$  时期的收益率， $r_{mt}$  表示市场在  $t$  时期的收益率。

$$\hat{\beta}_i = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it} - \bar{r}_{it})(r_{mt} - \bar{r}_{mt})}{\sum_{t=1}^T (r_{mt} - \bar{r}_{mt})^2}$$

本文在股票计算  $\beta$  值序列时采用窗口期为过去 12 个月的滚动窗口估计法， $T$  取 12。

(4) 五因子模型指标

本文采取 Fama-French (2015) 中  $2 \times 3$  投资组合类型构建的五因子模型指标。

① 市场风险溢价因子：市场收益率  $r_m$  - 市场无风险收益率  $r_f$ ，反应了为市场动荡引起的投资风险所提供的风险溢价。

② 市值因子 (SMB)：单个股票市场的市值因子计算公式如下

$$SMB = (SMB_{B/M} + SMB_{OP} + SMB_{INV})/3$$

其中：

$$SMB_{B/M} = (SH + SN + SL)/3 - (BH + BN + BL)/3$$

$$SMB_{OP} = (SR + SN + SW)/3 - (BR + BN + BW)/3$$

$$SMB_{INV} = (SC + SN + SA)/3 - (BC + BN + BA)/3$$

按照 Fama-French 的方法按照公司流通市值将股票划分为 S(流通市值小于中位数的小市值公司)和 B(流通市值大于等于中位数的大市值公司)组合。

其中, SH、SN、SL 等是 S、B 与其他各组合取交集后, 经过流通市值加权的投资组合回报率。

③账面市值比因子(HML)：单个股票市场的账面市值比因子计算公式如下

$$HML = (SH + BH)/2 - (SL + BL)/2$$

账面市值比 B/M=BE/ME, 剔除账市比小于 0 的公司后按照 Fama-French 的方法将样本划分为 H(高账市比股票)、M(中账市比股票)、L(低账市比股票)组合。

其中, SH、BH、SL、BL 是 H、L 组合分别与 S、B 组合取交集后, 经过流通市值加权的股票投资组合回报率。

④盈利能力因子(RMW)：单个股票市场的盈利能力因子计算公式如下

$$RMW = (SR + BR)/2 - (SW + BW)/2$$

盈利能力 OP=(营业收入-营业成本-销售费用-管理费用-利息支出)/BE, 按 Fama-French 的方法划分为 R(强盈利能力股票)、N(中盈利能力股票)、W(弱盈利能力股票)组合。

其中, SR、BR、SW、BW 是 R、W 与其 S、B 组合取交集后, 经过流通市值加权的股票投资组合回报率。

⑤投资模式因子(CMA)：单个股票市场的投资模式因子计算公式如下

$$CMA = (SC + BC)/2 - (SA + BA)/2$$

t 期的 INV=(t-1 期的期终总资产-t-2 期的期终总资产)/t-2 期的期终总资产。按 Fama-French 的方法划分为 C(拥有保守投资模式的公司)、N(拥有中立投资模式的公司)、A(拥有激进投资模式的公司)组合。

其中, SC、BC、SA、BA 是 C、A 与其 S、B 组合取交集后, 经过流通市



值加权的股票投资组合回报率。<sup>[11]</sup>

## 3.2 研究方法

### 3.2.1 文献研究法

通过对国内外在下尾风险与资产定价领域现有文献的大量阅读与详细梳理，本文发现，国内现有文献在基于 A 股背景对下尾风险的定价效果进行实证分析时普遍选取一个为期 10 年或更长的时间区间作为样本区间，鲜少有文献研究下尾风险在发生系统性市场危机时期的定价效果；此外，国内现有文献在做进一步的有关国际股票市场下尾风险对 A 股市场产生风险传染的研究时，都是站在市场整体的角度，基于两个市场的市场收益率序列进行实证分析，目前还没有研究从 A 股横截面股票收益率角度去探索国际股票市场对 A 股股票的下尾风险传染影响。通过这些发现，本文提出了自己的研究问题和研究内容。通过对文献的梳理，本文还发现 Copula 方法在描述资产间尾部相依性上被学术界广泛认可和使用，而 Clayton Copula 函数模型被认为可以准确捕捉资产间的下尾相依结构，这为本文所要研究的问题提供了可靠的工具。

### 3.3.2 实证分析法

参考主流资产定价领域的文献研究以及在下尾风险研究领域的经典文献和最新文献，本文在检验下尾风险与横截面股票收益之间的关系时采取了以下实证方法：投资组合分组分析法（单变量和双变量）、Fama-MacBeth 回归分析方法。

#### （1）单变量分组

投资组合分组分析是因子分析中常用的实证方法。本文首先进行的是单变量投资组合分组分析，具体实施方案如下。

在  $t-1$  月，将样本股票收益率按照样本股票在该月的 LTD 指标由弱到强排列，取 20%、40%、60% 和 80% 的分位点，位于前 20%（含 20%）的为 LTD 指标最弱组标记为 W2，位于 20%-40%（含 40%）的标记为 W1，位于 40%-60%（含 60%）的标记为 M 组，位于 60%-80%（含 80%）的标记为 S1 组，位于后 20% 的为 LTD 指标最强组标记为 S2 组，共分为 5 组。计算每个投资组合在  $t$  月的流通市值加权平均收益率，和 S2 与 W2 两个投资组合的平均收益率的差异，并检验该差异的显著性。为了降低自相关和异方差的影响，本文在显著性检验

中使用 Newey-West 调整后的 t 值。

### (2) 双变量分组

但仅用单变量分组分析可能会存在一个问题：单变量分组的结果中下尾风险依赖系数与预期超额收益率之间的关系可能是由股票的其他特征引起的，即下尾风险依赖系数可能只是另外的某个风险定价因子的代理变量，为了检验是否存在这种情况，本文将接着进行双变量投资组合分组分析（以股票的  $\beta$  值作为控制变量为例），具体实施方案如下。

在 t 月，先将横截面股票收益率按照股票在 t-1 月的  $\beta$  值由低到高排序，取 20%、40%、60%和 80%的分位点，位于前 20%（含 20%）的为  $\beta$  值最低组，标记为 L2，位于 20%-40%（含 40%）的标记为 L1，以此类推，最终将样本分为五组，依次标记为 L2、L1、M、H1、H2，再在每个分组中将样本股票按 t-1 月的 LTD 指标值由低到高排序，按照相同的分位数位置将该样本分为 5 组，依次标记为 W2、W1、M、S1、S2，两次分组后共得到  $5 \times 5 = 25$  个投资组合，计算每个  $\beta$  分组下的 S2 组和 W2 组在 t 月横截面股票收益率的差异（使用 Newey-West 调整后 t 值），如果股票预期超额收益率与下尾风险系数的关系保持不变，S2 和 W2 组间收益率差异显著，则说明排除了  $\beta$  值的影响后，LTD 指标依旧能对预期超额收益率产生显著影响。

### (3) Fama-MacBeth 回归

即使是双变量投资组合分组分析，也不能同时有多个控制变量参与其中，因此本文将使用 Fama-MacBeth 回归来达到这一目的。根据 Fama 和 MacBeth（1973），该回归方法分两步进行：第一步横截面回归，即在每个时期做被解释变量对解释变量的横截面回归，得到每个解释变量在每个时期的回归系数，进而得到每个解释变量的回归系数时间序列；第二步是分析回归系数的时间序列，对平均系数进行显著性检验（使用 Newey-West 调整后 t 值），该方法可以剔除残差截面上的自相关性和因子时间序列上的自相关性。简化模型如下：

$$Y_{it} = X_{it}\beta_t + \epsilon_{it}$$

$$\hat{\beta}_{FM} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{\beta}_t$$

## (4) Newey-West 调整

考虑一个线性回归模型：

$$Y = X\beta + \epsilon$$

$$E[\epsilon|X] = 0$$

$$E[\epsilon\epsilon'] = \sigma^2 \Omega$$

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y = \beta + (X'X)^{-1}X'\epsilon$$

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = E[(\hat{\beta} - \beta)(\hat{\beta} - \beta)'|X] = \frac{1}{T} \left( \frac{1}{T} X'X \right)^{-1} \left( \frac{1}{T} X' \sigma^2 \Omega X \right) \left( \frac{1}{T} X'X \right)^{-1}$$

$\epsilon$ 为残差，当该序列不存在异方差、自相关时，残差-协方差矩阵 $\sigma^2 \Omega$ 为单位阵的倍数，这时回归系数 $\beta$ 的方差的估计量是一致估计量。当残差序列中存在异方差或自相关时，回归系数 $\beta$ 的方差的估计量不具有 consistency，是不准确的，由其计算的 t 检验值也将不准确。面对这种情况，可以通过 Newey-West 调整来解决。本文在具体应用时通过 Matlab 中的 HAC 函数可得到调整后的方差，以此计算出准确的 t 检验值。

## 4. 下尾风险与 A 股横截面股票收益的实证

在上一章节中，本文为实证研究做好了研究数据、所用研究变量和所用研究方法上的准备，那么从本章节开始，本文将正式进入实证分析阶段，而本文的实证将贯穿本章节和下一个章节。作为本文实证部分的第一个章节，本章节的主要内容是在 A 股背景下分别以长时间区间的样本和危机时期的样本为实证研究对象进行基于下尾风险的股票收益横截面的实证，分析在 A 股背景下下尾风险的定价效果，对比分析下尾风险在危机时期的定价效果与长期中的平均定价能力的差异。

### 4.1 描述性统计分析

本部分实证所用到的样本数据涵盖沪深 A 股的所有股票（在数据处理中被剔除的除外），描述性统计反映了样本股票在样本区间 2003 年 1 月至 2021 年 12 月上的基本情况。

表 1 描述性统计

变量	均值	25%分位数	中位数	75%分位数	标准差	>LTD 中位数	<LTD 中位数	差值
回报率	1.48%	-6.20%	0.34%	7.90%	0.1344	1.73%	0.51%	1.22%***
LTD	0.5722	0.4645	0.6369	0.7454	0.2358	0.6556	0.1749	0.4807***
$\beta$	0.9921	0.9358	1.042	1.1339	0.2877	1.0594	0.9526	0.1068***
规模	15.2092	14.3409	15.2196	16.0257	1.3048	15.2897	15.2966	-0.0069**
账市比	0.5618	0.5443	0.7365	0.9074	0.6302	0.2412	0.2570	-0.0158***

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著。

表 1 给出了样本股票的月平均超额收益率（流通市值加权）、股票的下尾风险依赖系数 LTD、股票的  $\beta$  值、流通市值、账面市值比的基本情况。t 检验使用 Newey 和 West（1987）标准误差计算，滞后期为 4 个月（Andrews and Monohan, 1992）。

前五列分别表示各变量的均值、25%分位数、50%分位数（中位数）、75%分位数，以及标准差。其中，样本中所有股票的平均月超额收益率为 1.48%，下尾风险依赖系数 LTD 的平均值为 0.5722。

表 1 的最后三列展示了以下尾风险依赖系数 LTD 高于（或低于并包含）其 50%分位数为条件的组合平均值，以及组合差异和差异的 t 检验结果。从表中后三列的数据中可以观察到，LTD 指标高于 50%分位数的股票组合的平均月超额收益率为 1.73%，LTD 指标低于 50%分位数（含 50%）的股票组合的平均月超额收益率为 0.51%，两者的差异为 1.22%，该差异在 1%的水平下显著。同时，LTD 指标较高的股票也有明显较高的  $\beta$  值，较小的公司规模，合较低的账市比。

LTD 与  $\beta$ 、规模、账市比之间的相关关系如表 2 所示。

表 2 相关关系矩阵

	LTD	贝塔	规模	账市比
LTD	1	——	——	——
贝塔	0.386834097	1	——	——
规模	0.65654345	0.465947902	1	——
账市比	-0.254155151	-0.008541507	-0.105451389	1

LTD 与贝塔之间的相关系数为 0.3968，LTD 与公司规模之间的相关系数为 0.6565，与账市比的相关系数为 -0.2542，本文将在之后的实证分析中考虑这些相关性的影响。

为了了解 LTD 随时间的变化趋势，本文研究了总体 LTD 的时间序列，定义总体 LTD 为所有样本股票的 LTD 序列在各个月份的流通市值加权平均。

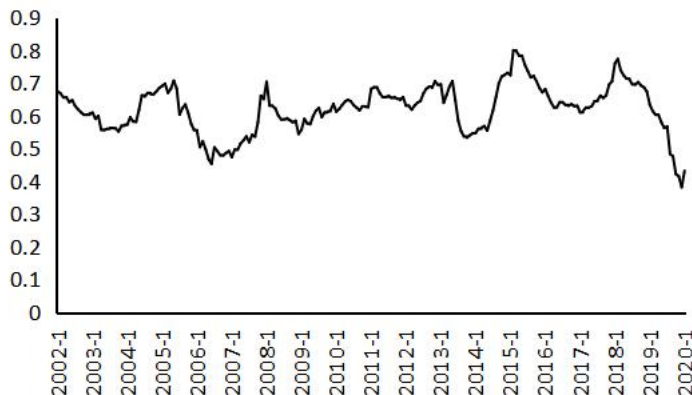


图 2 总体 LTD 时间趋势图

图 2 绘制了总体 LTD 的时间趋势图，从图中可以观察到，总体 LTD 随时间变化的走势没有特定的规律。然而总体 LTD 的走势在 2008 年左右和 2015 年左右都出现了快速上升然后达到阶段性峰值的情况。在 2008 年全球金融危机期间和 2015 年股灾期间，总体 LTD 很好地捕捉到了市场的极端下跌风险。

#### 4.2 单变量投资组合分组分析

在实证分析的主要部分，本文研究了股票的下尾风险依赖系数 LTD 对其预期超额收益率的影响。本文以 12 个月的滚动窗口为基础，估计样本股票的 LTD 月度指标。使用 12 个月的滚动窗口期主要出于两方面的考虑。首先，需要足够多的观测数据来获得可靠的下尾风险依赖系数 LTD 的估计，第二，由于一些研究表明风险暴露（如  $\beta$ ）是不稳定的，<sup>[2]</sup>因此本文需要通过使用一个不太长的滚动估计窗口来估计随时间变化的下尾风险。为了避免模型中自相关和异方差的影响，本文使用了 Newey 和 West（1987）的标准误差来确定组合排序和多元回归结果的统计意义。

为了检验基于 A 股股票与 A 股市场间下尾相依性的股票 LTD 指标在横截面上是否对预期超额收益率有显著影响，本文首先以样本股票的 LTD 作为分组变量进行单变量投资组合分组。在  $t$  月，根据样本股票  $t-1$  的 LTD 指标从弱到强排序，并按照上一章节研究方法的介绍将股票样本分为五组，按 LTD 指标从弱到强依次命名为 W2 组、W1 组、M 组、S1 组和 S2 组，计算每个投资组合在  $t$  月的流通市值加权平均超额收益率。

共进行了三次分组，区别是所选取的样本区间不同，分别是 2003 年 1 月到 2021 年 12 月的长样本区间，2008 年金融危机期间（2007 年 12 月到 2009 年 11 月）和 2015 年股灾期间（2015 年 6 月到 2017 年 5 月）。

表 3 中展示了分组结果，标有“超额收益率”的一栏展示了未来一个月该投资组合的平均超额回报率。括号中为差异的  $t$  值。

表 3 以下尾风险系数单因素分组后的组合平均超额月收益率 单位 (%)

		W2	W1	M	S1	S2	S2-W2
2003-2021	超额收益率	1.4888	1.7168	1.4529	1.5662	1.6173	0.1285*** (2.3983)

2008 金融 危机期间	超额收益率	1.0645	1.7761	1.3122	0.9652	1.2339	0.1694*** (5.2852)
2015 股灾 期间	超额收益率	0.9497	0.8377	0.9971	0.9986	1.0862	0.1365*** (2.1009)

表 3 的第一栏结果展示的是样本股票在 2003 年 1 月到 2021 年 12 月期间的分组结果，站在这个长达 19 年的观测期上，可以发现具有强下尾风险依赖性的股票组合比具有弱下尾风险依赖性的股票组合在未来可以获得更高的超额收益率。从具体数据来看，具有最弱 LTD 指标的股票组合（W2 组）的月平均超额收益率为 1.4888%，而具有最强 LTD 指标的股票组合（S2 组）的月平均超额收益率为 1.6173%，组合 S2 和组合 W2 之间的超额收益率差值为每月 0.1285%，换算成年化超额收益率为 1.5529%，该差异在 1% 的水平下显著。这个结果与投资者的避险情绪一致，投资者对持有的强 LTD 指标的股票要求有一定的正风险溢价。

表 3 的第二栏和第三栏分别展示了 2008 年全球金融危机期间的分组情况和 2015 年股灾期间的分组情况。在 2008 年金融危机期间，W2 组的月平均超额收益率为 1.0645%，S2 组的月平均超额收益率为 1.2339%，组合 S2 和组合 W2 之间的超额收益率差值为每月 0.1694%，换算成年超额收益率为 2.0518%，该差异在 1% 的水平下显著。在 2015 年股灾期间，W2 组的月平均超额收益率为 0.9497%，S2 组的月平均超额收益率为 1.0862%，组合 S2 和组合 W2 之间的超额收益率差值为每月 0.1365%，换算成年超额收益率为 1.6504%，该差异在 1% 的显著水平下具有统计学意义。

根据以上数据不难发现，在 2008 年和 2015 年的两次危机时期，LTD 指标最强组合最弱组的组合之间的差异比起它们在 2003 年-2021 年期间的差异有所扩大，该现象说明 LTD 指标能够很好地捕捉到市场的下尾部风险并将下尾风险反应到股票定价上。

### 4.3 双变量投资组合分组分析

上述单变量投资组合分组结果显示具有强下尾风险敏感性的股票组合在未来可以获得更高的超额收益率，特别是在市场发生系统性极端下跌的危机时期，持有高下尾风险敏感性股票的投资者可以获得更高的风险补偿。但该现象也有可能是由股票  $\beta$  值的差异、公司规模差异、账市比的差异等其他

与预期超额收益率相关的特征的差异所导致。因此，下一步本文根据股票的 LTD 以及  $\beta$  值、规模、账市比进行双变量投资组合分组分析，检验在控制了  $\beta$  值、规模和账市比因素后 LTD 是否依然对投资组合的预期超额收益有显著影响。

#### 4.3.1 全时间区间上的双变量投资组合分组分析

首先，本文对样本区间为 2003 年 1 月至 2021 年 12 月上的股票样本进行双变量投资组合分组。依次进行  $\beta \times LTD$  分组、规模（流通市值取自然对数） $\times LTD$  分组和账市比  $\times LTD$  分组。

表 4 展示了  $\beta \times LTD$  分组后的各投资组合未来一个月的超额收益率情况，以及每个  $\beta$  分组中最强 LTD 指标组与最弱 LTD 指标组的差异值。每个投资组合的月超额收益率由该组合内样本股票的月超额收益率通过流通市值加权平均得到。

在  $t$  月，首先在将样本股票按照各自在  $t-1$  月的  $\beta$  值排序并按分位数分为五组，从  $\beta$  值最大的组到  $\beta$  值最小的组依次记为 H2 组、H1 组、M 组、L1 组和 L2 组，然后在每个组合中再按照股票在  $t-1$  月的 LTD 指标由弱到强按分位数再分成五个投资组合，依次记为 W2 组、W1 组、M 组、S1 组和 S2 组。这样就产生了  $\beta \times LTD$  的  $5 \times 5$  投资组合。

表 4  $\beta \times LTD$  分组后的组合平均超额月收益率 单位 (%)

LTD 市场 $\beta$	W2	W1	M	S1	S2	S2-W2
L2	0.0965	0.1412	0.1825	0.1831	0.2153	0.1188*** (4.2784)
L1	1.2841	1.4420	1.7910	1.5096	1.5389	0.2549*** (2.1003)
M	1.4343	1.9419	1.4330	1.6135	1.8492	0.4149** (1.7483)
H1	1.3188	1.2456	1.8199	1.5029	1.5096	0.1909** (1.8401)
H2	1.1325	1.5977	1.6317	1.4933	1.4067	0.2742*** (2.3471)
平均	1.0532	1.2737	1.3716	1.2605	1.3039	0.2507*** (2.3256)



表 4 展示了  $\beta \times \text{LTD}$  分组结果，从上表的数据可以观察到，五组 S2-W2 的平均差异值为每月 0.2507%，转化为年超额收益率为 3.0502%，该差值在 1% 的显著性水平下具有统计学意义。而在每个  $\beta$  值的 1/5 组合中，S2 组与 W2 组的差异值都大于 0，且这些差异值至少在 5% 的水平下显著。

说明在控制了样本股票  $\beta$  值处于同等水平后，LTD 指标依然对股票的预期超额收益率产生了显著影响，持有高下尾风险敏感性的股票依然可以在未来获得显著正的风险溢价。因此，LTD 对股票预期超额收益率的影响不能被股票  $\beta$  值的差异解释掉。

此外，S2-W2 组合的预期超额收益率在中等  $\beta$  值水平的 M 组达到最大，表明 LTD 指标在中等  $\beta$  组合更显著。

根据表 2 的相关关系矩阵，LTD 与公司规模和账市比也有一定的相关关系，为了研究由 LTD 差异带来的预期超额收益率的差异是否是由这两个因素驱动的，本文又对样本股票进行了规模（取流通市值的自然对数） $\times$  LTD 的  $5 \times 5$  分组和账市比  $\times$  LTD 的  $5 \times 5$  分组。分组结果分别展示在表 5 和表 6 中。

表 5 展示了规模  $\times$  LTD 分组的情况。在每一期，将样本股票按前一期的规模由小到大排序并按分位数分成五组，依次为 L2 组、L1 组、M 组、H1 组和 H2 组。在每个按规模划分的 1/5 组合中，再按前一期的 LTD 指标由弱到强排序并按分位数分成五组，计算每个投资组合在当期的流通市值加权平均超额收益率。

表 5 规模  $\times$  LTD 分组后的组合平均超额月收益率 单位 (%)

LTD 市值	W2	W1	M	S1	S2	S2-W2
L2	0.1265	0.1049	0.1406	0.1990	0.2431	0.1165*** (2.5985)
L1	1.1003	1.6731	2.0113	1.7160	1.8669	0.7666*** (3.7019)
M	1.0663	1.5890	1.5785	1.6223	2.0064	0.9401** (1.9266)
H1	1.0738	1.5939	1.7807	1.5493	1.4207	0.3468*** (2.6180)
H2	1.2631	1.7414	1.5725	1.5164	1.7630	0.4999*** (2.1254)

平均	0.9260	1.3404	1.4167	1.3206	1.4600	0.5340*** (2.7312)
----	--------	--------	--------	--------	--------	-----------------------

根据表 5 中的数据, 5 个 S2-W2 组合的差异值的平均值为 0.5340%, 在 1% 的水平下显著。而在每个按规模分组的 1/5 组合下, S2-W2 的差异值都显著大于 0, 且该差异值在中等市值的股票组合中最大。

这说明即使一组上市公司的规模处于同一水平或相近水平但它们对下尾风险的敏感性有所差别, 也会使它们的股票在未来获得的回报率有差距。控制了规模对股票预期超额收益的影响后, LTD 对股票预期超额收益的影响并未减弱。

表 6 展示了账市比×LTD 的分组结果。与之前的分组方法相同, 在每个月, 先将样本股票按照上一期的账市比的由低到高分五组 (L2、L1、M、H1、H2), 在每一组中再按照股票上一期的 LTD 指标由弱到强分为五组 (W2、W1、M、S1、S2), 最后形成 5×5 共 25 个投资组合。

表 6 账市比×LTD 分组后的组合平均超额月收益率 单位 (%)

LTD 账市比	W2	W1	M	S1	S2	S2-W2
L2	0.1364	0.1375	0.2069	0.1877	0.2367	0.1003*** (3.2486)
L1	1.4052	1.7752	1.9919	1.2655	1.7249	0.3197* (1.4985)
M	1.3361	1.5852	1.8041	1.5658	1.6512	0.3151 (1.1825)
H1	1.0842	1.3723	1.8474	1.6922	1.6658	0.5817*** (2.5004)
H2	1.2024	1.2105	1.7221	1.6227	1.7664	0.5639*** (2.5883)
平均	1.0329	1.2162	1.5145	1.2668	1.4090	0.3761*** (3.1137)

根据表 6 中的数据可以观察到, 在每一个按账市比划分的 1/5 组合中, 最强 LTD 组合的平均超额收益率比最弱 LTD 组合高, 除了中间 40%-60% (含 60%) 水平的账市比组合中 S2-W2 差异值在 10%水平下依然不显著外, 其他组合的差异值至少在 10%的水平下显著。未来超额收益率的平均差值为每月 0.3761%, 该差值在 1%的显著性水平下具有统计学意义。

因此，在控制了与 LTD 有着一定相关关系的账市比后，投资组合依然能通过 LTD 的强弱差异来获得在未来超额收益率上的显著差值。持有高下尾风险敏感性的投资组合所获得的预期超额收益率并不能被账市比的差异所解释掉。

此外，根据表 6 中数据还可以发现，由 LTD 指标差异带来的预期超额收益率的差异在高账市比股票组合中更加明显。

根据上述三组双变量投资组合分组的分析结果，本文找到了强有力的证据，证明了股票的下尾风险依赖系数指标虽然与股票的  $\beta$  值、规模、账市比等因素具有一定的相关关系，但又不同于  $\beta$  值、规模和账市比因素，LTD 对股票预期超额收益的影响并不能被这三个因素对股票预期超额收益的影响所吸收。而且 LTD 指标的定价作用在中等  $\beta$  水平、中等市值和高账市比的股票组合中体现得更为明显。

总结这部分的实证结果，由强 LTD 指标带来的这部分股票预期超额收益率反映了股票对下尾风险的溢价，这种溢价是由个股与市场间的下尾相依性衡量的，可以用个股的下尾风险依赖系数 LTD 表示。对比具有强 LTD 指标的股票与具有弱 LTD 指标的股票，前者在未来的平均超额回报率明显高于后者。投资者在持有强 LTD 指标股票时会要求有更高的风险溢价，相对的，持有弱 LTD 指标股票的投资者愿意为这些低下尾风险敏感性股票支付更高的价格并获得相对较低的预期回报。

#### 4.3.2 危机时期的双变量投资组合分组研究

本文还分别对 2008 年金融危机期间和 2015 年股灾期间的样本数据做了如 4.3.1 中的表 4、表 5、表 6 所示的双变量投资组合分组，详细结果展示在表 7 和表 8 中。

表 7 双因素分组后的组合平均超额月收益率（2008 金融危机期间） 单位（%）

LTD	W2	W1	M	S1	S2	S2-W2
L2	0.2004	0.1846	0.1886	0.2924	0.0222	-0.1783 (-0.8339)
$\beta$ 值						
L1	0.2825	1.8286	0.5956	1.0943	1.5010	1.2185*** (5.8530)
M	1.3131	1.7696	1.0845	0.6937	1.8426	0.5296***

基于下尾风险的股票收益横截面分析

							(2.5326)
	H1	1.0003	1.0790	1.3135	0.1712	1.4888	0.4885*** (2.6224)
	H2	0.7834	1.6807	1.1533	1.8840	1.2719	0.4885*** (2.9479)
	平均	0.7159	1.3085	0.8671	0.8271	1.2253	0.5094*** (3.6922)
市值	L2	0.0841	0.1672	0.0573	0.1129	0.3347	0.2507*** (4.9310)
	L1	0.8198	2.4703	2.8299	1.0689	1.4881	0.6684*** (3.2929)
	M	0.5487	1.1032	0.6440	1.0991	0.9838	0.4349 (1.3495)
	H1	0.8958	1.8908	1.1139	0.8248	1.2020	0.3062 (1.2926)
	H2	0.9372	0.4166	1.2116	0.8827	2.0160	1.0788*** (4.7821)
	平均	0.6571	1.2096	1.1714	0.7977	1.2038	0.5467** (1.9973)
	L2	0.1268	0.1288	0.2767	0.1534	0.1830	0.0562* (1.7606)
账市比	L1	0.9843	2.6450	0.4831	0.4250	1.6367	0.6524*** (3.0599)
	M	0.9511	1.3211	0.8929	1.3427	1.7496	0.7985*** (3.7112)
	H1	1.8094	1.1209	1.0766	1.0203	1.8510	0.0416*** (2.1428)
	H2	1.5925	0.8386	2.5536	0.4128	1.9308	0.3383* (1.5990)
	平均	1.0928	1.2109	1.0566	0.6708	1.4702	0.3774*** (2.9649)

表 8 双因素分组后的组合平均超额月收益率 (2015 股灾期间) 单位 (%)

	LTD	W2	W1	M	S1	S2	S2-W2
β 值	L2	0.2727	0.0834	0.1624	0.1609	-0.0169	-0.2896 (-1.1810)
	L1	1.2858	0.4033	1.2270	1.3831	1.8588	0.5730*** (3.7563)

	M	0.5753	1.1119	1.1925	0.1348	1.0323	0.4569*** (4.7411)
	H1	0.4002	1.8011	0.9545	1.0028	1.0389	0.6388*** (7.8013)
	H2	1.2942	1.6194	0.9873	0.8022	1.7853	0.4911*** (4.7520)
	平均	0.7656	1.0038	0.9047	0.6968	1.1397	0.3741*** (3.2512)
	L2	0.0513	0.2763	-0.0071	0.1136	0.7145	0.6632*** (2.4345)
	L1	1.2567	1.1932	1.1091	1.5105	1.7309	0.4742*** (2.9230)
	M	1.7269	1.5885	1.1414	1.6764	1.9416	0.2147*** (3.7844)
规模	H1	0.8466	1.0196	1.1910	0.4142	0.8849	0.0384 (1.3778)
	H2	0.6782	0.5948	1.2595	0.1612	2.1013	1.4231*** (14.8297)
	平均	0.9119	0.9345	0.9388	0.7752	1.4746	0.5627*** (2.86)
	L2	0.1989	0.0700	0.2164	0.1800	0.0899	-0.1089 (0.9912)
	L1	0.4600	1.2422	1.3794	0.6099	1.3031	0.8431*** (8.7671)
	M	0.5560	1.0441	1.4735	1.3422	1.2827	0.7267*** (2.3823)
账市比	H1	1.0659	1.0759	0.7365	1.0713	1.3540	0.2881** (1.8972)
	H2	1.1939	1.4957	0.3196	1.4260	1.4880	0.2942*** (2.4126)
	平均	0.6949	0.9856	0.8251	0.9259	1.1035	0.4086*** (2.75)

从表 7 和表 8 中的数据可以观察到，第一，在两段危机时期，分别对样本股票的  $\beta$  值、规模因素和账市比因素进行控制后，持有 LTD 指标最强的投资组合比持有 LTD 指标最弱的投资组合获得显著的更高预期超额收益。虽然在 2008 年危机时期和 2015 年股灾期间按  $\beta \times \text{LTD}$  分组中  $\beta$  值最低的 1/5 组合表现出了负的下尾风险溢价，一个为 -0.1783% 每月，一个为 -0.2896% 每月，但由

于这两个 S2-W2 差异值在 10%的水平下不显著,因此并不影响本文在本部分实证分析的结论。

第二,对比表 7 和表 4-表 6 中 S2-W2 差异值的平均值数据,可以发现不论是控制了样本股票的  $\beta$  值、规模因素或者账市比因素,由股票 LTD 指标差异引起的预期超额收益率的差异在危机期间比在 2003 年至 2021 年的长时期内大。在危机时期,市场发生系统性极端下跌,投资者这时持有高下尾风险敏感性的股票将要求比平时更高的风险补偿。

第三,在 2008 年金融危机和 2015 年股灾期间,LTD 指标的定价作用在大市值和低账市比的股票组合中体现得更为明显。这与其在长期中的表现有所不同。

进行了以上双变量投资组合分组分析,可以了解到该方法的优势在于该方法允许研究中控制任何一个潜在的影响因素。然而,在该研究方法中一次只能额外控制一个变量,因此接下来转向一个能一次性控制多个变量的方法,使研究者可以研究多个变量对股票未来超额收益率的综合影响。

#### 4.4 Fama-MacBeth 回归分析

本文分别在 2003 年 1 月至 2021 年 12 月期间、2008 年金融危机期间(2007 年 12 月到 2009 年 11 月)和 2015 年股灾期间(2015 年 6 月到 2017 年 5 月),在横截面上进行 Fama-MacBeth 回归,表 9 中的回归(1)到(12)列出了样本股票未来一个月的超额收益率对样本股票 LTD 和其他控制变量组合的回归结果。

回归模型如下

$$r_{it} - r_{ft} = \alpha_{it} + L_{it} \cdot LTD_{it} + \beta_{it}(r_{mt} - r_{ft}) + S_{it} \cdot SMB_{B/Mt} + H_{it} \cdot HML_t \quad (1)$$

$$r_{it} - r_{ft} = \alpha_{it} + \beta_{it}(r_{mt} - r_{ft}) + S_{it} \cdot SMB_{B/Mt} + H_{it} \cdot HML_t \quad (2)$$

$$r_{it} - r_{ft} = \alpha_{it} + L_{it} \cdot LTD_{it} + \beta_{it}(r_{mt} - r_{ft}) + S_{it} \cdot SMB_t + H_{it} \cdot HML_t + R_{it} \cdot RMW_t + C_{it} \cdot CMA_t \quad (3)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/046235150124010035>