



流动性与崩盘风险： 基于中国A股市场研究

陈蓉¹ 吴宇翔²

¹ 厦门大学 管理学院, 福建 厦门 361005

² 香港中文大学(深圳) 经管学院, 广东 深圳 518000

摘要: 近年来, 股票流动性被认为是引发资本市场不稳定性的因素之一, 但究竟股票的高流动性会增大还是减少股价崩盘风险, 至今仍有争议。治理理论认为股票的高流动性通过促进知情交易和增强大股东监督能力有效缓解了公司负面消息的累积, 进而减少股价崩盘风险, 但若大股东凭借较低的成本大幅度减持或退出, 则会增大股价崩盘风险。短期行为理论认为流动性高的股票会吸引更多的短期投资者, 从而加剧公司管理者的短期业绩压力, 诱使其采取短期行为, 进而增大股价崩盘风险。

基于治理理论和短期行为理论, 以2003年至2016年中国A股主板上市公司为样本, 以股价崩盘虚拟变量和个股特定回报率的负向偏度测量股价崩盘风险, 以调整后的流动性匮乏指标测量股票流动性, 通过多元回归检验在中国A股市场上股票流动性对股价崩盘风险的影响; 在此基础上, 以未预期盈余虚拟变量测量市场未预期的负面消息释放的可能性, 通过多元回归研究股票流动性与市场未预期的负面消息释放的可能性之间的联系, 以探索股票流动性影响股价崩盘风险的机制。

研究结果表明, ①股票流动性的回归系数为正且在1%水平上显著, 表明在中国A股市场上股票的高流动性显著增大股价崩盘风险; ②形成这一影响的机制是股票的高流动性加剧了短期投资者给予公司管理者的短期业绩压力, 促使管理者采取短期行为, 不断隐瞒公司的负面消息, 进而造成负面消息累积, 累积达到上限后, 大量负面消息被集中释放, 从而引发短期投资者大量抛售股票, 股价崩盘随之形成。

从公司层面证实了股票流动性引发资本市场的不稳定性, 这一结果丰富了中国关于股价崩盘风险影响因素的研究; 验证了短期投资者的行为对股价崩盘风险的影响, 以此加强了对股价崩盘形成机制的了解。研究结果对降低中国资本市场金融风险、促进中国股市平稳健康发展具有现实意义。

关键词: 流动性; 崩盘风险; 负面消息累积; 短期行为; 负向偏度

中图分类号: F830.9

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1672-0334.2019.05.011

文章编号: 1672-0334(2019)05-0129-10

引言

近年来, 全球股市股价崩盘事件频频发生, 以中国股市为例, 从2015年6月至2016年1月, 中国股市大面积暴跌多达26次, 上证综指一路从5178点跌至2638点。该类事件对投资者的财富和资本市场的健

康发展造成严重冲击, 甚至还可能危及实体经济的运行进而诱发经济危机, 这使股价崩盘风险成为学术界、业界和监管层共同关注的热点问题。

目前, 国内外大部分研究认为负面消息的累积是造成股价崩盘的关键因素^[1-3]。在此基础上, 本

收稿日期: 2018-05-21 修返日期: 2019-03-02

基金项目: 国家自然科学基金(71471155, 71871190)

作者简介: 陈蓉, 金融学博士, 厦门大学管理学院教授, 研究方向为金融工程和固定收益证券等, 代表性学术成果为“AVIX: an improved VIX based on stochastic interest rates and an adaptive screening mechanism”, 发表在2017年第4期《Journal of Futures Markets》, E-mail: aronge@xmu.edu.cn

吴宇翔, 香港中文大学(深圳) 经管学院硕士研究生, 研究方向为数量金融等, E-mail: yuxiang_wu96@163.com

研究进一步探讨股票流动性与股价崩盘风险的关系。目前,理论界对于两者关系的解释存在两种不同的观点。一种观点认为高流动性的股票股价崩盘风险较小,根据治理理论,股票的高流动性有利于公司大股东对公司治理状况进行有效监督^[4],也促使投资者主动获取相关信息并通过知情交易获利^[5-6],从而有效缓解公司负面消息的累积,进而减少股价崩盘风险。但另一种观点认为高流动性的股票股价崩盘风险较大,已有研究提出两种可能的形成机制。①短期行为理论认为,股票的高流动性加剧了短期投资者给予公司管理者的短期业绩压力,促使管理者采取短期行为,造成负面消息累积,最终导致股价崩盘风险增大。②治理理论认为,股票的高流动性有利于大股东在提前得知公司的负面消息时及时大规模减持或退出,由此产生的大量卖单会导致股价下跌,同时引起市场的强烈反应,从而引发股价崩盘^[7]。因此,探索股票流动性如何影响股价崩盘风险以及影响形成的机制具有积极的理论意义和现实意义。

1 相关研究评述

1.1 股价崩盘形成的关键因素——负面消息累积

与外部投资者相比,公司管理者往往拥有更多关于公司经营、资产状况以及未来发展前景的内部信息,但是当决定披露还是隐瞒这些内部信息时,管理者需要考虑诸多方面的影响,所以最终公司的信息披露程度可能与外部投资者对信息的披露需求不完全一致^[8]。特别是面对负面消息时,公司管理者往往选择隐瞒或延期披露,寄希望于正面消息的出现抵消这些负面消息可能造成的影响。但是,负面消息的累积会增大股价崩盘风险,因为管理者能够隐瞒的负面消息是有一定限度的^[1],当公司的负面消息经过长时间的累积并达到临界点时,管理者无法再继续隐瞒新的负面消息,而之前累积的大量负面消息被集中释放,这将导致股价崩盘。

目前国内外关于负面消息累积导致股价崩盘风险增大的研究大多采用代理理论框架。一些学者从管理者行为或特征的角度入手分析,BLECK et al.^[9]研究发现,管理者为了自己的私利选择投资价值为负的项目,当项目出现亏损时,为了防止投资者撤资,管理者可能采用历史的财务数据隐瞒项目亏损的事实,但是不良项目的亏损程度随着时间的推移累积,直至亏损过大无法继续隐瞒,进而导致公司股价崩盘;KOTHARI et al.^[8]研究发现,为了自身职业发展,公司管理者通过隐瞒公司负面消息的方式吸收公司业绩下滑带来的股价下行风险,但同时增大了股价崩盘风险;KIM et al.^[10]研究股权激励制度与股价崩盘风险的联系,结果发现为了实现自身股权价值最大化,公司管理者采取隐瞒公司负面消息等短期行为,进而造成股价崩盘风险增大。通过运用隐藏行为模型,BENMELECH et al.^[11]认为以股价表现为参考的薪酬机制诱使管理者隐瞒公司的负面消息,从而

导致股价崩盘风险增大。以上研究表明,当公司管理者与外部投资者之间存在利益冲突时,管理者采取投资不良项目和隐瞒负面消息等短期行为保障自身利益,进而增大股价崩盘风险,损害投资者的利益。

此外,国内外学者还从会计稳健性^[12]、企业社会责任^[13-14]、宗教传统^[15-16]、高送转行为^[17]、内部控制信息披露^[18]、大股东持股比例^[19]和机构投资者持股比例^[20]等角度对负面消息积累导致股价崩盘风险增大进行实证检验,实证结果都对该结论提供了更有力的支持。

1.2 股票流动性对股价崩盘风险的影响方式

当公司管理者隐瞒的大量负面消息被集中释放时,就会发生股价崩盘,这意味着股票流动性可以通过影响负面消息产生的可能性、负面消息的累积程度以及负面消息释放时的市场反应强度3个方面影响股价崩盘风险。参考已有研究结果,股票流动性对股价崩盘风险的影响方式主要有两种理论解释,分别是治理理论和短期行为理论。治理理论基于股票的高流动性促使投资者主动获取信息并通过知情交易获利,同时也增强了大股东对公司治理状况的监督意愿和能力;短期行为理论基于流动性高的股票会吸引更多的短期投资者,进而诱使公司管理者采取短期行为。

对于股票流动性与负面消息产生的可能性之间的联系,治理理论认为更高的股票流动性增强了公司大股东监督管理层的意愿和能力,从而有效防止公司管理者做出不当投资决策,进而减少产生负面消息的可能性。具体来说,股票的高流动性使大股东更容易进一步积累公司股份,并通过对管理层的监督促使公司健康发展,股价平稳上升,从中获利^[21]。此外,股票的高流动性使大股东在提前得知公司的负面消息时能够及时减持或退出,增强了大股东对公司管理层的监督能力,因为管理层的薪酬通常与公司股价挂钩,如果大股东大幅度减持或退出,公司股价将大幅下降,从而显著影响管理者的薪酬水平^[22]。因此,在大股东更容易退出的威胁下,管理者采取行动时将以股东利益最大化作为主要目标。

对于股票流动性与负面消息的累积程度之间的联系,治理理论认为更高的股票流动性减轻了负面消息的累积程度。具体来说,主动获取信息的边际价值随着股票流动性上升而上升,因为当流动性交易者增加时,知情交易者可以利用其拥有的公司内部信息,与流动性交易者做反向交易,从而获取更多利益^[23]。因此,股票的高流动性促使投资者主动获取信息并通过知情交易获利,这也使公司股价反映更多信息,缓解内部信息的累积。此外,当股票流动性上升时,公司的大股东更愿意花费高昂的成本获取内部信息,并更加积极主动地凭借获取到的信息进行交易,以保障自身利益^[22]。这同样使股价更准确地反映公司的经济基本面,从而弱化了公司管理者长时间累积公司负面消息的能力。

另外,短期行为理论认为股票的高流动性导致

短期机会主义行为的发生,进而加剧公司负面消息的累积程度。目前,中国股市存在大量的短期投资者,上海证券交易所统计年鉴^[24]数据显示,2016年底,投资者持股账户数为3 748.26万户,其中自然人投资者多达3 740.53万户,占99.79%;非自然人投资者即机构投资者,仅占0.21%。从持股市值上看,自然人投资者占23.70%,机构投资者占76.30%,其中专业机构占15.58%,一般机构占60.00%,沪股通占比0.72%,而中国的机构投资者较多采用短期投资策略^[25]。自然人投资者和短期机构投资者往往只关注公司股价的短期变动,所以当公司发布业绩下滑等负面消息时,他们选择卖出手中的股票,而高流动性的股票具有较低的交易成本,能够及时地买入和卖出,因此吸引了大量的短期投资者^[26]。也就是说,短期投资者更倾向于短期预期收益较高的股票,这就可能导致公司管理者过度关注公司的短期业绩表现。当公司出现负面消息时,管理者就可能选择隐瞒这些负面消息,以避免短期内公司报告中的收益受到冲击而造成短期投资者大量抛售股票,从而对股价造成下行压力^[27-28]。此外,短期机构投资者持股比例较高的公司往往尽可能地管理盈余水平,以达到公司业绩目标或超过分析师预测的水平,以此稳定短期投资者^[29]。

对于股票流动性与负面消息释放时的市场反应强度之间的联系,短期行为理论认为股票的高流动性放大了短期投资者在负面消息释放时的反应强度,因为股票的高流动性降低了投资者的退出成本,这使他们可以在短时间内大量抛售手中的股票,进而引发股价崩盘^[30]。另外,治理理论却无法对两者间的联系进行统一解释。就知情交易者主要依靠公司内部信息而非公开信息进行交易的情况而言,负面消息释放时的市场反应应该很弱,因为这些消息已经通过知情交易反映在股票价格中。然而,当大股东凭借信息优势提前得知公司的负面消息并选择大量抛售手中的股票时,公司股价大幅度下跌,同时,这也引起市场的强烈反应,股价崩盘现象便随之产生^[22,31]。

综上,对股票流动性影响股价崩盘风险的3种途径的总结见表1。

表1 股票流动性影响股价崩盘风险的3种途径
Table 1 Three Ways Regarding the Effect of Stock Liquidity on Crash Risk

	负面消息产生的可能性	负面消息的累积程度	负面消息释放时的市场反应强度
治理理论	降低	降低	存在不同研究结果
短期行为理论	暂无相关研究结果	提高	提高

总而言之,由表1可知,已有研究对于股票流动

性与股价崩盘风险之间的联系有不同的观点。一方面,股票的高流动性使公司大股东能通过监督管理决策或退出威胁改善公司治理,从而减少产生负面消息的可能性。同时,股票的高流动性也促使投资者主动获取相关信息并通过知情交易获利,这提高了股价的信息效率,弱化了公司管理者长时间累积公司负面消息的能力,也减轻了负面消息释放时的市场反应。这些结论表明高流动性的股票股价崩盘风险较小。

另一方面,高流动性的股票会吸引更多的短期投资者,他们往往只关注公司的短期业绩表现,这迫使公司管理者采取短期行为并不断隐瞒负面消息,进而导致累积的负面消息最终释放时短期投资者大量抛售股票,造成股价崩盘。此外,股票的高流动性为大股东及时抛售手中的股票提供了便利,而大股东大幅度减持或退出会引起强烈的市场反应。这些结论表明高流动性的股票股价崩盘风险较大。

由此可见,需要对股票流动性与股价崩盘风险之间关系展开进一步的研究分析。CHANG et al.^[32]采用1993年至2010年美国上市公司的数据对此问题进行实证研究,结果表明在美国市场上,股票的高流动性增大股价崩盘风险。但是,目前中国仍没有相关研究从公司层面验证股票流动性对股价崩盘风险的影响方式和影响机制。因此,本研究以2003年至2016年中国A股主板上市公司为样本,对这一问题进行实证分析。

2 模型和方法

2.1 回归模型

参考CHANG et al.^[32]的实证研究方法,本研究采用模型(1)式研究股票流动性与股价崩盘风险之间的关系,即

$$CraR_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Liq_{i,t-1} + \gamma Con_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中, i 为股票, t 为年, $CraR_{i,t}$ 为*i*股票第*t*年的股价崩盘风险, $Liq_{i,t-1}$ 为*i*股票第($t-1$)年的股票流动性, $Con_{i,t-1}$ 为*i*股票第($t-1$)年的控制变量, β_0 为截距项, β_1 为股票流动性的回归系数, γ 为控制变量的回归系数, $\varepsilon_{i,t}$ 为*i*股票第*t*年的残差项。模型中所有的解释变量均滞后1期,以在一定程度上解决内生性问题。

2.2 变量定义

2.2.1 股价崩盘风险

JIN et al.^[1]将股价崩盘定义为个股的残余收益率出现大幅度偏离的负异常值,因此,需要先计算个股的残余收益率,再使用股价崩盘虚拟变量和个股特定回报率的对向偏度对股价崩盘风险进行测量。

通过模型(2)式进行回归,计算个股特定周回报率^[2],即

$$r_{i,j} = \alpha_0 + \alpha_1 r_{m,j-2} + \alpha_2 r_{m,j-1} + \alpha_3 r_{m,j} + \alpha_4 r_{m,j+1} + \alpha_5 r_{m,j+2} + v_{i,j} \quad (2)$$

其中, j 为周, $r_{i,j}$ 为*i*股票第*j*周考虑现金红利再投资的回报率, $r_{m,j}$ 为所有A股股票第*j*周考虑现金红利再投

资的回报率(流通市值加权平均法), α_0 为截距项, $\alpha_1 \sim \alpha_5$ 为各期回报率的回归系数, $v_{i,j}$ 为 i 股票第 j 周的残差项。考虑到非同步交易的影响, 本研究在模型中加入市场收益率的一阶前推项、二阶前推项和滞后项^[33]。根据 HUTTON et al.^[2] 的研究, i 股票第 j 周的特定回报率为 $W_{i,j}$, $W_{i,j} = \ln(1 + v_{i,j})$, 对数化处理的目的是使 $v_{i,j}$ 的概率密度函数转变为近似对称分布, 以便于进一步定义股价崩盘风险指标。

测量股价崩盘风险的第1个指标为股价崩盘虚拟变量(Cra)。当个股在一年中经历了1次及1次以上股价崩盘周时, Cra 取值为1, 否则取值为0。将股价崩盘周定义为该周个股特定周回报率低于个股特定周回报率年平均值减去3.090个标准差, 3.090在正态分布中对应着0.100%的概率^[2]。

借鉴 KIM et al.^[10] 的研究, 本研究使用的测量股价崩盘风险的第2个指标为个股特定回报率的负向偏度, 计算方法为

$$Nsk_{i,t} = - \frac{n(n-1)^{\frac{3}{2}} \sum W_{i,t}^3}{(n-1)(n-2) \left(\sum W_{i,t}^2 \right)^{\frac{3}{2}}} \quad (3)$$

其中, n 为 i 股票第 t 年的交易周数, $Nsk_{i,t}$ 为 i 股票在第 t 年的个股特定回报率的负向偏度, 代表股价的崩盘倾向, 其值越大, 意味着分布的负偏程度越大, 股价崩盘风险越大。

2.2.2 股票流动性

采用 AMIHUD^[34] 提出的流动性匮乏指标测量股票流动性, 计算方法为

$$Ill_{i,t} = \frac{1}{D_{i,t}} \sum_{d=1}^{D_{i,t}} \frac{|R_{i,t,d}|}{Vol_{i,t,d}} \quad (4)$$

其中, d 为交易日, $Ill_{i,t}$ 为 i 股票第 t 年的流动性匮乏指标, $D_{i,t}$ 为 i 股票第 t 年的有效交易天数, $R_{i,t,d}$ 为 i 股票第 t 年第 d 交易日的日收益率, $Vol_{i,t,d}$ 为 i 股票第 t 年第 d 交易日的交易金额。

因为 $Ill_{i,t}$ 的值越大代表股票流动性越低, 因此, 本研究将 $Ill_{i,t}$ 乘以 -1, 得到的值作为股票流动性的值, 为了方便后续分析, 再将股票流动性的值乘以 10^8 。

2.2.3 控制变量

CHEN et al.^[35] 和 HUTTON et al.^[2] 的研究表明, 股票特定周回报率的波动率(Sig)、股票平均特定周回报率(Ret)、月度换手率均值的变动(Dtu)、公司规模(Siz)和市值账面比(MB)与股价崩盘风险正相关, 借鉴他们的研究, 本研究将这些变量作为控制变量; HUTTON et al.^[2] 的研究证实, 财务杠杆(Lev)和总资产回报率(Roa)与股价崩盘风险负相关, 借鉴他们的研究, 本研究将这两个变量作为控制变量; HUTTON et al.^[2] 发现应计利润可操控性越高, 公司股价崩盘风险越大, 因此本研究将可操控性应计利润(Acc)作为控制变量; CHEN et al.^[35] 发现股票收益率的偏度具有持续性, 因此本研究还控制了个股特定收益负向偏度的一阶滞后项。最后, 加入年度哑变量和行业哑变量, 分别控制年度和行业固定效应, 行业分类标准为2012年证监会上市公司行业分类指引。控制变

量的具体定义见表2。

表2 控制变量定义
Table 2 Definition for Control Variables

变量	定义
Sig	股票特定周回报率的标准差
Ret	股票平均特定周回报率乘以100
Dtu	当年月度换手率的均值减去上一年度月度换手率的均值, 月度换手率是指月成交量与流通股数的比率
Siz	股东权益市场价值取自然对数
MB	股东权益的市值与账面价值的比率
Lev	长期负债与总资产账面价值的比率
Roa	净利润与总资产账面价值的比率
Acc	过去3年可操控性应计利润绝对值的移动平均值, 其中可操控性应计利润通过修正的 Jones 模型 ^[36] 计算得到

3 数据

3.1 数据来源和样本选择

本研究采用的数据均来自于CSMAR数据库。

本研究选取2003年至2016年中国A股主板上市公司作为研究对象, 筛选样本遵循以下原则: ①剔除金融行业上市公司样本; ②在测量股价崩盘风险和可操控性应计利润时, 剔除当年样本量不足30个的样本; ③由于ST股票的日涨跌幅限制与非ST股票不同, 所以剔除当年为ST的样本; ④剔除有缺失值的样本。最终得到1411家上市公司共计14670个公司-年度样本。

在回归分析时, 本研究对所有连续变量进行上下1%的缩尾处理。

3.2 描述性统计

表3给出主要变量的描述性统计结果, Cra 的平均值为0.081, 表明在本研究样本中, 平均有8.100%的样本在一个年度内经历了1次或1次以上的股价崩盘周。 Nsk 的平均值为-0.245, 与许年行等^[3] 和王化成等^[19] 的研究中报告的数值差别不大。以上两个指标的标准差分别为0.273和0.576, 说明这两个指标在所选样本中存在较大差异。

表4给出每年的样本量以及股价崩盘虚拟变量、个股特定回报率的负向偏度和股票流动性3个关键变量的逐年均值, 图1给出3个关键变量均值的逐年变动趋势。通过观察可以发现, 在2005年中国牛市开始之后, 股价崩盘风险代理变量 Cra_t 和 Nsk_t 的均值都明显下降; 随后, 全球金融危机爆发使股价崩盘风险再一次上升, 其影响在2010年后逐渐减弱, 股价崩盘风险因此也有所下降。股权分置改革实行后, Liq_{t-1} 的均值水平整体有明显提高, 观察其变动趋势, 发现与股价崩盘风险变量的趋势大体上相同, 又因为 Liq_{t-1} 采用滞后1期的数据, 从而可以初步反映出股票流动性对股价崩盘风险的正向作用。

表 3 主要变量描述性统计结果
Table 3 Descriptive Statistics Results for Main Variables

	平均值	标准差	5%	25%	50%	75%	95%
$Cra_{i,t}$	0.081	0.273	0	0	0	0	1.000
$Nsk_{i,t}$	-0.245	0.576	-1.221	-0.595	-0.230	0.110	0.695
$Liq_{i,t-1}$	-0.198	0.292	-0.838	-0.238	-0.069	-0.029	-0.009
$Sig_{i,t-1}$	0.042	0.014	0.021	0.031	0.041	0.052	0.069
$Ret_{i,t-1}$	-0.099	0.065	-0.233	-0.132	-0.083	-0.049	-0.022
$Dtu_{i,t-1}$	2.235	31.901	-56.281	-11.577	1.699	18.783	57.353
$Siz_{i,t-1}$	22.115	1.111	20.480	21.295	21.995	22.788	24.181
$MB_{i,t-1}$	3.012	2.317	0.905	1.522	2.297	3.651	7.735
$Lev_{i,t-1}$	0.088	0.108	0	0.003	0.043	0.137	0.322
$Roa_{i,t-1}$	0.034	0.047	-0.038	0.011	0.030	0.055	0.115
$Acc_{i,t-1}$	0.059	0.041	0.014	0.030	0.048	0.076	0.145

注: 样本量为 14 670。

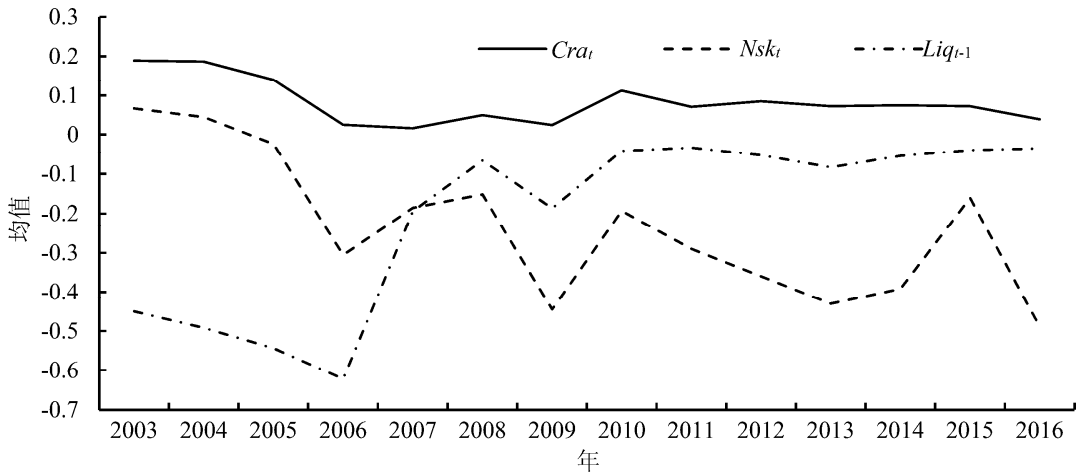


图 1 关键变量逐年均值趋势图
Figure 1 Trend Chart of Means by Year for Key Variables

表 4 关键变量逐年均值
Table 4 Means by Year for Key Variables

年份	样本量	Cra_t	Nsk_t	Liq_{t-1}
2003	920	0.189	0.067	-0.450
2004	964	0.187	0.045	-0.492
2005	1 010	0.140	-0.024	-0.544
2006	1 036	0.025	-0.305	-0.622
2007	1 009	0.016	-0.185	-0.194
2008	1 015	0.049	-0.152	-0.066
2009	1 031	0.024	-0.445	-0.186
2010	1 043	0.112	-0.193	-0.042
2011	1 048	0.071	-0.290	-0.033
2012	1 071	0.085	-0.360	-0.053
2013	1 124	0.072	-0.430	-0.083
2014	1 166	0.075	-0.392	-0.054
2015	1 125	0.072	-0.160	-0.040
2016	1 108	0.039	-0.489	-0.035
总计	14 670	0.081	-0.245	-0.198

4 实证结果和分析

4.1 股票流动性与股价崩盘风险的回归分析

表5给出股票流动性对股价崩盘风险影响的回归结果。表5第2列中,股价崩盘风险的代理变量为 $Nsk_{i,t}$,结果表明, $Liq_{i,t-1}$ 的系数在1%水平上显著为正, $t=3.195$,表明流动性越高的股票,其特定收益分布的负偏程度越大,股价崩盘风险越高。就经济意义而言,股票流动性提高一个标准差(0.292)的大小,个股特定收益的负偏程度将提高0.023。表5第3列为股价崩盘虚拟变量 $Cra_{i,t}$ 的回归结果, $Liq_{i,t-1}$ 的系数在1%水平上显著为正, $z=2.877$,表明流动性更高的股票更容易发生股价崩盘现象。就经济意义而言, $Liq_{i,t-1}$ 对 $Cra_{i,t}$ 的边际影响为0.034,因此股票流动性提高一个标准差(0.292)的大小将增加0.010股价崩盘发生的可能性。

表5第2列中,控制变量的回归结果与已有研究基本一致, $Nsk_{i,t-1}$ 、股票特定周回报率波动率、股票平均特定周回报率、市值账面比、总资产回报率、可操控性应计利润与股价崩盘风险显著正相关。表5第3列中,虽然大部分控制变量的回归结果不显著,

表5 股票流动性与股价崩盘风险
Table 5 Stock Liquidity and Stock Price Crash Risk

	$Nsk_{i,t}$	$Cra_{i,t}$
$Liq_{i,t-1}$	0.078 *** (3.195)	0.471 *** (2.877)
$Nsk_{i,t-1}$	0.043 *** (5.311)	-0.025 (-0.470)
$Sig_{i,t-1}$	12.839 *** (6.851)	11.402 (0.854)
$Ret_{i,t-1}$	2.373 *** (5.876)	4.941 (1.586)
$Dtu_{i,t-1}$	0.0001 (0.408)	-0.0003 (-0.165)
$Siz_{i,t-1}$	-0.002 (-0.301)	-0.039 (-0.877)
$MB_{i,t-1}$	0.026 *** (10.220)	0.050 *** (3.004)
$Lev_{i,t-1}$	-0.032 (-0.634)	0.210 (0.607)
$Roa_{i,t-1}$	0.446 *** (4.020)	0.398 (0.509)
$Acc_{i,t-1}$	0.240 ** (2.005)	0.484 (0.590)
样本量	14 670	14 611
调整 R^2	0.119	
虚拟 R^2		0.074

注: *** 为在1%水平上显著, ** 为在5%水平上显著,下同。

但与梁权熙等^[37]和褚剑等^[38]的研究结果基本一致;因为部分行业样本在Logit回归中出现完美成功/失败预测问题而被自动删除,使样本量减少至14 611。

4.2 稳健性检验

回归分析的初步结果表明,在中国A股市场上,个股流动性越高,股价崩盘风险越大。为了保证研究结果的稳健性,本研究用不同的变量定义进行稳健性检验。

4.2.1 不同的股价崩盘阈值

对于股价崩盘虚拟变量 Cra , 本研究采用不同的阈值定义股价崩盘周,这是为了防止本研究结果只适用于一个特定的阈值。前文采用3.090个标准差,本研究改为采用个股特定周回报率年平均值以下3.300、3.400和3.500个标准差定义股价崩盘周的阈值,检验结果见表6,结果表明 $Liq_{i,t-1}$ 的系数均在5%水平上显著为正。

4.2.2 不同的股价崩盘风险指标

参考CHEN et al.^[35]的研究,本研究采用收益上下波动比率测量股价崩盘风险,对前文结果进行检验。指标的计算方法为

表6 股价崩盘虚拟变量稳健性检验结果
Table 6 Robustness Test Results for Cra

股价崩盘周阈值	变量	$Cra_{i,t}$
个股特定周回报率年平均值以下3.300个标准差	$Liq_{i,t-1}$	0.421 ** (2.118)
个股特定周回报率年平均值以下3.400个标准差	$Liq_{i,t-1}$	0.456 ** (2.081)
个股特定周回报率年平均值以下3.500个标准差	$Liq_{i,t-1}$	0.482 ** (2.034)

$$DUVol_{i,t} = \ln \frac{(n_{up} - 1) \sum_{down} W_{i,j}^2}{(n_{down} - 1) \sum_{up} W_{i,j}^2} \quad (5)$$

其中, $DUVol_{i,t}$ 为 i 股票第 t 年的收益上下波动比率, n_{up} 为 i 股票第 t 年的特定周回报率 $W_{i,j}$ 大于年平均回报率的周数, n_{down} 为 i 股票第 t 年的特定周回报率 $W_{i,j}$ 小于年平均回报率的周数。 $DUVol_{i,t}$ 越大,意味着回报率分布更倾向于左偏,股价崩盘风险越大。

用收益上下波动比率测量股价崩盘风险的检验结果见表7, $Liq_{i,t-1}$ 的系数在5%水平上显著为正, $t = 2.304$,表明流动性越高的股票,其特定周回报率分

表7 收益上下波动比率
测量股价崩盘风险检验结果
Table 7 Test Results for Stock
Price Crash Risk Measured by $DUVol$

变量	$DUVol_{i,t}$
$Liq_{i,t-1}$	0.043 ** (2.304)
$Nsk_{i,t-1}$	0.026 *** (4.143)
$Sig_{i,t-1}$	9.060 *** (6.318)
$Ret_{i,t-1}$	1.760 *** (5.695)
$Dtu_{i,t-1}$	0.0001 (0.001)
$Siz_{i,t-1}$	-0.005 (-1.140)
$MB_{i,t-1}$	0.021 *** (10.991)
$Lev_{i,t-1}$	-0.030 (-0.787)
$Roa_{i,t-1}$	0.348 *** (4.098)
$Acc_{i,t-1}$	0.063 (0.693)
样本量	14 670
调整 R^2	0.110

布更倾向于左偏, 股价崩盘风险越大。以上检验结果表明本研究结果对于不同的股价崩盘风险测量方法具有稳健性。

4.2.3 不同的流动性指标

本研究采用另一种流动性匮乏指标 $RtoTR_{i,t}$ 测量股票流动性^[39], 该指标用换手率代替Amihud指标中的交易金额, 以避免股票规模不同带来的偏差。指标计算方法为

$$RtoTR_{i,t} = \frac{1}{D_{i,t}} \sum_{d=1}^{D_{i,t}} \frac{|R_{i,t,d}|}{Tur_{i,t,d}} \quad (6)$$

其中, $Tur_{i,t,d}$ 为*i*股票第*t*年第*d*交易日的换手率。同样地, $RtoTR_{i,t,d}$ 的值越大代表股票流动性越低。因此, 本研究将 $RtoTR_{i,t,d}$ 乘以-1得到的值作为股票流动性变量的值。用(6)式进行的股票流动性稳健性检验结果见表8。

表8 股票流动性稳健性检验结果
Table 8 Robustness Tests Results for Stock Liquidity

变量	$Nsk_{i,t}$	$Cra_{i,t}$
$Liq_{i,t-1}$	0.010 *** (2.819)	0.041 * (1.692)
$Nsk_{i,t-1}$	0.044 *** (5.390)	-0.028 (-0.510)
$Sig_{i,t-1}$	12.271 *** (6.461)	9.878 (0.730)
$Ret_{i,t-1}$	2.264 *** (5.544)	4.626 (1.472)
$Dtu_{i,t-1}$	0.0001 (0.477)	-0.0001 (-0.043)
$Siz_{i,t-1}$	0.008 (1.269)	0.017 (0.391)
$MB_{i,t-1}$	0.025 *** (10.197)	0.049 *** (2.920)
$Lev_{i,t-1}$	-0.030 (-0.609)	0.218 (0.630)
$Roa_{i,t-1}$	0.449 *** (4.047)	0.437 (0.557)
$Acc_{i,t-1}$	0.231 * (1.933)	0.440 (0.537)
样本量	14 670	14 611
调整 R^2	0.113	
虚拟 R^2		0.073

注: * 为在10%水平上显著, 下同。

表8第2列中, 股价崩盘风险的代理变量为个股特定收益的负向偏度 $Nsk_{i,t}$, $Liq_{i,t-1}$ 的系数在1%水平上显著为正, $t = 2.819$, 表明流动性越高的股票, 其特定

周回报率分布的负偏程度越大, 股价崩盘风险越高。表8第3列中, 股价崩盘风险的代理变量为股价崩盘虚拟变量 $Cra_{i,t}$, $Liq_{i,t-1}$ 的系数在10%水平上显著为正, $z = 1.692$, 表明流动性高的股票更容易发生股价崩盘现象。以上检验结果表明本研究结果对于不同的股票流动性测量方法具有稳健性。

4.3 影响机制分析

前文分析结果表明更高的股票流动性导致更高的股价崩盘风险, 但正如本研究在相关研究评述部分讨论的, 短期投资者和大股东的行为均有可能造成这种影响。因此, 本研究探讨股票流动性与市场未预期的负面消息释放的可能性之间的联系, 进一步研究股票流动性影响股价崩盘风险的机制。

短期投资者大量抛售股票的行为源于公司长时间积累的负面消息被集中释放, 因此, 若是股票流动性对股价崩盘风险的影响是由于短期投资者的行为造成的, 股票流动性应该与市场未预期的负面消息释放的可能性正相关。另外, 更高的股票流动性增强了大股东对公司治理状况的监督能力和意愿, 从而有效降低了公司负面消息产生的可能性, 同时也促使大股东主动获取信息并更积极地进行知情交易, 从而限制了公司管理者累积负面消息的能力。因此, 若是从大股东的行为分析, 股票流动性应与市场未预期的负面消息释放的可能性负相关。

参考CHANG et al.^[32]的研究方法, 本研究运用未预期盈余这一指标进一步构建虚拟变量 S_UE , 测量市场未预期的负面消息释放的可能性。确切地说, 若公司的未预期盈余在当前年度为负, 同时在上一年度为非负, S_UE 取值为1, 否则取值为0。这一变量定义是为了区分出基于以往公告或报告市场无法预期到随后将释放负面消息的公司。运用Logit模型进行回归, 具体模型为

$$S_UE_{i,t} = \varphi_0 + \varphi_1 Liq_{i,t-1} + \lambda Con_{i,t-1} + \delta_{i,t} \quad (7)$$

其中, φ_0 为截距项, φ_1 为股票流动性的回归系数, λ 为控制变量的回归系数, $\delta_{i,t}$ 为*i*股票第*t*年的残差项。股票流动性与市场未预期的负面消息释放的可能性回归结果见表9。

由表9可知, $Liq_{i,t-1}$ 的系数在5%水平上显著为正, $z = 2.542$, 表明流动性越高的股票市场未预期的负面消息释放的可能性越大, 这与前文从短期投资者的角度分析的结果一致。所以, 股票流动性对股价崩盘风险的影响主要是短期投资者的行为造成的。

5 结论

本研究以2003年至2016年中国A股主板上市公司为样本, 研究股票流动性对股价崩盘风险的影响方式以及影响机制。研究结果表明, 在中国A股市场上, 股票的高流动性显著增大股价崩盘风险; 这一影响的形成机制是, 高流动性的股票交易成本较低, 因此吸引了更多的短期投资者, 他们更关注公司的短期经营状况。为防止这类投资者抛售股票而对股价

表 9 股票流动性与市场未预期的
负面消息释放的可能性

Table 9 Stock Liquidity and Probability
of Unexpected Bad News Releases by Market

变量	$S_UE_{i,t}$
$Liq_{i,t-1}$	0.239** (2.542)
$Nsk_{i,t-1}$	-0.060* (-1.679)
$Sig_{i,t-1}$	-0.446 (-0.060)
$Ret_{i,t-1}$	-2.816* (-1.721)
$Dtu_{i,t-1}$	0.003*** (3.734)
$Siz_{i,t-1}$	-0.162*** (-6.598)
$MB_{i,t-1}$	-0.018* (-1.793)
$Lev_{i,t-1}$	0.980*** (5.033)
$Roa_{i,t-1}$	12.068*** (23.121)
$Acc_{i,t-1}$	0.296 (0.607)
样本量	14 670
虚拟 R^2	0.044

造成下行压力,公司管理者往往具有较大的短期业绩压力,这导致管理者选择隐瞒公司的负面消息,造成负面消息累积。当累积的负面消息达到上限并被集中释放时,短期投资者凭借较低的交易成本能够及时抛售股票,由此产生的大量卖单导致股票价格大幅下跌,造成股价崩盘。

本研究结论丰富了中国关于股价崩盘风险影响因素的研究,近年来,越来越多的学者和监管人员开始担心股票流动性会引发资本市场的不稳定性,本研究从公司层面证实这一担心是真实存在的。同时,研究结论对于监管实践也具有一定参考价值,现有研究表明股票流动性对公司治理、信息透明度、公司价值均能产生有利影响^[6],然而,本研究提出股票流动性的一个不利影响——通过短期投资者的行为增大了股价崩盘风险。因此,市场监管者在控制股票市场流动性水平时,应充分权衡股票流动性正反两方面的影响,以保持市场稳定运转。

从未来的进一步研究看,相对有效价差通常被认为是测量股票流动性最好的指标^[40],并经常被用

作流动性低频指标的基准指标。但由于它是通过高频数据计算得到的,收集和处理数据等方面都存在较大困难,所以最终本研究放弃使用相对有效价差测量股票流动性,转而使用低频指标。同时,在研究股票流动性对股价崩盘风险的影响机制时,还可以通过研究短期机构投资者的行为进一步验证,但由于机构投资者的数据缺失较为严重,最终本研究放弃从这个角度进行研究。所以,股票流动性对股价崩盘风险的影响机制还有待进一步检验。

参考文献:

- [1] JIN L, MYERS S C. R^2 around the world: new theory and new tests. *Journal of Financial Economics*, 2006, 79(2): 257-292.
- [2] HUTTON A P, MARCUS A J, TEHRANIAN H. Opaque financial reports, R^2 , and crash risk. *Journal of Financial Economics*, 2009, 94(1): 67-86.
- [3] 许年行,江轩宇,伊志宏,等. 分析师利益冲突、乐观偏差与股价崩盘风险. *经济研究*, 2012, 47(7): 127-140.
XU Nianhang, JIANG Xuanyu, YI Zhihong, et al. Conflicts of interest, analyst optimism and stock price crash risk. *Economic Research Journal*, 2012, 47(7): 127-140.
- [4] 熊家财,苏冬蔚. 股票流动性与代理成本: 基于随机前沿模型的实证研究. *南开管理评论*, 2016, 19(1): 84-96.
XIONG Jiakai, SU Dongwei. Ownership structure, stock liquidity and agency costs: a stochastic frontier approach. *Nankai Business Review*, 2016, 19(1): 84-96.
- [5] 熊家财,苏冬蔚. 股票流动性与企业资本配置效率. *会计研究*, 2014(11): 54-60.
XIONG Jiakai, SU Dongwei. Stock liquidity and capital allocation efficiency. *Accounting Research*, 2014(11): 54-60.
- [6] HOLDEN C W, JACOBSEN S, SUBRAHMANYAM A. The empirical analysis of liquidity. *Foundations and Trends in Finance*, 2013, 8(4): 263-365.
- [7] 吴战篪,李晓龙. 内部人抛售、信息环境与股价崩盘. *会计研究*, 2015(6): 48-55.
WU Zhanchi, LI Xiaolong. Insider selling, information environment and stock price crash risk. *Accounting Research*, 2015(6): 48-55.
- [8] KOTHARI S P, SHU S, WYSOCKI P D. Do managers withhold bad news?. *Journal of Accounting Research*, 2009, 47(1): 241-276.
- [9] BLECK A, LIU X W. Market transparency and the accounting regime. *Journal of Accounting Research*, 2007, 45(2): 229-256.
- [10] KIM J B, LI Y H, ZHANG L D. CFOs versus CEOs: equity incentives and crashes. *Journal of Financial Economics*, 2011, 101(3): 713-730.
- [11] BENMELECH E, KANDEL E, VERONESI P. Stock-based compensation and CEO (dis)incentives. *Quarterly Journal of Economics*, 2010, 125(4): 1769-1820.
- [12] 王冲,谢雅璐. 会计稳健性、信息不透明与股价暴跌风险. *管理科学*, 2013, 26(1): 68-79.
WANG Chong, XIE Yalu. Accounting conservatism, informa-

- tion opacity and stock price crash risk. *Journal of Management Science* ,2013 26(1):68-79.
- [13] KIM Y ,LI H D ,LI S Q. Corporate social responsibility and stock price crash risk. *Journal of Banking & Finance* , 2014 43:1-13.
- [14] 权小锋,吴世农,尹洪英. 企业社会责任与股价崩盘风险“价值利器”或“自利工具”? . 经济研究,2015 50(11):49-64.
- QUAN Xiaofeng ,WU Shinong ,YIN Hongying. Corporate social responsibility and stock price crash risk: self-interest tool or value strategy?. *Economic Research Journal* ,2015 50(11):49-64.
- [15] CALLEN J L ,FANG X H. Religion and stock price crash risk. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* ,2015 50(1/2):169-195.
- [16] 曾爱民,魏志华. 宗教传统影响股价崩盘风险吗? 基于“信息披露”和“管理自律”的双重视角. 经济管理,2017 39(11):134-148.
- ZENG Aimin ,WEI Zhihua. Does religiosity affect stock price crash risk? Research from dual perspectives of “information disclosure” and “managerial self-discipline”. *Business Management Journal* ,2017 39(11):134-148.
- [17] 酒莉莉,刘斌,李瑞涛. “一劳永逸”还是“饮鸩止渴”: 基于上市公司高送转的研究. 管理科学,2018 31(4):17-29.
- JIU Lili ,LIU Bin ,LI Ruitao. “Once for all” or “quench a thirst with poison”? An empirical study on high stock dividends issued by Chinese listed firms. *Journal of Management Science* ,2018 31(4):17-29.
- [18] 叶康涛,曹丰,王化成. 内部控制信息披露能够降低股价崩盘风险吗?. 金融研究,2015(2):192-206.
- YE Kangtao ,CAO Feng ,WANG Huacheng. Can internal control information disclosure reduce stock price crash risk?. *Journal of Financial Research* ,2015(2):192-206.
- [19] 王化成,曹丰,叶康涛. 监督还是掏空:大股东持股比例与股价崩盘风险. 管理世界,2015(2):45-57.
- WANG Huacheng ,CAO Feng ,YE Kangtao. Monitoring or tunneling? The proportion of the proportion held by the big shareholders and the risk of the crash of the stock price. *Management World* ,2015(2):45-57.
- [20] 曹丰,鲁冰,李争光,等. 机构投资者降低了股价崩盘风险吗?. 会计研究,2015(11):55-61.
- CAO Feng ,LU Bing ,LI Zhengguang ,et al. Can institutional investor reduce stock price crash risk?. *Accounting Research* ,2015(11):55-61.
- [21] MAUG E. Large shareholders as monitors: is there a trade-off between liquidity and control?. *The Journal of Finance* , 1998 53(1):65-98.
- [22] EDMANS A. Blockholder trading ,market efficiency and managerial myopia. *The Journal of Finance* ,2009 64(6):2481-2513.
- [23] HOLMSTRÖM B ,TIROLE J. Market liquidity and performance monitoring. *Journal of Political Economy* ,1993 101(4):678-709.
- [24] 吴清,黄红元,潘学先,等. 上海证券交易所统计年鉴. 上海:上海远东出版社,2017:623-627.
- WU Qing ,HUANG Hongyuan ,PAN Xuexian ,et al. *Shanghai stock exchange statistics annual*. Shanghai: Shanghai Far East Publishers ,2017:623-627.
- [25] 朱伟骅,王振华. 上海证券交易所投资者结构与行为报告. 上海:上海证券交易所资本市场研究所,2013:8-9.
- ZHU Weihua ,WANG Zhenhua. *Report on the structure and behavior of the investors in the Shanghai securities market*. Shanghai: Capital Market Research Institute of the Shanghai Stock Exchange ,2013:8-9.
- [26] FANG V W ,TIAN X ,TICE S. Does stock liquidity enhance or impede firm innovation?. *The Journal of Finance* ,2014 69(5):2085-2125.
- [27] BUSHEE B J. The influence of institutional investors on myopic R&D investment behavior. *The Accounting Review* , 1998 73(3):305-333.
- [28] BUSHEE B J. Do institutional investors prefer near-term earnings over long-run value?. *Contemporary Accounting Research* , 2001 18(2):207-246.
- [29] MATSUMOTO D A. Management's incentives to avoid negative earnings surprises. *The Accounting Review* ,2002 77(3):483-514.
- [30] BHIDE A. The hidden costs of stock market liquidity. *Journal of Financial Economics* ,1993 34(1):31-51.
- [31] EDMANS A. Blockholders and corporate governance. *Annual Review of Financial Economics* ,2014 6(1):23-50.
- [32] CHANG X ,CHEN Y Y ,ZOLOTOY L. Stock liquidity and stock price crash risk. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* ,2017 52(4):1605-1637.
- [33] DIMSON E. Risk measurement when shares are subject to infrequent trading. *Journal of Financial Economics* ,1979 7(2):197-226.
- [34] AMIHUD Y. Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects. *Journal of Financial Markets* ,2002 5(1):31-56.
- [35] CHEN J ,HONG H ,STEIN J C. Forecasting crashes: trading volume ,past returns ,and conditional skewness in stock prices. *Journal of Financial Economics* ,2001 61(3):345-381.
- [36] DECHOW P M ,SLOAN R G ,SWEENEY A P. Detecting earnings management. *The Accounting Review* ,1995 70(2):193-225.
- [37] 梁权熙,曾海舰. 独立董事制度改革、独立董事的独立性与股价崩盘风险. 管理世界,2016(3):144-159.
- LIANG Quanxi ,ZENG Haijian. Independent director system reform ,independence of independent directors ,and the risk of stock price. *Management World* ,2016(3):144-159.
- [38] 褚剑,方军雄. 中国式融资融券制度安排与股价崩盘风险的恶化. 经济研究,2016 51(5):143-158.
- CHU Jian ,FANG Junxiong. Margin-trading ,short-selling and the deterioration of crash risk. *Economic Research Journal* , 2016 51(5):143-158.
- [39] 代冰彬,岳衡. 货币政策、流动性不足与个股暴跌风险. 金融研究,2015(7):135-151.
- DAI Bingbin ,YUE Heng. Monetary policy ,liquidity shortage and stock price crash risk. *Journal of Financial Research* ,

2015(7) : 135–151.

[40] FANG V W , NOE T H , TICE S. Stock market liquidity and

firm value. *Journal of Financial Economics* , 2009 , 94(1) : 150–169.

Liquidity and Crash Risk: Evidence from the Chinese A-share Stock Market

CHEN Rong¹ , WU Yuxiang²¹ School of Management , Xiamen University , Xiamen 361005 , China² School of Management and Economics , The Chinese University of Hong Kong , Shenzhen , Shenzhen 518000 , China

Abstract: In recent years , stock liquidity is regarded as one of the factors that can cause instability in the capital markets. However , whether high stock liquidity increases or decreases stock price crash risk in Chinese A-share stock market is uncertain until now. Prior research on stock liquidity has offered two relevant theories on crash risk. Governance theory predicts that higher stock liquidity encourages informed trading , and enhances large shareholders' incentives and capability to monitor firms , which can weaken the extent of bad news hoarding , and reduce stock price crash risk. However , if large shareholders decide to sell off their shares or exit by right of low trading costs , then stock price crash risk will be exacerbated. Short-termism predicts that higher stock liquidity attracts transient investors and induces managers to engage in short-termist behavior , which can result in bad news hoarding , and increase stock price crash risk.

Based on governance theory and short-termism , we use a large sample of 1 411 firms listed on Chinese A-share Main Board for 2003–2016 , and we adopt crash dummy and negative skewness to measure the stock price crash risk and use adjusted liquidity indicator , which is derived from the Amihud stock illiquidity indicator , to measure stock liquidity. Then we verify whether stock liquidity mitigates or exacerbates crash risk by multiple regressions analysis. Based on the results we have obtained , we adopt unexpected surplus dummy to measure the probability of unexpected bad news releases and examine the relationship between them in order to find out which channel is more important in driving the stock liquidity-crash risk relation.

The results suggest that: ①The regression results show that the coefficient of the predictor variable , the stock liquidity indicator , is positive and significant at 1% , which means that in Chinese A-share stock market , stock liquidity increases stock price crash risk significantly. ②The relationship between the probability of unexpected bad news releases and stock liquidity is positive and significant , which is consistent with the short-termism. Therefore , the mechanism underlying this effect is that liquidity induces managers to withhold bad news , fearing that its disclosure will lead to selling by transient investors. Eventually , accumulated bad news is released all immediately , causing a crash.

The research makes several contributions that: ①We verify from firm-level that stock liquidity can cause instability in the capital markets , which contributes to the domestic research that examines the determinants of stock price crash risk. ②We examine the effect of short-term investors' behaviors on crash risk and then strengthen the understanding of the potential mechanisms , which is propitious to reduce financial risks in China's capital market and promote stable and healthy development of Chinese A-share stock market.

Keywords: liquidity; crash risk; bad news hoarding; short-termism; negative skewness

Received Date: May 21st , 2018 **Accepted Date:** March 2nd , 2019

Funded Project: Supported by the National Natural Science Foundation of China(71471155 , 71871190)

Biography: CHEN Rong , doctor in finance , is a professor in the School of Management at Xiamen University. Her research interests include financial engineering and fixed-income securities. Her representative paper titled “AVIX: an improved VIX based on stochastic interest rates and an adaptive screening mechanism” was published in the *Journal of Futures Markets*(Issue 4 , 2017) . E-mail: aronge@xmu.edu.cn

WU Yuxiang is a master degree candidate in the School of Management and Economics at The Chinese University of Hong Kong , Shenzhen. His research interest focuses on quantitative finance. E-mail: yuxiang_wu96@163.com

□