

分类号: F830

单位代码: 10335

密 级: 无

学 号: 21701095

# 浙江大学

## 硕士专业学位论文



中文论文题目: 比特币价格泡沫检验的实证研究  
——基于 SADF 检验和 GSADF 检验

英文论文题目: **The empirical study in testing Bitcoin price**  
**bubble based on SADF and GSADF methods**

申请人姓名: 刘玉燕

指导教师: 钱彦敏

合作导师: 杨志强

专业名称: 金融专业

研究方向: 互联网金融

所在学院: 经济学院

论文提交日期: 2019 年 5 月 27 日

比特币价格泡沫检验的实证研究

——基于 SADF 检验和 GSADF 检验



论文作者签名: 刘玉燕

指导教师签名: 俞敏

论文评阅人 1: 隐名评阅

评阅人 2: 隐名评阅

评阅人 3: 隐名评阅

评阅人 4: 隐名评阅

评阅人 5:

答辩委员会主席: 马良华 教授 浙江大学经济学院

委员 1: 张月飞 副教授 浙江大学经济学院

委员 2: 毛生苗 正高 浙江胜道投资管理有限公司

委员 3:

委员 4:

委员 5:

答辩日期: 2019 年 5 月 23 日

**The empirical study in testing Bitcoin price bubble**

**Based on SADF and GSADF methods**



Author's signature: Liu Yuyan

Supervisor's signature: Yun Qi

Thesis reviewer 1: Anonymous Reviewer

Thesis reviewer 2: Anonymous Reviewer

Thesis reviewer 3: Anonymous Reviewer

Thesis reviewer 4: Anonymous Reviewer

Thesis reviewer 5: \_\_\_\_\_

Chair: Prof. MA Lianghua Zhejiang University

(Committee of oral defence)

Committeeman 1: A.P. ZHANG Yuefei Zhejiang University

Committeeman 2: Senior Title MAO Shengmiao Zhejiang  
Shengdao Investment Management Ltd.

Committeeman 3: \_\_\_\_\_

Committeeman 4: \_\_\_\_\_

Committeeman 5: \_\_\_\_\_

Date of oral defence: 2019/5/23

## 浙江大学研究生学位论文独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得浙江大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：刘玉燕

签字日期：2019年5月28日

## 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解浙江大学有权保留并向国家有关部门或机构送交本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权浙江大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索和传播，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：刘玉燕

导师签名：



签字日期：2019年5月28日

签字日期：2019年5月28日

学位论文作者毕业后去向：

工作单位：

电话：

通讯地址：

邮编：

## 致 谢

经过几个月的努力，我最后完成了论文的写作。首先要非常感谢我的导师，经济学院的钱彦敏老师，钱老师从我开始选题、开题、预答辩及论文终稿的完成过程都给予了我非常多的帮助，每次都及时耐心的回答我提出的问题。对于研究比特币这一新型资产，在理论和实证研究都比较贫瘠的情况下，在论文的写作中也遇到了不少困难，老师不断的给予鼓励和指导，感激之情难以言表。在论文写作中，经济学院的其他老师也给了我许多宝贵的指导意见，在此表示感谢，此外，经济学院丰富多彩的课程和细致严谨的老师，让我在理论学习上更进一步，使我在论文写作过程中感念甚深。另外还要感谢我的父母、我的室友还有我的朋友们，是他们给我的鼓励使我能够在论文中遇到困难时不气馁不放弃。

毕业在即，在今后的工作生活中，我会铭记师长们的教诲，继续不断努力学习，争取有所进步，不辜负所有支持和帮助过的人。

## 摘 要

近年来，比特币和其他数字货币的出现吸引了来自媒体、学术界和监管层等各方的关注。在其产生的 10 年多，价格涨幅超百万倍。大家普遍认为比特币价格存在泡沫。本文回顾了关于比特币的学术研究发现，大多是关于比特币定性研究，对于比特币价格的定量研究还有待加强。尽管已经有一些学者对于比特币估值做了不同的尝试：有将比特币视为商品用成本法估值，有将其视为货币通过费雪方程式估值，也有视为股票通过市盈率估值，此外还有期权定价和无套利定价等方法去对比特币进行估值，但都存在各样的问题，这些估值方法在计算比特币基本面价值方面误差较大，通过衡量比特币价格偏离基础价值的程度，除了基础价值估计误差大的问题外还存在其他问题，对于比特币这一基本面价值尚不明确无法估值的新型资产，研究其价格泡沫问题更多的目前只能从比特币价格异常的角度出发，即本文检验比特币的价格爆炸性特征是从比特币价格异常形态去判断泡沫，而非从内在价值这一泡沫本质定义的角度去检验泡沫。

本文基于近几年 Phillips et al. 等人提出的新方法 SADF 检验和 GSADF 检验，对比特币价格原始序列的爆炸性特征做检验，规避了比特币内在价值难以计算的问题，从价格异常波动角度出发检验泡沫，同时对比特币的泡沫存续周期即比特币价格异常波动阶段进行估计。本文基于该方法的实证结果发现比特币价格在 2013 年末和 2017 下半年存在泡沫，并结合同时期比特币相关的市场和政府层面的信息作出泡沫原因分析。最后基于针对比特币在价格泡沫过程中出现的各类风险，从交易体系、法律体系及监管体系三个维度，对泡沫破灭后比特币未来发展提出了相应的政策建议。

**关 键 词：** 比特币；资产价格泡沫；单位根检验

## ABSTRACT

Cryptocurrencies including Bitcoin appear in the public in recent years, which have attracted much remarkable attention from the media, the academic and governments. The price of bitcoin has been fluctuating rapidly from its rising to now. The price bubble exists in Bitcoin is a common narrative. This article firstly recalls the researches about the Bitcoin, which mainly focus on qualitative researches and lack in quantitative examinations. Thus, the quantitative study about Bitcoin should be enforced. The academics tries to compute the fundamental value of the Bitcoin. Some regard the Bitcoin as the goods and evaluate the fundamental value based on the cost pricing method. Some tries to find the value of Bitcoin from Fisher Equation. Some use the PE method to measure the value of Bitcoin. Others attempt to use options pricing model and arbitrage-free pricing method to get the fundamental value of the Bitcoin. But there is a problem in these method that the error in the fundamental value would amplify the error in testing the bubble of Bitcoin. In addition, the phenomenon that asset price deviates from its intrinsic value described as the price bubbles is criticized. The bubble is a long-term and remarkable deviation. Thus in this paper, it is to test the price bubble in the way to find the explosiveness in the price from the changing process in price, not from the intrinsic value.

Based on Supremum ADF test and Generalized Supremum ADF test forward by Phillips et al. recent years, this article examines the existence and its duration of the price bubble in Bitcoin over the period from 1 January 2013 to 31 October 2018. The empirical tests have detected Bitcoin bubbles in 2013 and 2017, especially in 2017. The results indicate that there are sever price bubbles in Bitcoin, combined with the information from the governments and the market, the reasons for the price bubbles over the period have been displayed. Finally, based on the study and the analysis, in order to reduce the risks in Bitcoin, some advices for the development about the transaction, legislation and regulation are put forward form perspective of the government.

**KEY WORDS:** Bitcoin; The price bubble; ADF test

# 目 录

1 绪论 .....	1
1.1 研究背景及意义 .....	1
1.2 研究内容 .....	3
1.3 主要创新点 .....	3
2 文献综述 .....	4
2.1 关于比特币的定性研究 .....	4
2.2 关于比特币的定量研究 .....	5
3 研究思路 .....	8
3.1 比特币价格泡沫检验的逻辑 .....	8
3.2 影响比特币价格的因素 .....	9
3.2.1 供给端 .....	9
3.2.2 需求端 .....	10
3.2.3 政策端 .....	11
4 比特币价格泡沫检验的方法选择 .....	12
4.1 资产价格泡沫检验的现有方法 .....	12
4.2 本文模型介绍 .....	14
4.2.1 传统的 ADF 检验 (Augmented Dickey-Fuller test) .....	14
4.2.2 改进的 Sup ADF 和 GSADF 泡沫检验 .....	15
4.3 泡沫持续周期估计 .....	16
5 实证分析 .....	18
5.1 数据选取 .....	18
5.2 描述性分析 .....	18
5.3 基于 SADF 方法与 GSADF 方法的比特币价格泡沫检验 .....	20
5.4 泡沫现象的原因分析 .....	24
6 比特币发展的政策建议 .....	28
6.1 交易体系 .....	28



6.2 法律体系 .....	28
6.3 监管体系 .....	29
7 本文不足之处及未来研究方向 .....	30
7.1 不足之处 .....	30
7.2 未来研究方向 .....	30
参考文献 .....	31

## 图 表 目 录

图 3-1 比特币价格和谷歌搜索指数 .....	9
图 5-1 样本窗口期间比特币价格走势 .....	18
图 5-2 比特币收益率序列的线形图 .....	19
图 5-3 SADF 检验 .....	20
图 5-4 GSADF 检验 .....	21
图 5-5 整体样本的比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果 .....	22
图 5-6 子时期 2013 年-2014 年比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果 .....	22
图 5-7 子时期 2015 年-2016 年比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果 .....	23
图 5-8 子时期 2017 年-2018 年 10 月 31 日比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果 .....	23
图 5-9 主要国家比特币政策及价格走势 .....	25
表 5-1 变量统计描述 .....	20
表 5-2 比特币价格的 SADF 和 GSADF 检验结果 .....	21
表 5-3 比特币价格泡沫程度及存续时点 .....	24

## 1 绪论

比特币作为一种新型资产，自诞生起就价格涨跌幅度巨大，吸引了无数投资者。学界对于比特币的看法不一，大多停留在定性分析。对于比特币定量研究也较少。其中学界对于比特币的基本价值问题分歧较大，有学者认为比特币一文不值，价格暴涨纯属炒作；有学者认为比特币有法定货币无法超越的优势，有一定的内在价值。因而对于比特币的内在价值至今尚未形成一致观点，也未产生针对比特币估值的定价模型。因而对于比特币价格泡沫检验问题由于内在价值无法评估导致从价格偏离基本面价值角度研究比特币价格泡沫显得尤为困难。本文认为比特币的价值更多的是源于其基于的区块链技术和人们对于比特币的认可价值，这不同于传统商品或资产的定价模型可估值的基本面价值，因而本文从比特币价格异常波动的角度出发，研究其价格泡沫形态问题。

### 1.1 研究背景及意义

2008 年 11 月 1 日日本物理学家中本聪（Satoshi Nakamoto）在 P2P foundation 网站上发布了比特币白皮书《比特币：一种点对点的电子现金系统》，由此提出了比特币协议的概念，解释了由他构思开发的开源软件和以此为基础建立起来的 P2P 网络。基于点对点传输，比特币成为第一个加密数字货币。2009 年，金融危机爆发后的第二年，比特币正式诞生，中本聪在创世区块里曾留下：2009 年 1 月 3 日正是英国财政大臣达林深陷被迫要考虑再次出手缓解银行危机的崩溃边缘，这句话源于泰晤士报当天的头版。由此可见，中本聪提出去中心化的比特币一部分可能是他对于当时处于在巨大金融危机压力下的脆弱的银行系统乃至央行的一种嘲讽。一方面，比特币基于 P2P 技术实现了去中心化，与法定货币不同，它的发行不依赖任何货币发行机构，独立于传统的金融体系；另一方面，比特币在设计之初便被开发者限定最后发现总量保持在 2100 万，不会有货币超发进而引发通货膨胀的问题。此外，比特币应用密码学的设计使得它的流通与交易具有匿名性。比特币诞生至今已经过去 10 年多，回顾其价格变化，难以想象 2010 年时 10000 个比特币只能交换 2 块 25 美元披萨的比特币，在 2017 年 12 月达到近 2 万美元 1 比特币的高位，而在其后一年，比特币就跌至六千多美元，价格

跌幅近七成。从市场层面看,随着投资者对于比特币的了解加深,2013 年比特币开始明显上扬,交易范围日益扩大,涌现出一批比特币爱好者,不乏炒币的投资者和投资机构。比特币热度上升后,市场上数字货币的交易品种和交易平台增加。截止至 2018 年 5 月,全球数字货币多达一千六百多种,总市值超四千多亿美元;从监管层面看,2015 年,欧洲法院颁布了对于比特币交易免征增值税的决定,这一法规发布半年后,单枚比特币就暴涨至 3600 美元。这一价格暴涨吸引了大量投资者,进一步助推价格不断上涨。直至 2017 年的近 20000 美元一个的峰值。2013 年的价格暴涨中国政府表现出不禁止不提倡的态度,但是 2017 年 9 月,中国发布了 ICO 相关公告,监管态度明确,国内禁止比特币交易,要求所有 ICO 停发,关闭所有数字货币交易平台。不仅是中国。德法等国家从一开始的乐观并承认其合法地位,早期宽松的监管环节使得比特币愈发不可控制,巨大的价格波动,使得这些国家对于比特币逐渐谨慎和并对其交易和流通做出了一定的限制与约束。数字货币成为众多投资者资产配置的新型渠道,比特币作为最具影响力的数字货币不仅受到市场的追捧,也吸引了来自各国监管层的关注。各国政府对于比特币乃至数字货币的不同的政策导向背后,一方面源于比特币对于现有金融体系影响的考量不同;另一方面,对于比特币的基础价值仍争议不断,对其未来发展也看法不一。在此环境下,比特币价格暴涨暴跌在所难免。

由于资产价格在金融稳定方面具有重要的影响,资产价格泡沫一直以来都是投资者和货币当局者共同关注的问题,价格泡沫的检验问题,在为投资者做出投资决策和监管者作出调整政策提供了重要的参考。近两年,比特币的大幅涨跌中也暴露比特币背后的诸多分险,包括法律风险、交易风险、系统性金融风险。雷捷和罗良文(2018)指出这些风险对于中小投资者权益、金融市场监管及国家货币稳定有着巨大危害。以上风险的累计反映在比特币上将表现为价格泡沫风险,因而识别比特币资产价格泡沫风险对于金融稳定和理性投资方面具有重要意义。然而,大多资产价格泡沫检验的研究主要是集中在股市与房地产市场,对于比特币这一新型资产价格泡沫的研究目前还比较少,国内相关研究成果多从宏观角度探讨比特币的发展前景以及其成为超主权货币的可能性,实证分析比特币价格影响因素、币值稳定性和风险防范的文献相对较少,而本文研究的意义在于,比特币这一不同于以往的研究的金融资产,学术界对比特币尚未对其形成比较统一的认识。对于比特币内在价值的确定由于缺乏明确的价值基础,通过传统的资产定价方式对其价值进行估值可能存在问题,因而本文对于比特币价格

泡沫问题研究主要着眼于比特币价格序列中异常波动周期的检验和估计。

一般认为现实经济变量都是平稳性过程或单位根过程。若价格出现泡沫，则表现为价格形态中的爆炸性特征，本文通过对于比特币的价格序列通过 SADF 检验和 GSADF 检验来判断其是否存在价格泡沫及泡沫的存续周期，通过构建 GSADF 统计量为判断比特币价格泡沫提供预警指标，这种指标准确的说基于比特币价格技术层面的分析，而未涉及比特币的基本面价值的计量问题，这也是本文的不足之处，因而需要对检验之后的结果联系比特币价格的影响因素进行定性分析，来帮助理解比特币价格波动背后的原因，最后针对实证结果及其背后的原因为比特币未来发展提出相应的政策建议。

## 1.2 研究内容

对比特币相关的定性定量研究进行了详细的梳理，定性方面设计比特币的基本特征、货币属性和底层技术等方面，主要围绕比特币价值展开研究；定量方面对于比特币已有的价格研究模型及结论进行阐述。

- 1) 从供给端和需求端分析对比特币新型资产的价格影响因素，还单独介绍了政策因素对于比特币价格的显著影响。
- 2) 介绍本文实证所依据的方法 SADF 检验及 GSADF 检验的原理及步骤。
- 3) 运用 SADF 方法和 GSADF 方法对比特币时间价格序列泡沫的存在性与存续周期，并对泡沫原因进行分析。
- 4) 最后从比交易体系、法律体系及监管体系，对比特币未来发展提出不同政策建议。

## 1.3 主要创新点

- 1) 本文基于 SADF 检验及 GSADF 检验对于比特币价格序列做递归回归与滚动回归，丰富对于比特币的定量研究，另一方面，本文采用的最小窗口检验的方法，适合于比特币这类具有爆炸性的资产价格泡沫识别。
- 2) 本文实证分析的基础是比特币价格序列，对于比特币价格序列异常波动情况进行检验，用泡沫来描述这种比特币价格爆炸性的特征，尝试在比特币内在价值缺失情况下检验其价格波动中存在的风险。

## 2 文献综述

本章文献综述分成两部分展开，第一部分主要阐述关于比特币的定性研究，第二部分主要阐述比特币的定量研究。

### 2.1 关于比特币的定性研究

在对比特币的早期的研究中关于比特币价格方面的计量研究还很少，当时的研究主要是阐述了比特币的产生机制、基本特征和发展历程等方面（贾丽平，2013；肖林和祁明，2014）。李董和魏进武（2016）在其产生机制上描述了比特币的底层技术——区块链技术，并说明了该技术赋予了比特币去中心化、匿名性、开放性、交易信息的可追溯性等特征。喻辉等（2017）针对比特币由于设计之初的人为限定导致在当前网络状态下，面对扩张的交易量而无法提高交易处理速率，现有的数据处理能力不能满足比特币交易需求的问题，研究了区块链扩容的可能性，提出了提升比特币容量的最优方案。在比特币从2013年逐渐进入人们的视野开始，人们开始讨论比特币的货币属性，对于这一问题，学界意见不一。从货币职能角度出发，孙启明等（2014）认为比特币可用于流通交易，基于互联网可全世界流通，具有支付职能，因其总量有限而稀缺能像黄金一般具有价值贮藏的职能，且同时具备商品的价值与使用价值。因而他认为比特币虽然不同于以往的实物货币具有虚拟性，但具备货币职能。有学者认为比特币具有价值贮藏和流通手段其实是有前提的，比特币的流通及被用来作为互联网上的收藏是取决于比特币的有效需求，即信任比特币并能将其作为购买商品时的支付手段。闵敏和柳永明（2014）对比特币的货币属性分析得出比特币价格波动剧烈正是由于比特币货币职能的缺失，而交易收益支撑着比特币的价值。从货币的本质出发，在综观货币的由来，盛松成和张璇（2014）提出了不同的意见，他认为货币是一般等价物，可用于交换商品，而比特币不能被广泛接受购买商品，且缺少国家信用的支持，此外基于相似原理产生的一系列数字货币，如莱特币和以太币等，使得比特币极易被替代。此外总量有限也难以适应经济增长的需要。任泽平（2018）反驳了比特币具有商品的使用价值这一观点，他认为比特币是基于算法存在于互联网上的一串数字，并不能被使用于现实生活。此外，他还认为将矿工开采比特币所消耗的电量来衡量比特币的价

值是片面，他认为开采比特币的过程更像是一个数字游戏。比特币则类似一种奖励，它不具备使用价值，挖矿的过程不能像黄金开采过程一般体现劳动价值。傅艺嘉和吴逸轩（2018）提出比特币的价值及其在市场中的地位都源于使用者的信任，比特币如果失去了对其信用的支撑体系，那么它最后只能成为一种投资甚至投机工具。王嘉（2018）从比特币的货币职能分析，认为其具有投资和支付职能，并分析这两种职能下比特币存在的风险，认为中国现阶段不适合比特币不加限制的流通交易。然而比特币作为投资对象，2013 年之后比特币价格的暴涨，不少人认为比特币价格已经出现泡沫，已经有不少研究关于比特币价格是否存在泡沫，但仍大多是基于定性研究。马可（2014）分析了比特币的基本特点，认为其设计上存在不足，容易被投机者利用，加上目前各国对于比特币大都持禁止交易的负面态度，内外因素结合分析比特币的价格虚高。吴梦泽（2018）从影响加密货币的供求因素角度出发分析加密货币的价格变化并对比特币未来价格会下降的预测。曾永军（2018）通过对比比特币与 17 世纪荷兰的郁金香泡沫，从时间跨度，期间涨幅、供给端、估值和影响规模五个维度分析，认为不能将比特币价格简单的视作金融泡沫，比特币背后复杂的底层技术及由在此基础上衍生出的生态系统，包括比特币矿池、交易平台、钱包软件及投资者等，日益完善的生态系统未来会发挥作用，会产生更多的应用场景，这些应用场景会进入我们的日常生活，比特币系统会更好发挥的低交易成本特性，促进交易频次。基于这个生态系统前景展望来看，比特币的潜在价值还不可估计，因此他对于目前比特币的价格明显高于价值不做判断，他相信在随着比特币系统的不断完善中会给出问题的答案。比特币价格泡沫是否存在学界观点不一，但比特币价格波动剧烈背后隐藏着比特币不可忽视的风险，应该加以监管。孙国峰和陈实（2017）对美国现有对虚拟货的监管体系，采取先分业监管，后集中监管的方式。政府部门应在比特币发展逐步走向成熟的同时完善相关法规体系最后进行集中监管。他认为中国应当借鉴美国的做法。展凯莉（2018）认为中国借鉴国外的“监管沙盒”机制应该从制度建设入手对以比特币为主的数字货币实施沙盒监管，对进入沙盒监管测试的比特币交易所适当放宽限制，在降低金融风险的同时也能激活金融创新的活力。

## 2.2 关于比特币的定量研究

比特币的定量研究主要是关于比特币的价格问题，探究比特币价格问题并将涉及

对比特币的基础价值的研究,有效市场假说下金融资产的价格围绕其基础价值上下波动,若长时间明显偏离其基础价值,认为该金融资产存在价格泡沫。首先比特币作为一种投资工具,由于其并没有像股票拥有股利信息和每股收益等信息,传统金融资产的估值模型如未来现金流模型、戈登模型及市盈率估值法等并不适用;其次比特币作为一种虚拟的资产,是否有内在价值也存在争议。耶尔马克(2013)对于比特币的生产成本角度进行分析,他否定比特币乃至所有数字的内在价值。Cheah 和 Fry (2016)基于随机泡沫模型得出比特币从长期来看毫无价值。但从比特币的生产过程挖矿中所耗费的算力、电力及人力等成本认为比特币是具有内在价值的。王帅等(2018)根据矿工利用算力开采数字货币的工作量证明机制(Pow),同时将实证主义与人类行为学结合来对数字资产估值,运用数学回归拟合模型结合挖矿计算难度、搜索量数据等变量与数字资产的相关性进行计算,得出没有国家信用背书的区块链数字货币价值来源。认为矿机投入费用、消耗电量及人工费用等成本为数字资产的估值提供了下限,即衡量其基础价值。钟秦(2017)就从比特币的生产和流通成本角度,将比特币的价格关于各项成本进行回归分析,得出主要是算力的下降和挖矿难度的提升导致成本的急速上升,进而推动了比特币价格的上涨。孙坚(2018)在经验模态分析(EMD)基础上进行改进,提出集成经验模态分析法对比特币价格波动进行分析并对其价格走势进行预测。在比特币价格非平稳序列上提出一种较好的价格预测模型。刘丽臻和吕琦(2015)运用行为金融理论分析了2013年至2014年比特币市场的羊群效应,对这两年的价格数据做实证分析,发现比特币收益率序列具有明显的集群性,这反映了比特币交易市场信息不对称,投资者之间交易行为相互影响。Hayes Adam(2015)将比特币与传统股票的价格时间序列数据做实证分析,发现虽然比特币和股票的收益率呈非对称性,但其方向却不同,比特币收益不同于股票波动率在收益率为负时更大,比特币在其收益率为正时呈现出更大的波动性。郭文伟等(2018)运用极值理论(EVT)基于条件风险自回归模型(CAViaR)构建了基于结构突变点(CAViaR-VET)模型,对于比特币价格波动的极端风险进行了测度,并对其市场风险的演化模式进行研究。研究结果表明比特币价格序列具有结构性的突变点,其市场风险的演化模式在不同样本子期间有显著差异,此外,比特币市场风险对于外部信息的反应也具有非对称性,该风险具有“自我增强”的特征,应加强对其监管。纵观比特币的价格变化与同时期政府对比特币的颁布的政策,可发现比特币价格极易受政府政策影响。刘刚等(2015)等考察比特币



价格在美国查抄丝绸之路等政策事件前后变化研究比特币价格波动与政府政策的密切关系。郭建峰等（2019）同样基于政策事件研究法探究监管视角下比特币价格和交易量的动态变化，得出比特币用户及用户的关注度发展了比特币的经济生态，而比特币的价值基础建立在公众的认可上。邓伟（2017）利用比特币多平台交易的特点并将视为一种具有共同内在价值的世界货币，巧妙地规避了估算比特币基础价值的困难，他通过计算比特币在 5 个交易平台的交易价格分布的偏度和峰度，计算比特币价格和长期均值的偏离值。对于比特币价格的爆炸性则是利用了 sup ADF 检验、GSADF 检验及 sup KSS 检验。实证结果表明比特币在一定时期产生了价格泡沫。

综上，可知关于比特币的研究已经不少，但主要集中于比特币的技术原理、职能属性和风险监管等方面的定性研究，由于对比特币内在价值的判断大多基于理论判断和个人主观判断，尚未形成一致的观点。目前对比特币估值的计量模型和价格泡沫检验的实证分析还比较少，在实证分析基础对比特币泡沫产生原因及风险监管值得更深入的研究。

### 3 研究思路

#### 3.1 比特币价格泡沫检验的逻辑

继比特币之后市场上出现了许多加密货币,截止至2018年7月,加密货币种类多达2000多种。如何对这些种类繁多的加密货币合理估值,一直争议不断,尚未提出一个比较具有说服力的模型或方法。关于比特币的估值方法的探索主要有以下尝试:一是将比特币视为一种商品,根据供求对其进行定价。在比特币的生产成本计算上包含矿机的设备成本与耗电成本,还有矿工的人工成本,此外还有矿池的算力竞争,需求端投资者购买数字货币难以实现交易信息的共享更像是比特币价格的接受。二是货币定价法,比特币是否可视为一种货币尚存争议,若姑且视其为货币的话,应用货币经济学理论对其定价,有学者尝试用费雪方程式计算比特币价值,由于比特币的流动速度远低于普通法定货币,使得计算出的价格远低于实际价格,认为市场对于比特币的“窖藏”抬高了比特币的价格。三是将股票定价法如市盈率估值法应用到比特币估值。市盈率估值对于没有实际应用场景的加密数字货币而言其每股盈利指标为零,因而内在价值为零,从这个角度看,一些未实现使用场景或未形成成熟盈利模式的加密货币毫无价值,而那些拥有较好的应用场景和逐步成熟的商业模式的加密货币则具备内在价值。用市盈率估值对比特币进行定价主要是估算市盈率水平和每币盈利。这两个指标的估算基于将比特币视为货币的假设下,有人通过使用已有Visa和Mastercard的数据作为定价的“可比较标的”。此外,还有一些学者尝试用期权定价法和无套利定价法对比特币定价。

比特币创造了迄今为止未存在过的稀缺数字资产的概念,难以用正常资产的标准去衡量它,且这新型数字货币资产没有任何确定价值基准的先例,使得对于比特币的估值显得尤为困难。因而对其内在价值的估计模型的探索发现一方面可能需要结合比特币独特的生产过程,另一方面也很依赖于比特币未来的实用场景的逐步成熟。本文对于比特币价格形态爆炸性特征的检验,规避了其难以估值的问题。本文对于比特币在价格泡沫分析上的尝试探索尝试用ADF统计量在技术上提供泡沫警示。对于比特币泡沫的判断上,美国风险投资人Willy Woo提出过比特币的谷歌搜索指数如果能够合理利用是能很准确的判断市场泡沫的。如图3-1所示,比特币价格与谷歌搜索指数的走

势呈现高度相关性，谷歌搜索指数明显增长的时候，预示着比特币价格要有剧烈变化，并且持续长时间的超量搜索热度警示比特币已经进入泡沫晚期，并且随时可能回调。然而谷歌搜索指数如果作为判断比特币价格泡沫的指标，首先需要明确的并非所有价格迅速上涨都一定是泡沫，资产价格的持续显著地偏离才视为泡沫，即价格的爆炸性特征。因而如何捕捉比特币价格中的爆炸性特性成为了本文的研究重点，Philips 等提出的 sup ADF 检验从考察序列结构的角度出发，可以实时发现单位根向爆炸性过程的突变（即泡沫产生）和爆炸性过程向单位根过程的恢复（即泡沫破灭），因此本文基于该方法结合倒向递归方法构建的 GSADF 统计量来衡量比特币价格泡沫的大小和起止时间。

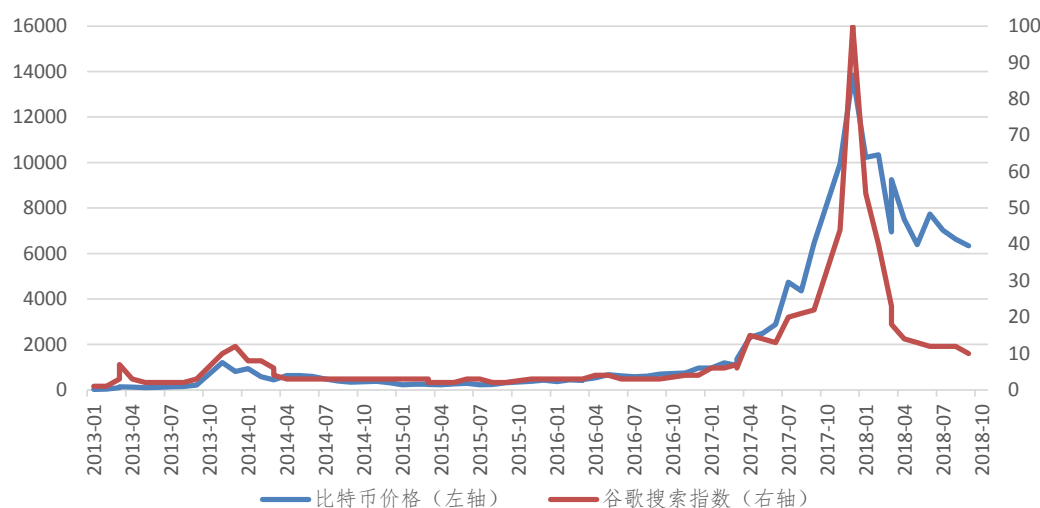


图 3-1 比特币价格和谷歌搜索指数

### 3.2 影响比特币价格的因素

比特币作为一种新型的虚拟资产，其价格相比传统的金融资产股票和债券等更不稳定，对外界信息更加敏感，同时影响其内在价值的因素也比较复杂，有必要对影响其价格的因素进行分析。货币价格受供求关系影响，因而本章将影响比特币价格的因素从市场方面的供给端和需求端还有政府方面的政策影响因素分析。

#### 3.2.1 供给端

比特币在诞生之初就预先设定了发行总量，2100 万的发行总量，当比特币达到这

个量之前,供给不断增加。从供给端分析影响比特币价格的因素即是从生产本角度去分析,首先,先了解比特币的生产过程。比特币是一个开放式的记账式系统,当发送一笔比特币交易时,这笔交易会像全网络传播,当该交易被确认后,将会被记录在区块链上。区块链是基于密码学原理相关联产生的一串数据库,每次比特币交易信息被记录在一个数据块中。比特币基于工作量大小来分配记账权,矿工通过大量计算破解能够填充本数据块的一个随机值,使得本数据块的哈希散列值符合某一标准,挖矿的过程就是争夺记账节点的过程,矿工破解成功便能获得相应的奖励,即基于其工作量计算的一定数量的比特币。基于比特币的生产过程可将影响比特币的供给端因素分为:全网络挖矿机的算力、挖矿难度系数及矿工的收益。

一方面,随着挖矿所用的矿机硬件生产技术的提高,矿机设备的生产成本在下降,能耗在减少。另一方面,随着矿机设备的升级,单位运算能力提高。因而用全网算力作为影响比特币的成本因素之一,全网算力的上升,表示参与挖矿的矿机设备数量的增加和单位矿机设备的不断升级。若不考虑其他因素,随着全网算力的上升,比特币的生产成本会减少。但是比特币在设计之初的人为设定,使得比特币的供给不会由于全网算力的上升而增加。中本聪最初就将每个比特币的区块大小设定为 1M,算力提升之后加大了挖矿的难度,在限定了比特币区块大小后,算力提升反而使得挖矿难度上升,导致生产成本增加。此外,挖矿难度增加,矿工的收益下降。

根据比特币公司公布的数据,全网周平均算力从 2017 年 11 月 30 日的 10.82EH/s 增长到了 2018 年 3 月 30 日的 24.89EH/s,仅仅四个月时间,算力提升幅度高达 130%。矿工收益也应算力提升迅速增加的挖矿难度而减少,同期数据显示周平均的每块矿工费由 6.95 比特币的高点跌至 0.17 比特币。因而从成本角度分析比特币价格上升是因为全网算力提升导致挖矿难度提高和矿工收益下降所致。

### 3.2.2 需求端

对于比特币的需求可分为三类:交易需求、投资需求、投机需求。比特币作为虚拟货币,具有匿名性和成本低等传统货币无法比拟的优势。在国外被一些大型电子商务公司所接受,允许顾客将比特币作为支付手段,如新蛋网、戴尔等。而中国禁止比特币流通交易,国内的银行等的金融机构和第三方支付平台也不允许开展相关业务。因而总体上接受比特币作为支付手段的范围有限,短期内比特币的交易需求不会大幅

增长，影响比特币价格的能力也有所局限。

相对交易需求主要是在网上小范围交易而言，对于比特币投资需求要丰富不少，投资者可通过购买或租用挖矿设备接入算力参与挖矿投资，还可以通过囤积比特币进行囤币投资，这会使得市场上的比特币流通数量减少，从而推动价格上涨；此外还有相关的比特币应用开发方面的投资，包括交易平台，比特币钱包等，不断优化用户体验，提高比特币的支付体系的安全性，吸引更多的投资者，为促进比特币经济做出贡献。这类应用投资从长期看是会提高比特币价值，推动比特币价格上涨。

最后也是目前最主要的是对于比特币的投机需求，由于比特币有可 24 小时交易，可快速开户且手续费低，入市门槛低，再加上不受地域限制等优势，成为投机者的绝佳投资对象。根据《全球比特币发展研究报告》公布的数据，中国投资者为比特币交易的主力军，该报告基于火币网的用户数据进行抽样调查发现，80.77%的用户在短期内对比特币进行低买高卖进行盈利。此外，比特币也成为一些跨国企业规避外汇额度管制的手段，还有一些国内外汇投资者在人民币大跌时买入比特币。对于比特币的投机需求使得比特币的市场愈发难以控制，因而各国对于比特币得监管都趋于严厉。短期看，大量的投机需求会推动比特币价格大幅上涨，但长远来看妨碍了比特币的发展。

### 3.2.3 政策端

比特币的价格极易受政府发布的相关政策的影响，尽管政府政策通过影响比特币的需求端从而影响比特币的价格，但由于该因素影响显著，故单独列出以阐述比特币价格与政府政策的关系。

理论上，当政府政策呈现利好时，人们看好比特币前景因而产生看涨预期。一方面原先拥有比特币的投资者会减少比特币的支付，囤积比特币等待看涨，从而交易需求减少，投资需求增加，因而比特币价格上涨；另一方面原先还未进行比特币投资的人们在利好政策影响下入市，比特币投资需求增加，推动比特币进一步上涨；当政府政策呈现利空消息时，比特币投资者开始抛出比特币，投资矿机的投资者可能会退出市场，矿工数减少，投资需求锐减，比特币价格短期内会暴跌。

## 4 比特币价格泡沫检验的方法选择

### 4.1 资产价格泡沫检验的现有方法

通常，人们将资产价格的暴涨暴跌现象形容资产出现价格“泡沫”，这其实和 Charles Kindleberger 对于资产价格泡沫的定义不谋而合。Kindleberger 认为投资者会对于在连续过程突然价格上涨的资产产生一种好的预期，认为该资产未来会继续保持上涨的趋势，从而吸引了一类投资者，这类投资者只希望通过未来价格资产价格上涨来获得价差收益，即我们常说的投机者，他们买入资产并不是为了使用，他们也不关心资产自身的盈利能力，他们通过买卖来牟取利润。伴随着资产价格的长时间上涨往往是预期的变化，任何资产也不可能可以一直涨价，当价格涨到一定高度，人们认为价格继续上涨的可能性较小了，便开始抛出资产，这样会使得资产价格暴跌。Kindleberger 对于泡沫的定义引入了预期和投机在价格大幅涨跌中的重要作用，揭示了资产价格与需求是一种正反馈机制，这种定义描述泡沫表现在价格上形态特征，并未阐述泡沫形成的机制。有学者认为泡沫是“资产价格变动中无法用资产基础价值解释的部分。”这个定义与 Kindleberger 的区别为除了投机因素还有可能存在其他诱因会引发泡沫。

随着行为金融学的发展，现实市场交易行为无法用有效市场假说解释的部分运用行为金融理论得到了解释。现实中的投资者是异质，且同一个投资者也有非理性的时候，因而在价格泡沫中引入非理性因素使得模型对于价格的解释力提高。在理性预期假设下的模型对于检验泡沫的解释并不完全，理性预期是一个强前提，它要求信息对称，投资者同质等。但现实是市场有所限制，不同投资者接触到的信息是不同的，信息不对称较严重，导致市场失灵，价格也不能完全反映正确信息。所以认为泡沫事件既包括理性也包括非理性。对于资产价格泡沫的研究是先基于有效市场假说和投资者预期理性的理性投机泡沫理论，随着行为金融学理论的兴起，后来出现非理性泡沫理论。理性投机泡沫理论将价格泡沫无法用资产的基础价值和市场经济基本面解释的部分形容为理性投机泡沫。资产价格偏离内在泡沫的部分包含理性预期泡沫，将这类泡沫模型成为理性预期泡沫。由于泡沫成分主要来源于投资者投机，被称为理性投机泡沫。非理性价格泡沫学派从行为金融角度如噪声交易者的存在等来解释泡沫的形成。

由于非理性泡沫理论难以运用计量方法检验泡沫是否存在,因此,现在的价格泡沫检验模型大多基于理性价格泡沫理论。理性价格泡沫理论的间接检验方法包括方差边界检验、单位根-协整检验、和广义上确界单位根检验等;直接方法包括游程检验和体制转换检验等。方差边界检验由于其在理性投机泡沫中存在拒绝无泡沫原假设的倾向,对于价格泡沫的准确性还有待加强;单位根-协整检验不适用在呈现复杂非线性演化特征的价格序列。理性泡沫的检验与单位根理论存在着密切的联系,尤其近几年 Phillips et al. 在单位根检验方面的研究又取得了一些新的进展。传统的价格泡沫检验大多是检验资产价格偏离其内在价值的直接检验的,这实际上是从泡沫的本质出发,资产价格泡沫是对资产基础价值持续且显著的偏离,因而这类方法一般需要先计算出资产的内在价值,然后将其与资产的市场价格做比较,持续显著的价格偏离内在价值则被视为泡沫。我国股市泡沫的实证研究大多从估算股市的基本面价值入手,此外房地产价格泡沫也可以从估算基本面价值进行考察,但由于房地产价格受到土地价格、银行信贷以及附带的教育资源等外部因素影响,其内在价值更难以估计。通过估计基本面价值去研究资产价格泡沫往往误差较大,首先,我国的股票分红较少,以股利指标计算难以全面反映股票的真实价值,一些创新股的高价主要是基于其成长性以及市场的认可。另外,折现未来现金流的贴现率难以确定,折现率的选取直接影响到了其基本面的价值,由于折现率的不可预测性,往往用无风险资产收益率等指标替代如国债收益率。通过计算基本面的方法判断泡沫是否存在较大误差,此外,将泡沫的大小简单的看作是价格对于基本面价值的绝对或相对偏离也不严谨,一方面市场价格围绕其价格上下波动,泡沫的价格偏离是显著且持续的,此外泡沫变化的复杂特性使得这类方法在泡沫检验方面表现不佳。此外,张晓蓉(2007)提出“泡沫成分”与“泡沫过程”是有所区别的。对于基本面价值估算来检验资产价格泡沫更多是对“泡沫成分”一种检验,“泡沫成分”是隐含在资产价格中,对基本价值的偏离成分,是一个静态的概念;而泡沫过程则动态得描述了由于泡沫成分变化(通常指其成长)引起的价格变动过程。当资产出现价格泡沫时,则可能是爆炸性过程。检验理性泡沫可以归结为检验爆炸性过程。近年来 Phillips, Wu 和 Yu(2011)结合当前递归和 Dickey-Fuller 右侧单位根检验,在 ADF 框架内提出了一种新的泡沫检验的计量方法。该方法不同于传统估算基本面价值的检验方法,主要是对于资产价格时间序列做检验,着眼于价格序列的形态爆炸性特征。因而本文选用在单位根检验基础上由 Phillips et al. 提出的 SADF

方法及 GSADF 方法来检验比特币价格泡沫。

首先，由于对比特币价格的时间序列做递归单位根检验规避了比特币基础价值难以估算的困难，是对泡沫在价格上体现的形态的一种检验；其次基于倒向递归检验的 GSADF 方法可以检验出多个泡沫情形和泡沫的存续周期。因而本文采用 SADF 和 GSADF 对比特币价格时间序列进行实证分析。

## 4.2 本文模型介绍

### 4.2.1 传统的 ADF 检验 (Augmented Dickey-Fuller test)

West (1984) 提出资产价格的显著异常的波动主要是源于理性投机泡沫，每次泡沫成分的更新对于资产价格的影响要远大于其在资产基础价值上的影响。因而理性投机泡沫的时间演化过程会表现为资产价格的时间序列中理性投机泡沫具有爆炸性的条件期望，即按指数速度扩大，因而其时间序列的均值是不平稳的。所以可以通过对资产价格时间序列的平稳性来检验泡沫是否存在，单位根是检验时间序列平稳性方法之一，因而单位根检验可用于检验泡沫是否存在。资产价格的时间序列在有限差分平稳，则表明理性泡沫不存在。但不能认为在有限次差分后的价格序列不平稳，则存在泡沫，因为基础价值不平稳也会使得资产价格序列不平稳。因而单位根检验与方差边界差异显著，原假设设定不同，单位根检验将存在理性投资泡沫设为原假设，即时间序列不平稳，设定一定的显著性水平，如5%，若在该显著水平下拒绝原假设则序列显著平稳，价格序列不存在投机泡沫，但在实际操作中，要注意对于差分次数的选择，因为即使是非平稳序列在差分次数足够大时也能得到拒绝原假设的结果，序列平稳。

Diba&Grossman (1988) 提出在基本面平稳的前提下，资产价格序列表现出爆炸性特征，则存在泡沫。据此他们提出右侧单位根检验：价格序列的 ADF 统计量若大于右侧临界值则存在泡沫。

一般认为现实经济变量服从平稳过程或者单位根，当出现价格泡沫时，则可能是爆炸性过程。若比特币的价格时间序列通过右侧单位根检验大于其右侧统计量，则表明其价格序列的爆炸性特征，比特币价格出现异常。但传统的单位根检验无法检验出周期性破灭的理性泡沫。对于比特币自诞生起价格经历数次暴涨暴跌，传统的单位根检验可能不能很好的刻画这种复杂变化的价格泡沫。



#### 4.2.2 改进的 Sup ADF 和 GSADF 泡沫检验

ADF 检验方法无法检测出以下几种泡沫：(1) 在任何时刻都可能破裂的随机泡沫，如周期性爆炸泡沫，即“泡沫检验陷阱；此时资产价格序列可能会表现出自回归的特征；(2) 随机单位根情形：即泡沫成分序列自回归参数的方差不为 0，此时单位根会围绕 1 这个值上下波动。(3) 泡沫持续时间相对价格序列的样本期过短，导致泡沫对于整个样本期的价格序列影响较小，基于整个样本期的价格序列上体现出来源泡沫的非平稳性特征。因而 Phillips et al. (2015a) 基于右侧单位根检验基础上，提出了 SADF 与 GSADF 法来改进单位根检验无法检验出周期性爆炸泡沫和轻微的价格激增的过程的泡沫。

Phillips 等提出了从检验资产价格序列  $P_t$  是否存在泡沫转为检验价格序列中是否存在爆炸性过程的上确界右侧单位根检验 (Sup ADF 检验)，SADF 法对如下 ADF 模型 ( $m$  为确定好的滞后阶数) 逐步回归获得一系列的 ADF 统计量，利用这一列 ADF 统计量的上确界构造出特殊的 ADF 统计量即上确界统计量 (SADF 统计量)。

$$P_t = u + \beta_1 P_{t-1} + \sum_{j=1}^m \beta_j \Delta P_{t-j} + \epsilon_t \quad \epsilon_t \sim \text{iid}(0, \sigma^2) \quad (4-1)$$

原假设  $H_0: \beta_1 = 1$

备择假设  $H_1: \beta_1 > 1$

SADF 检验的基本步骤为：设定最小子样本的观测值  $k_0$ ，通过对子样本依次增加样本个数不断扩大子样本容量得到一系列的子样本观测值。子样本容量用数学符号表示为式 (4-2)：

$$k = 1, 2, \dots, k, \quad k = k_0, k_0 + 1, \dots, T \quad (4-2)$$

对这一系列子样本依次做 ADF 检验得到一系列 ADF 统计量：

$$\{ADF_1^{k_0}, ADF_1^{k_0+1}, \dots, ADF_1^T\} \quad (4-3)$$

构建 SADF 统计量：

$$\sup ADF(k_0) = \sup\{ADF_1^{k_0}, ADF_1^{k_0+1}, \dots, ADF_1^T\} \quad (4-4)$$

最后将得到的 SADF 统计量与右侧基于一定显著性水平的临界值做比较，若该统计量大于临界值，则拒绝原假设，接受备择假设：存在泡沫。

SADF 检验在不断向前递归的过程，子样本区间越来越接近总体样本，也使得子样

本的 ADF 统计量越来越接近基于总体样本的右侧单位根检验的统计量。SADF 法在检验爆炸性泡沫上优于普通的单位根检验，但当资产价格序列中存在多个爆炸性结构突变时，其检验能力下降。此外 ADF 检验和 SADF 检验都只是在检验泡沫是否存在，并不能对泡沫产生与破灭的时点即泡沫的存续周期做出估计。现实中资产价格演化过程更为复杂，可能存在反复出现价格膨胀、泡沫产生及泡沫破裂的多次泡沫过程，因而 Phillips 等（2015a）又在 SADF 的基础上由提出更一般化的 Sup ADF 检验——GSADF 检验（Generalized sup ADF）。SADF 检验固定样本起点，选定好最小子样本逐步递归至整个样本，而 GSADF 是样本起点和终点均不固定，通过同时向前移动样本的起点和终点对于方程（1）做递归回归，在此基础上取 ADF 的上确界得到 SADF 统计量，再对一系列 SADF 统计量再次取上确界。

GSADF 检验的基本步骤为：确定最小样本窗  $k_0$ 。然后让子样本起点  $k_1$  和子样本终点  $k_2$  分别在  $[0, k_2 - k_0]$  和  $[k_0, T]$  之间变化，对这一系列子样本依次做 ADF 检验得到一系列 ADF 统计量，构建 GSADF 统计量：

$$GSADF(k_0) = \sup_{k_1 \in [0, k_2 - k_0]} \sup_{k_2 \in [k_0, T]} \{ADF_{k_1}^{k_2}\} \quad (4-5)$$

且 GSADF 检验与 SADF 检验都是基于各自的系列子样本对同样的方程做回归，其原假设和备择假设相同。因而最后将得到的 SADF 统计量与右侧基于一定显著性水平的临界值做比较，若该统计量大于临界值，则拒绝原假设，接受备择假设：存在泡沫。

### 4.3 泡沫持续周期估计

对于泡沫开始与破灭的时点的估计，考虑到资产价格的复杂演化过程，Phillips 等用如下模型表式资产价格的三阶段：

$$P_t = P_{t-1} I\{t < \tau_e\} + \rho_n P_{t-1} I\{\tau_e \leq t < \tau_f\} + \left( \sum_{k=\tau_f+1}^t \varepsilon_k + P_{\tau_f}^* \right) I\{t \geq \tau_f\} + \varepsilon_K I\{t \geq \tau_f\} \quad \varepsilon_K \sim iid(0, \sigma^2) \quad (4-6)$$

其中  $\rho_n > 1$ ， $P_{\tau_f}^* = P_{\tau_e} + P^*$ ， $P_{\tau_e}$  表示泡沫产生之前的资产价格， $P^* = \sum_{t=1}^{\tau_f - \tau_e} \varepsilon_t$  表示泡沫产生之后价格对泡沫前的偏差， $\tau_f$  表示泡沫破灭的时候。当  $t < \tau_e$  时，资产价格序列  $P_t$  为单位根过程，价格中不存在泡沫；当  $\tau_e \leq t < \tau_f$  时， $\rho_n > 1$ ，资产价格序列

是一个爆炸性过程；当  $t > \tau_f$  时，资产价格序列重新回到单位根过程。基于到向递归选取样本进行上确界单位根检验计算统计量 BSADF 统计量。

$$BSADF_{k_2}(k_0) = \sup\{BADF_{k_1}^{k_2}\} \quad (4-7)$$

其中  $k_1 \in [0, k_2 - k_0], k_2 \in [k_0, T]$

当该统计量第一次大于其对应的右侧单位根检验临界值时即说明泡沫开始产生，此后当该统计量第一次小于其对应的右侧单位根检验临界值时即说明泡沫破灭。但需要注意的是随着递归检验选取样本量不断增加时，其样本临界值也有递增特征。因而需要基于蒙特卡洛模拟计算各个子样本下的有限样本临界值，计算量较大。

## 5 实证分析

### 5.1 数据选取

与股票等其他金融资产不同，比特币等数字货币可以 24 小时网上交易，可在多个交易平台以不同的计价货币进行交易，无涨跌幅限制。CryptoCompare 是一家数字货币交互式平台，该平台提供全面的各类数字货币的基本信息，即时更新多种主流数字货币的实时价格、价格和市场分析。本文以 2013 年 1 月 1 日-2018 年 10 月 31 日的以美元计价的比特币日数据序列作为研究样本，样本量为 2130 个。

### 5.2 描述性分析

观察图 5-1 的比特币价格序列可以发现比特币的价格在 2013 年 1 月 1 日至 2018 年 10 月 31 日，价格从期初的 13.3 美元到达 2017 年 12 月 16 日的 19345 美元，涨幅超过千倍，这是历史上任何一次的价格泡沫无法比拟的。所以可以初步猜想比特币存在泡沫。对比特币求对数收益率得到  $rt$  序列，图 5-2 是比特币收益率序列的线形图。



图 5-1 样本窗口期间比特币价格走势图

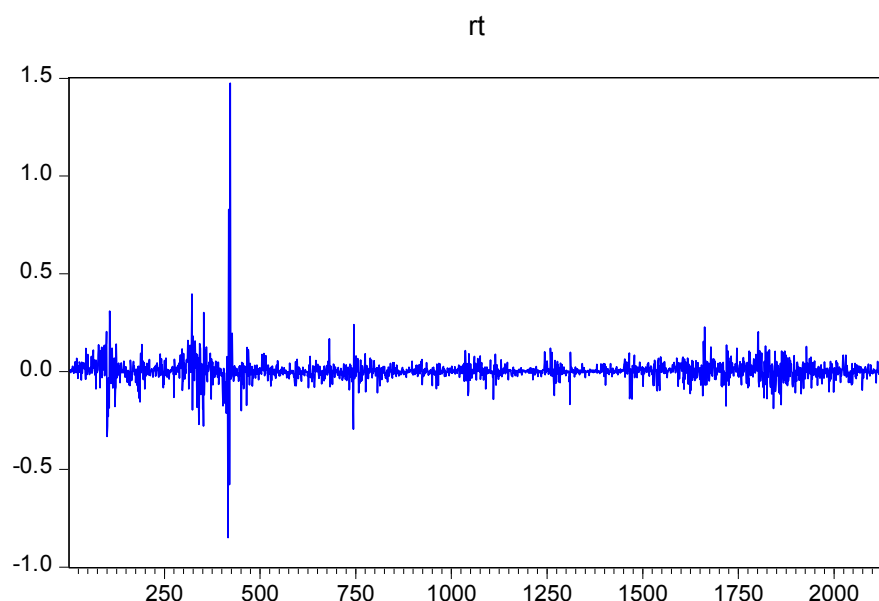


图 5-2 比特币收益率序列的线形图

由图 5-2 可知，比特币收益率序列  $rt$  波动呈现正相关，高收益和低收益率各自呈现聚集效应。这说明了比特币市场存在羊群效应，反映了比特币交易市场信息不对称，投资者之间交易行为相互影响。

对比特币的价格及收益率序列做描述性统计结果如表 5-1 所示，由表 5-1 可知，比特币（BTC）在 2013 年 1 月 1 日~2018 年 10 月 31 日的平均价格为 2113.25 美元，远高于其中位数水平 565.315 美元，说明比特币的价格序列中存在一些离群的大值。结合图 5-1 可知比特币价格在 2017 年开始暴涨，2017 年之前其价格水平均在 1000 美元以下，而在 2017 年底价格已经攀升至一万美元以上。比特币价格的标准差较大也论证了其价格波动巨大，样本窗口期间比特币价格在 13.28 美元至 19345.5 美元之间变化，价格序列分布极为离散。比特币的价格偏度为 2.12，说明价格序列呈现右偏特征，峰度为 7.29，大于正态分布的峰度 3，说明其价格数据较为离散，呈现尖峰厚尾的特征。JB 统计量及  $p$  值都显著拒绝其服从正态分布的原假设，这一系列都说明比特币的价格序列不服从正态分布。虽然比特币的收益率序列均值与中位数差距不是很明显，但其对数收益率在  $-0.8488 \sim 1.4744$  范围变化，且向右偏的偏度达到 158.69，都说明比特币的收益率有较高概率取极端值，即可以合理的预测比特币未来价格会剧烈波动。

通过以上对比特币的价格及收益率的简单描述性统计，可以初步推断比特币价格为非对称分布呈右偏，其价格可能存在泡沫，在泡沫形成及破灭的变化之间剧烈波动。

表 5-1 变量统计描述

变量	均值	中位数	标准差	最小值	最大值	偏度	峰度	JB 值(P 值)
BTC	2113.25	565.315	3353.75	13.28	19345.5	2.12	7.29	3232.10(0)
rt	0.0029	0.002154	0.06478	-0.8488	1.4744	4.96	158.69	2158941(0)

下文对样本窗口的比特币日价格序列进行上确界单位根检验（SADF 检验）和一般化的上确界单位根检验（GSADF 检验）。以得出更为准确和细致的结论。

### 5.3 基于 SADF 方法与 GSADF 方法的比特币价格泡沫检验

由于传统的 ADF 检验无法发现资产价格的周期性泡沫及其具体的存续时期，因此本文采用 SADF 检验及 GSADF 检验对比特币价格泡沫进行检验。

首先，先对比特币原始价格序列进行泡沫存在性的判断。根据 Philips et al. (2011;2015)提出的序列最小有效窗口确定方法，选择的最小样本窗口样本量为 40，即样本初始长度为 40 天，样本大小为 2130。SADF 检验选取样本的方式如图 5-3 所示，GSADF 检验选取样本方式如图 5-4 所示。将子样本样本量占整个样本期间样本量的比例表示每个子样本大小， $R_1$  表示选取的子样本单位根检验起点， $R_2$  表示选取的子样本单位根检验终点， $R_0$  表示单位根检验的最小子样本窗口大小，本文基于的  $R_0$  约为 1.88%（40/2130）， $R_w$  表示样本窗口大小，即子样本的检验起点到检验终点的长度。从图 5-3 和图 5-4 可知，对于 SADF 检验，检验起点固定，检验终点在最小样本窗口和全样本之间变动；而基于倒向回归的 GSADF 的检验终点  $R_2$  在最小样本窗口  $R_0$  和全样本 1 之间变化，对于每个给定的  $R_2$ ，均进行相应的倒向 SADF 检验，倒向滚动窗口  $R_w$ ，由此可见 GSADF 检验比 SADF 检验覆盖了更多的样本，因而能更敏感地发现全样本中比特币价格多个爆炸性的变化。

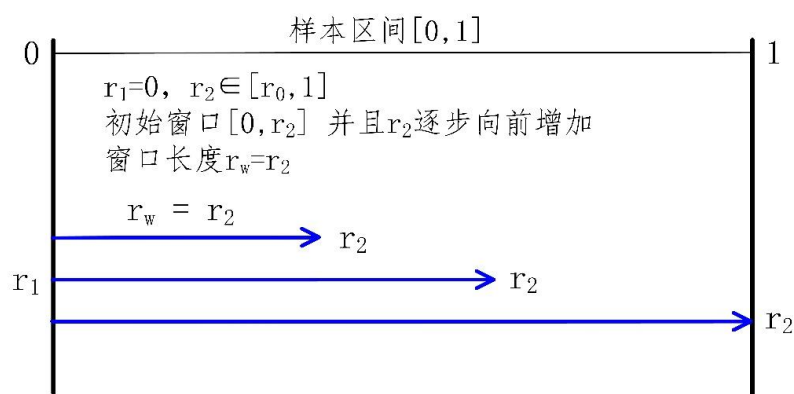


图 5-3 SADF 检验

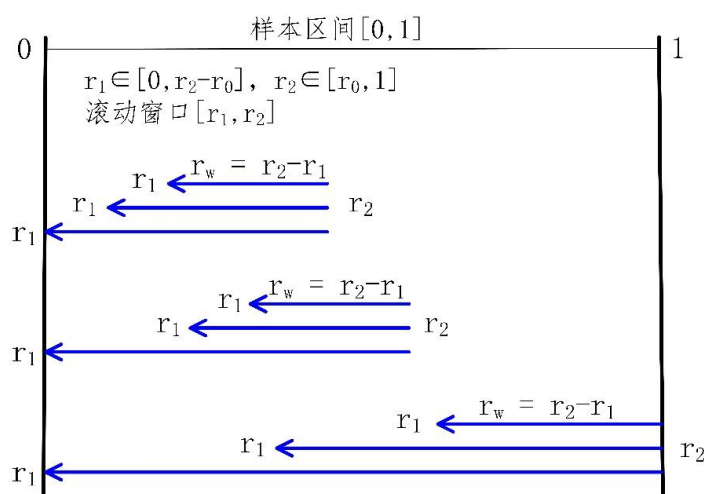


图 5-4 GSADF 检验

本实证分析有限样本的临界值的数据过程生成过程是基于随机游走序列，即无泡沫过程(单位根过程)  $P_t = P_{t-1} + \varepsilon_t$ ，其中  $\varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2)$  实验重复次数为 2000 次。

根据表 5-2，基于整体样本的 SADF 检验和 GSADF 检验的统计量均大于 99%的临界值，同时，此外比较不同显著水平下的临界值，可以发现 GSADF 检验比 SADF 检验能够更敏感地发现泡沫，该检验结果说明样本期间比特币确实存在一定程度的泡沫。

表 5-2 比特币价格的 SADF 和 GSADF 检验结果

检验统计量		有限样本临界值		
		90%	95%	99%
SADF 检验	5.4887824	0.9708273	1.382975	2.105987
GSADF 检验	12.558785	1.173196	1.54196	2.350314

但是为了进一步检验出比特币价格泡沫产生的时点是存续的时间，需要利用 BSADF 对其进行检验，通过倒向检验法 BSADF 检验来估计比特币泡沫开始和破灭的时点。此外考虑到比特币价格在样本期内价格涨跌过大，基于整个样本期检验泡沫的存续周期会受样本期过长的影响，在整体样本 GSADF 检验推出大概泡沫存在个数的情况下，根据图 5-5 将整个样本期分成了三个子时期：2013 年初至 2014 年末；2015 年初到 2016 年末；2017 年初至 2018 年 10 月 31 日。基于三个子时期分别进行倒向递归的 GSADF 检验，将检验的 GSADF 统计量与 99%的临界值做对比，判断出泡沫的存续周期，以泡沫存续周期中的最大 GSADF 统计量作为泡沫的峰值，结果如表 5-3 所示。需要特别说明的是，由于倒向递归检验基于最小样本窗口 40，因而在图上的前 40 天的比特币价格在倒向递归检验的情况下只能得到第 40 天所表示的一个 GSADF 统计量，且由于检验不断

倒向取样本检验终点，使得整体样本以及三个子时期在倒向递归进行到前期时检验统计量的值由于样本量的减少变得异常，与比特币的价格走势不符，因而在以下检验中对于倒向递归检验前期与比特币价格走势不相符的 GSADF 检验统计量视为异常值。

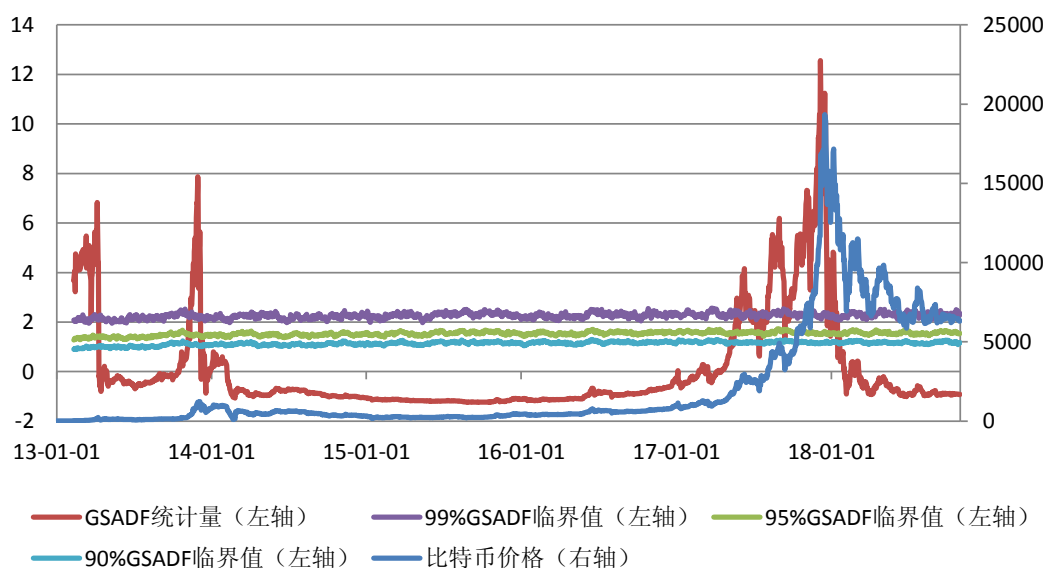


图 5-5 整体样本的比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果

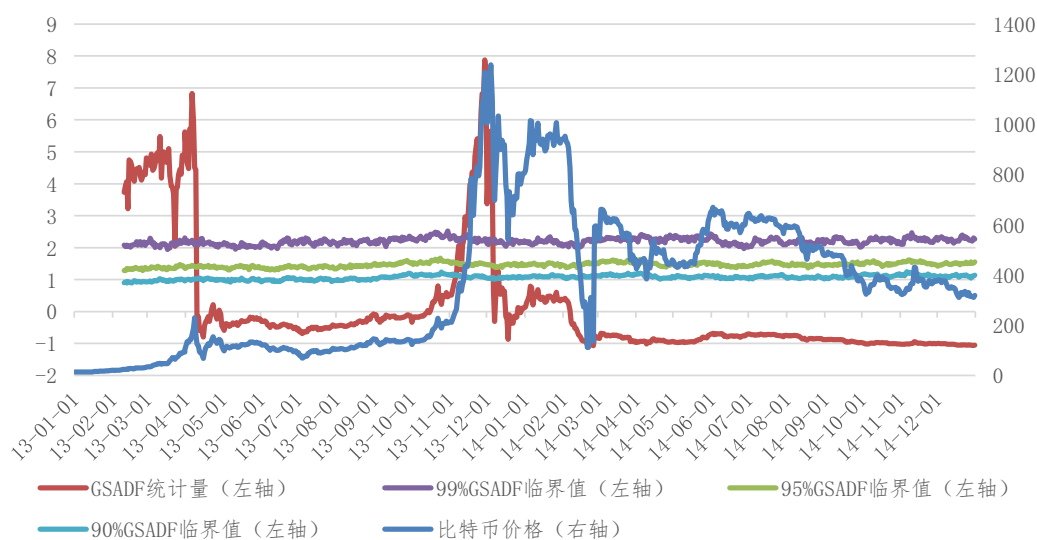


图 5-6 子时期 2013 年-2014 年比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果



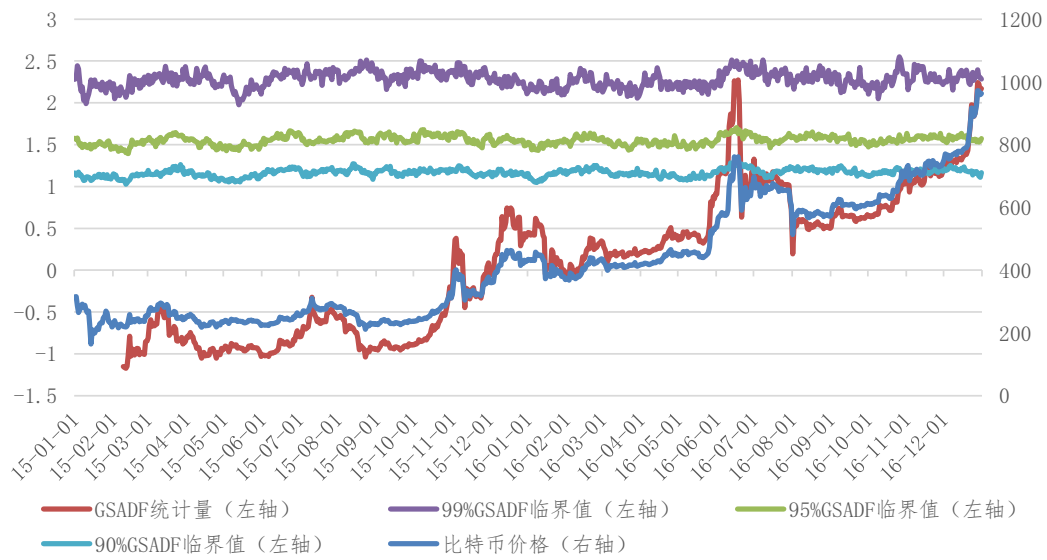


图 5-7 子时期 2015 年-2016 年比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果

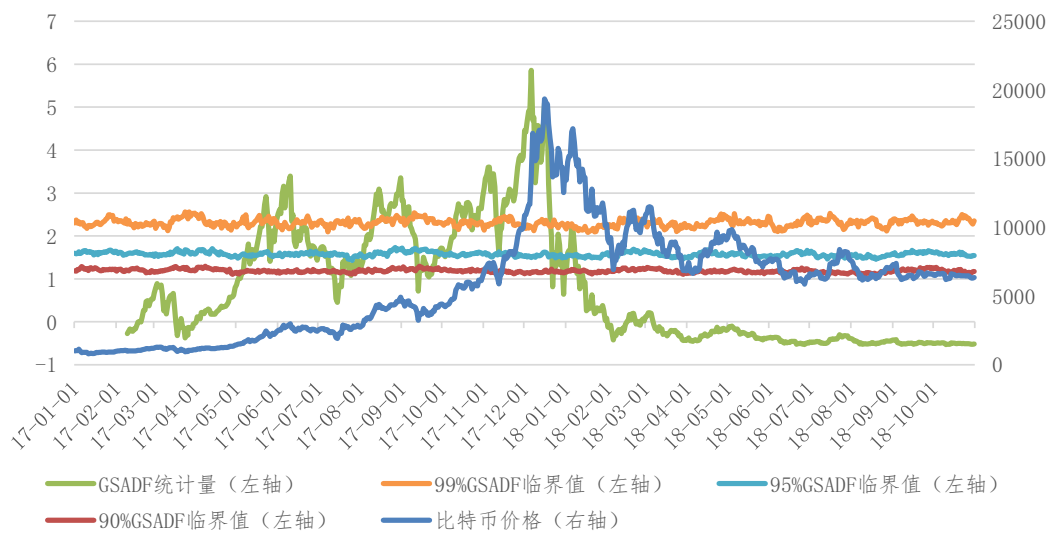


图 5-8 子时期 2017 年-2018 年 10 月 31 日比特币价格泡沫的 GSADF 检验结果

表 5-3 比特币价格泡沫程度及存续时点

泡沫的存续周期	持续天数	泡沫峰值	峰值时点
2013/11/13-2013/12/5	23	7.871347	2013/11/29
2017/5/21-2017/6/12	23	3.393034	2017/6/10
2017/8/11-2017/9/6	27	3.353821	2017/9/3
2017/10/11-2017/11/10	31	3.602881	2017/10/27
2017/11/15-2017/12/20	36	5.099152	2017/12/6

首先，基于整个样本周期对比特币价格序列做 GSADF 检验，检验结果如图 5-5 所示，从图 5-5 可知，给予倒向递归的 GSADF 统计量直观上估计大约有四到五次大于其 99% 的临界值，且其大致趋势与比特币价格的波动较为吻合。

其次再对三个子时期的比特币价格序列做 GSADF 检验，结果如图 5-6 到图 5-8 和表 5-3 所示。

a) 第一个子时期 2013 年初至 2014 年末如图 5-6 所示，检验出一个泡沫（排除前期的异常值后），估计的存续周期 2013 年 11 月 13 日-2013 年 12 月 5 日；

b) 第二个子时期 2015 年初至 2016 年末如图 5-7 所示，在 99%GSADF 临界值下，未检验出泡沫，这和整体样本的比特币价格序列的 GSADF 检验图 5-5 的结果一致；

c) 第三个子时期 2017 年初至 2018 年 10 月 31 日如图 5-8 所示，检验出 4 个泡沫，估计的存续周期为 2017 年 5 月 21 日至 2017 年 6 月 12 日、2017 年 8 月 1 日至 2017 年 9 月 6 日、2017 年 10 月 11 日至 2017 年 11 月 10 日和 2017 年 11 月 15 日至 2017 年 12 月 20 日。

## 5.4 泡沫现象的原因分析

本文基于以上 SADF 检验和 GSADF 检验对比特币价格序列做检验。实证分析结果显示，比特币在五个时间段存在价格泡沫：2013 年 11 月 13 日-2013 年 12 月 5 日、2017 年 5 月 21 日至 2017 年 6 月 12 日、2017 年 8 月 1 日至 2017 年 9 月 6 日、2017 年 10 月 11 日至 2017 年 11 月 10 日和 2017 年 11 月 15 日至 2017 年 12 月 20 日。泡沫主要存在于 2017 年由于上述泡沫检验结果是根据比特币价格原始序列检验得出的，因而对于泡沫产生原因的分析需要联系影响比特币价格的因素，以分析其价格泡沫产生与破灭的原因。首先基于比特币价格波动对政策端因素极为敏感的原因，整理了样本期间 2013 年至 2018 年间主要国家关于比特币政策面发布的信息，并将其反应在比特币价格

走势上,整理如图 5-9 所示。由图 5-9 可见 2013 年各国政府态度不一,但由于对于比特币的监管还属于相对空白的状态,由此可初步推断监管不足是 2013 年泡沫的原因之一,2017 年继比特币相继推出的各种代币及代币融资使得比特币生态圈进一步恶化,各国对于比特币的态度逐渐趋于谨慎,监管趋严,2017 年下半年的多次泡沫原因可以初步推断为市场力量推动其疯狂上涨,但政策趋严抑制其过度上涨,暴涨暴跌中似乎是两个方向相反的力量博弈。泡沫存续周期主要集中在 2013 年末和 2017 年下半年,因而下文对其这期间的比特币相关的市场信息和政府政策信息分析泡沫产生。

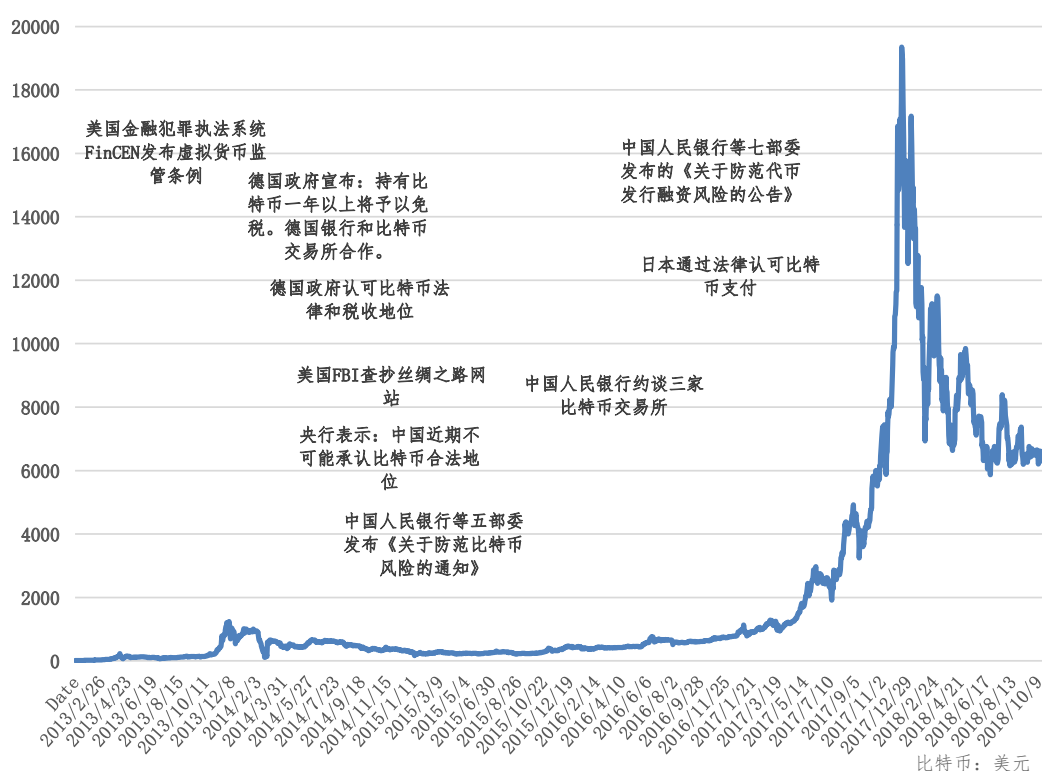


图 5-9 主要国家比特币政策及价格走势

第一个比特币价格泡沫基于本文实证检验估算产生于 2013 年 11 月中旬至 12 月上旬,持续天数估计为 23 天,比特币是在 2013 年逐渐进入人们的视野,开始被越来越多人了解。回归 2013 年各国政府对于比特币的态度,可以发现比特币这一新兴数字货币受到了不少国家的欢迎。德国是持支持态度,对持有一年以上的比特币免税,还成为世界上第一个承认比特币法律和税收地位的国家;而加拿大启用了首台比特币取款机。2013 年 10 月 2 日美国查抄非法交易网站“丝绸之路”,该网站利用比特币的匿名性进行毒品的非法买卖,价格短期内下跌,但很快反弹。这一方面说明比特币在价格

下跌之后有投机者大量买入；另一方面也说明存在一批比特币的支持。2013 年 11 月 18 日美国召开了关于比特币的听证会，比特币价格上涨。整体上利好消息多于利空消息，且通过观察比特币价格短期内对于利好消息和利空消息的不同涨幅，可发现利好消息对比特币的价格影响超过了利空消息。因而可推断出 2013 年末的泡沫产生原因：比特币作为新型虚拟资产被市场逐渐了解，产生一批比特币爱好者，政府监管处于空白，且德国等国对比特币持支持态度，还有一定的投机需求推动其上涨。

其余几个泡沫集中于 2017 年下半年，期间比特币价格多次暴涨暴跌。分析其原因，回顾 2017 年上半年，ICO（数字货币首次公开发行）项目已达到一定的数量，募集到累计 26 亿人名币的资金，参与人数多达十万。由于缺乏监管，各类良莠不齐的 ICO 项目充斥着市场，对于比特币的热度伴随着 ICO 也有所上升。比特币从 2017 年开年大涨，一直保持上涨趋势至 5 月。良莠不齐的 ICO 项目使得投资者难辨真假，六七月比特币开始下跌。2017 年 5 月之后，由于 ICO 项目业内乱象横生，涉嫌非法集资，金融诈骗等，2017 年 9 月，国内发布《关于防范代币发行融资风险的公告》，禁止各类 ICO 项目，所有交易所于 10 月底前关闭，相关机构和个人应做好退出安排。2017 年 10 月，随着三大交易所宣布暂停比特币与人民币交易。比特币在中国被全面禁止。泡沫在 2017 年 12 月 16 日达到峰值，这与比特币价格在当天达到 19345.49 美元的高价保持一致。国内热度虽然下降，但是比特币可全球交易，叫停的 ICO 项目部分在境外重新开展，区块链的技术不断得到认可，比特币期货挂牌、来自日本和韩国投资者持续涌入比特币交易市场，使得比特币涨势不减，直到 2017 年 12 月 16 日的峰值 19345.49 美元，泡沫已经膨胀到濒临破灭的程度。2018 年比特币无法延续 2017 年的上涨态势，尽管人们对于比特币已经相当熟悉，但是各国在比特币市场愈发难以控制时都开始加强了监管。此外由于比特币区块容量限制后的硬分叉——比特币现金，分流了比特币的算力，算力争夺还有对比特币安全性方面的考虑，投资者开始纷纷抛售比特币，因而比特币在 2018 年一直下跌。2017 年已经达到泡沫峰值，因而 2018 年比特币大跌，投资者在 2017 年对于比特币过高的预期在大跌之后也对比特币失去信心，因而比特币 2018 年下跌成为必然。总结 2017 年下半年的多个泡沫的原因：ICO 项目数量激增，对于比特币的热度随之上涨，资本力量不断推动比特币上涨，比特币全球交易量在日本韩国投资者持续涌入下只增不减，此外比特币相关的区块链技术不断得到认可，这些原因使得泡沫产生；但在不断增加的比特币交易量下，比特币区块容量限制限制了它的交易效率，

出现突破比特币区块容量限制的硬分叉——比特币现金，算力争夺等还有不断趋严的监管政策，使得比特币价格难以维持高位，2017 年末达到了峰值，2018 年开始大跌，泡沫破灭。

## 6 比特币发展的政策建议

基于对比特币泡沫的检验及原因的分析,可知监管政策变化是比特币价格波动剧烈的重要外因,而投机者大量买卖是比特币泡沫产生与破灭的主导因素。在比特币的监管方面,政府应当合理引导投资者,抑制比特币投机泡沫的产生。因而本章从以下三个角度对比特币未来发展提出政策建议。

### 6.1 交易体系

私人成立的比特币交易所在于交易的安全性与投资者的资质认定存在较大的问题,因而政府出面构建一个专门的数字货币交易平台及完善相应的交易机制,对于创造一个安全健康的数字货币交易环境是十分必要的。在交易平台上,政府可参考证券交易所的构建模式,在投资者准入、交易额度限制、支付方式设计以及比特币价格涨跌幅的限制方面细化约束条件,针对比特币不同于股票的特点,对其特有的交易风险、双重支付风险等方面作出防范。具体而言在交易风险方面,比特币交易平台针对投资以往的交易建立相应信用信息备案等方式,同时对比特币交易的匿名性可以通过计算机的技术手段发现交易者的身份信息,因而在该平台上应该引入针对追踪比特币投资者的技术手段,一方面可以为平台自身筛选出适合参与比特币交易的投资者,另一方面,这些信息可减少执法部门面对运用比特币洗钱问题及从事非法交易等问题时追踪不法分子方面的难度。在双重支付风险问题上,成立专门的比特币交易平台提供统一的交易中心,交易平台对于每一笔交易批量确认不存在双重支付问题,避免投资者遭受资金损失。

### 6.2 法律体系

互联网可匿名进行跨境交易,成为一些跨国公司规避外汇额度监管的渠道之一,并为部分从事洗钱交易的个人提供了途径,我国针对比特币的法律体系处于相对空白的状态,防范比特币的法律风险需要对比特币中涉及的不法行为进行识别并构建相应的处罚条例。针对比特币构建专门的法律风险识别检查机构,出台应对比特币交易中出现的不同法律问题的法律法规,为比特币交易创造健康的交易环境是十分有意义的,

如针对在 ICO 项目中涉及的非法融资与金融诈骗问题，首先立法部门应在 ICO 项目发行的合规合法性作出规定，在 ICO 项目上需要法律审批流程，获得合法的发行资格；这样有利于筛选出优质的 ICO 项目；还比如对于比特币的课税问题，应完善相应的税收制度，不论是对运用比特币的企业还是比特币交易的投资者，都应对交易过程设置相应的税率。

### 6.3 监管体系

比特币作为一种新型的数字货币资产，其风险演化路径复杂，国家对于这类资产的监管的研究还比较少，因而国内对于比特币乃至数字货币的监管可以借鉴国外的沙盒监管模式。在沙盒监管模式下，金融科技企业关于数字货币的各类创新可以适当放宽限制，基于数字货币相关的创新项目可以不断的测试，这样一方面，在沙盒监管模式中，随着数字货币各类创新，政府可以摸索出更加适合的监管方式。适当放宽限制以鼓励企业尝试针对数字货币相关应用的创新。这样政府监管与金融科技企业双方形成良性互动，为数字货币未来大范围开展相关业务奠定基础。另外随着比特币全球交易范围的不断扩大，比特币的监管难度与日俱增，在比特币跨境交易的监管上，可与国际上其他国家联合统筹监管，这样一方面可以实现各国比特币监管信息的共享，另一方面减少比特币风险的境内外转移监管难度。

## 7 本文不足之处及未来研究方向

### 7.1 不足之处

本文对于比特币泡沫检验与泡沫持续周期的 SADF 和 GSADF 检验是建立在理性投机泡沫模型的框架下的,它未将非理性因素纳入检验范围,因而估计结果可能会有偏差;其次计算 SADF 法与 GSADF 法的临界值是基于随机游走过程,未考虑截距项与漂移项的影响,这样存在的问题是临界值估计偏低,导致泡沫持续周期估计过长。最后,本文所用的方法规避了基础价值的估算问题,是一种基于比特币历史价格对泡沫的事后检验,不能实现事前对泡沫的预警与风险防范。

### 7.2 未来研究方向

一方面,非理性预期在现实交易中扮演着重要角色,未来应加深对行为金融理论的学习,并探究基于非理性投机泡沫的计量模型。使得泡沫检验更加准确。另一方面,探究数字货币的基础价值的来源与估值模型,为泡沫检验提供更准确的方法。从基础价值估计价格来预判泡沫程度为规避风险提供预警。



## 参考文献

- [1] Claessens, S., S. Djankov & L.H.P. Lang. Who Controls East Asian Corporations, and the Implications for Legal Reform[J]. World Bank Other Operational Studies, 1999(9): 1 - 8.
- [2] Eng-Tuck Cheah, John Fry. Speculative Bubbles in Bitcoin markets? An Empirical Investigation into the Fundamental Value of Bitcoin[J]. Economics Letters, 2015(130): 32-36.
- [3] Peter C. B. Phillips, Shuping Shi, Jun Yu. Testing for Multiple Bubbles: Limit Theory of Real - Time Detectors[J]. International Economic Review, 2015, 56 (4): 1079 - 1134.
- [4] Hayes, Adam, A Cost of Production Model for Bitcoin[EB / OL]. [2015-03-19]. <https://ssrn.com/abstract=2580904>.
- [5] 邓伟. 比特币价格泡沫: 证据、原因与启示 [J]. 上海财经大学学报, 2017, 19 (02): 50-62.
- [6] 傅艺嘉, 吴逸轩. 比特币背后的金融规则与货币信用 [J]. 天津商务职业学院学报, 2018, 6 (05): 30-36+97.
- [7] 郭文伟, 刘英迪, 袁媛, 张思敏. 比特币价格波动极端风险、演化模式与监管政策响应——基于结构突变点CAViaR-EVT模型的实证研究[J]. 南方金融, 2018(10): 41-48.
- [8] 贾丽平. 比特币的理论、实践与影响 [J]. 国际金融研究, 2013 (12): 14-25.
- [9] 雷捷, 罗良文. 比特币风险及其监管体系构建[J]. 财会月刊, 2018(11): 166-171.
- [10] 李董, 魏进武. 区块链技术原理、应用领域及挑战[J]. 电信科学, 2016, 32 (12): 20-25.
- [11] 刘刚, 刘娟, 唐婉容. 比特币价格波动与虚拟货币风险防范——基于中美政策信息的事件研究法 [J]. 广东财经大学学报, 2015, 30 (03): 30-40.
- [12] 刘力臻, 王庆龙. 基于模仿传染模型的比特币羊群效应分析 [J]. 北京邮电大学学报 (社会科学版), 2015, 17 (02): 27-33.
- [13] 刘雨臻, 吕琦. 区块链技术应用及未来前景 [J]. 农业发展与金融, 2019 (02):

- 123-124.
- [14] 马可. 比特币: 终究是一场泡沫 [J]. 金融理论与教学, 2014 (03): 40-43.
- [15] 祁明, 肖林. 虚拟货币: 运行机制、交易体系与治理策略 [J]. 中国工业经济, 2014 (04): 110-122.
- [16] 任津莹. 比特币投资报告 [J]. 现代经济信息, 2018 (16): 295+297.
- [17] 任泽平. 比特币: 货币革命还是投机泡沫? [J]. 发展研究, 2018 (05): 40-51.
- [18] 盛松成, 张璇. 虚拟货币本质上不是货币——以比特币为例 [J]. 中国金融, 2014 (01): 35-37.
- [19] 孙坚. 基于经验模态分解方法的比特币价格波动分析及预测方法研究 [D]. 硕士学位论文, 湖南大学, 2018.
- [20] 孙启明, 王浩宇, 潘智涓. 比特币的世界货币特征探索 [J]. 北京邮电大学学报 (社会科学版), 2014, 16 (01): 31-37.
- [21] 王嘉. 浅谈比特币货币的职能及其风险防控对策 [J]. 时代金融, 2018 (35): 45.
- [22] 王任, 贺雅琴. 数字货币以太坊价格存在泡沫吗? ——基于GSADF方法的实证研究 [J]. 金融与经济, 2018 (10): 9-16.
- [23] 王帅, 秦波, 陈晋川, 姬思宇, 张诗童. 基于PoW机制的区块链估值模型 [J]. 信息安全学报, 2018, 3 (03): 30-42.
- [24] 吴孟泽. 基于供求角度的加密货币影响因素及价格走势分析——以比特币为例 [J]. 黑龙江金融, 2018 (08): 55-57.
- [25] 喻辉, 张宗洋, 刘建伟. 比特币区块链扩容技术研究 [J]. 计算机研究与发展, 2017, 54 (10): 2390-2403.
- [26] 曾永军. 比特币与郁金香泡沫对比分析 [J]. 时代金融, 2018 (12): 230.
- [27] 展凯莉. 基于“监管沙盒”机制对我国比特币监管的思考 [J]. 武汉金融, 2018 (07): 49-53+77.
- [28] 钟秦. 比特币的价格形成机制研究 [J]. 时代金融, 2017 (36): 194+197.
- [29] 郭建峰, 傅一玮, 靳洋. 监管视角下比特币市场动态变化的实证研究——基于政策事件的对比分析 [J/OL]. 金融与经济, 2019 (02): 16-22 [201911]. <https://doi.org/10.19622/j.cnki.cn36-1005/f.2019.02.003>.