

The Role of Bitcoin in Asset Allocation

by

Zhijie Yun

A Dissertation Presented in Partial Fulfillment  
of the Requirements for the Degree  
Doctor of Business Administration

Approved March 2023 by the  
Graduate Supervisory Committee:

Xiaochuan Huang, Co-Chair

Feng Li, Co-Chair

Ning Zhu

ARIZONA STATE UNIVERSITY

May 2023

比特币在大类资产配置中的作用研究

云志杰

全球金融工商管理博士  
学位论文

研究生管理委员会  
批准于二零二三年三月

黄晓川，联席主席  
李峰，联席主席  
朱宁

亚利桑那州立大学

二零二三年五月

## ABSTRACT

The epidemic in 2020 led to unprecedented currency oversupply in most economies around the world. The rapid rise of the total amount of money pushed up asset prices. Bitcoin has become the leader in a broad range of assets, attracting more and more attention from the market. Although mainstream financial institutions pay attention to special currency, But the research is not in-depth. This paper first studies the investment effect of the asset allocation model with Bitcoin, as well as the marginal changes that Bitcoin brings to the investment portfolio, to fully explain the role of Bitcoin in asset allocation.

It is found that Bitcoin is characterized by high risk and high return, and its risk return ratio is superior to other mainstream financial sovereign pricing anchor assets. After Bitcoin is added, the return gain of portfolio is very obvious. And no matter how investors choose the starting time, how they predict return and risk, and how long they rebalance, the portfolio has a probability of more than 80% to achieve return improvement, and the increase in return is greater than risk. From the optimal investment point to the general effective frontier of investment, the above conclusions are still valid, and after repeated random sampling, the Sharpe ratio of the portfolio will increase by 71% during the evaluation of investment frontier. Furthermore, in order to avoid the impact of unstable return prediction, the author improved the income prediction method, and found that the prediction results can resist the impact of short-

term noise disturbance of assets after compressing the predicted return based on volatility. Finally, Bitcoin has a strong price trend, and its price trend is the main contributor. When using Industrial Value Added (IAV) and M2 to explain the price change of Bitcoin, the relationship between Bitcoin and macro factors is not significant, which indicates that the price change of Bitcoin is more affected by its own characteristics, especially the abnormal return. This paper is practical, which can provide reference for asset allocation practitioners.

Key words: Bitcoin, Asset Allocation, Factor

## 摘要

2020 年的疫情导致全球多数经济体进行史无前例的货币超发，美国的货币超发水平甚至超过二战时期，货币总量快速上升推升资产价格，比特币成为大类资产中的领跑者，越来越受到市场的关注和重视，作为新生事物，全球监管机构对比特币普遍持谨慎态度，主流金融机构虽然对比特币有所关注，但是研究并不深入。本文通过研究加入比特币的资产配置模型投资效果，以及比特币给投资组合带来的边际变化，全面说明比特币在资产配置中的作用，并以一个常见的基础配置模型为出发点，讨论不同参数取值下，资产配置结果的差异，并从统计学角度总结出收益及风险角度的一般化特征。其次，对比特币的金融特性从宏观因素、自回归趋势、格兰杰因果检验等多个角度进行分析，解析比特币的特性。

研究发现，比特币具有高风险高收益特征，且其风险收益比优于其它主流金融主权定价锚资产，加入比特币后，组合的收益增益非常明显。且无论投资者怎么选择起始时间、采取何种方式预测收益及风险，在多长时间范围内进行再平衡，投资组合均有 80% 以上的概率实现收益提升，且收益提升幅度大于风险提升幅度。从最优投资点推广到一般化的投资有效前沿上，以上结论依然成立，且评估投资有效前沿时，重复随机抽样后，投资组合夏普率提升的概率亦达到 71% 以上。更进一步，为规避收益预测参数不稳定对投资结果的影响，改进收益预测方式，基于波动率大小压缩预测收益后，预测结果能抵御资产短期扰动带来的影响。最后，笔者从比特币的自相关性、格兰杰因果检验与宏观因素影响角度研究了比特币资产的特性，发现比特币具有极强的价格趋势，且资产配置中，其价格趋势是提升组合夏普率的主要贡献来源。在采用工业增加值（IAV）、M2 解释比特币的价格变化时，发现比特币与宏观因子之间的关系并不显著，且比特币与其他资产收益的绝大多数格兰杰因

果关系检验结果不显著，这说明比特币价格变化受自身特性的影响更大，但是当剔除比特币的极端收益时，比特币与宏观因素之间的相关关系变得局部显著。本文是典型的实践型论文，具有非常强的实战指导价值，可以为资产配置实践者提供借鉴。

关键词: 比特币，大类资产配置，影响因素

# 目录

	页码
表目录.....	vii
图目录.....	viii
章节	
一、导论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究问题.....	6
1.3 研究意义.....	7
1.4 研究创新性.....	8
二、文献综述.....	9
2.1 比特币研究.....	9
2.2 大类资产配置.....	13
2.3 比特币与大类资产配置.....	19
三、比特币现状及归纳比较分析.....	30
四、研究假设及机制分析.....	38
五、数据变量与实证研究.....	42
5.1 数据来源与资产选择.....	42
5.2 计量模型.....	44
5.2.1. 相关性分析.....	44

章节	页码
5.2.2. 凸优化求解.....	45
5.2.3. 有效前沿采样及变动评估.....	46
5.2.4. 收益率压缩预测 .....	47
5.2.5. 自相关性 .....	47
5.3 资产特性分析 .....	47
5.3.1 收益率分析 .....	47
5.3.2 资产相关性分析 .....	48
5.3.3 比特币与宏观因子相关性.....	51
5.4 实证检验.....	52
5.4.1 资产配置模型 .....	52
5.4.2 比特币收益特性研究.....	60
5.4.3. 宏观因素影响.....	62
5.4.4. 尾部风险评估.....	63
5.4.5 本章小结 .....	70
六、结论.....	73
6.1 主要结论 .....	73
6.2 缺陷与不足 .....	75
参考文献.....	77

## 表目录

表格	页码
1. 典型风格因子文献.....	18
2. 变量定义与说明 .....	44
3. 大类资产整体业绩表.....	48
4. 比特币和美元指数、CRB 指数、原油和黄金的相关性-all .....	49
5. 资产相关性（2014.01.01--2019.12.31） .....	50
6. 资产相关性（2020.01.01—2022.5.20） .....	51
7. 比特币与 M2、工业增加值的相关关系.....	51
8. 基础配置组合投资绩效.....	55
9. 最优投资组合百分比统计 .....	57
10. 最优投资组合收益风险百分比统计 .....	58
11. 收益率压缩预测百分比统计.....	60
12. 格兰杰因果检验结果(Wald tests).....	61
13. 控制比特币自相关性的资产配置组合业绩表现.....	62
14. 比特币与 M2、工业增加值的关系 .....	63
15. 比特币（虚拟）与 M2、工业增加值的关系.....	69
16. 尾部收益率对资产配置绩效的影响 .....	70

## 图目录

图	页码
1. 马科维茨投资有效前沿.....	15
2. 大类资产整体业绩 .....	48
3. 基础配置组合累计净值 .....	55
4. 资产日收益率分布 .....	65
5. 资产日收益率分布（续） .....	66
6. 资产日收益率分布（续） .....	67
7. 各资产累计收益率走势 .....	68

## 一、导论

### 1.1 研究背景

比特币为什么受到追捧？这和比特币机制设计的公平性、供给的有效性有很大关系。目前，比特币在个别国家可以当成交易货币，一些商家可以用比特币直接进行交易，比如特斯拉汽车的买卖等。但是主流国家对比特币的态度却是保守的，尤其以中美为代表的政府对比特币及相关的数字货币都有严格的管理和限制。另外，从波动表现看，其日波动幅度常常超过 10%，把比特币当成成长性资产更加合适。实物交易的便利性，高波动特性蕴含的巨大获利空间，是比特币使用及交易火热背后的本质原因。从当前全球宏观背景看，全球主要国家的核心资产以及货币供给都处在高位，结合当前中美对抗以及全球产业链再造情况，在货币宽松背景下，难以执行货币收紧，中国甚至加大释放流动性。宏观背景推升通胀预期和避险预期，比特币的供给有限性和支付使用的扩张性，造就了它配置的稀缺性和必要性，再加上它近几年的价格表现突出，更是吸引了大量机构以及个人投资者。

短期的货币收缩对比特币的影响显著，2022 年，美国为了防止恶性通货膨胀，开始货币收缩周期，在俄乌战争大背景下，美国在国内进行收缩的同时，加大对俄罗斯的金融管制，导致全球资产出现大幅波动，数字货币的跌幅更加显著。根据笔者的投资经验，在稳定的社会环境中投资数字货币性价比更高，在货币收缩和动荡的社会中，利益集团会维护主权货币价值，进而严重干扰数字货币的表现。

比特币作为一类新生事物，它的出现和发展，尤其是近几年的高速发展，越来越受到市场关注，除了数字货币存在的理论意义，大家也关注数字货币市场的未来市值发展空间。

数字货币自身的资产总值高速增长，无论是作为未来的货币形态还是商品形态，数字货币的资产配置属性都越来越重要。

任何一个新的资产，当这个资产具有一定的资金承载力，并拥有较好的流动性时，都会吸引货币去购买和配置，货币是流动的，如果货币更多的流向数字货币，按照事物的替代性原则，现在的资产中一定有被数字货币替代的资产，本论文亦从现存的主要资产中进行比较论证，多角度归纳总结分析谁有可能被它替代，是宇宙中心的美元？全球美元贸易结算之锚的原油？还是天生是货币的黄金以及大类商品呢？

如何理解比特币在当前市场下的定位？在资产配置中，比特币的作用有哪些？表现出什么样的特性？可以从三个层面展开，在当前复杂的世界中对比特币进行定位：1) 美元超发带来的争议，比特币和大宗商品有机会吗；2) 俄乌战争对资产定价的干扰；3) 如何看待比特币的机会。

#### 1. 对美元的探讨，美元主宰的时代过去了吗？

摆脱美元主宰世界的声音一直存在，尤其是美国现在推行现代货币理论（MMT）导致货币超发，使得市场进一步担忧美元的信用问题，很多人认为数字货币才是未来，比特币价格在 2021 年超过 6 万美元，创出历史新高，针对这个现象，讨论美元面临的问题以及比特币存在的机会。

回顾美元的发展过程，大致经历以下三个阶段：

1) 二战后与黄金脱钩：美国布林顿森林会议确立了美元与黄金按 1 : 35 挂钩以后，美元霸权延续 20 多年。1971 年，石油危机，海湾战争，美国面临着一个停滞通胀的时代，法国戴高乐总统派军舰到美国，用美元兑换所有的储备黄金之后，德国和其他欧洲国家也效

仿来纽约联储，把纽约联储局地库里的黄金储备提取兑现。尼克松被迫宣布黄金和美元脱钩。从而导致美元的世纪贬值，从 1 盎司黄金对 35 美元贬到 1:850 美元。

2) 石油美元时代：美国为了继续谋求美元的霸权跟沙特及其它中东国家签署了石油同美元结算挂钩的协议，使得美元霸权在后工业时代延续了半个世纪。

3) 一揽子商品美元时代：期货交易推升石油美元向商品美元升级。期货交易所诞生以后，投资人更多的思考商品期货的定价问题。但是一个全球交易的交易所，本质上就是货币的全球化，全球期货的大部分交易在美国，即使是 LME 的交易也是美元计价，人们常说的石油美元，在期货交易中早已经成为商品美元，期货交易所对国家货币的核心价值是交易结算，不能做到全球交易本币结算的交易所，最多是一个国家内部的定价组织，中国的商品期货虽然在交易量上已经是全球第一，但是对人民币国际化的帮助很有限。

美股美元时代：美元霸权体现在以盯住大宗商品作为它的底层资产，加上金融霸权，与美国股市上的标准普尔 500 和纳斯达克中头部万亿美元俱乐部的科技股（以公司首字母为代表，俗称：Maangla）进行锚定。美元进入标准普尔帝国和纳斯达克帝国时代。美国股市对全球资本的吸引力，起源于其内在的科技创新和引领新时代的领先头部公司，这些公司具有科技底层技术，创新和垄断支配地位，具有战略稀缺性。

从上述这四个时代的演变看，美元之锚在不断转换的同时，并没有丢弃之前的锚，而是在货币超发总量上需要新的锚与之匹配，从当前超过 1 万亿市值的公司来看，美元的超发与科技发展完全锚定，而中国当前资产仍是以房地产为主，两者之间的锚定差异很大，美元的新的锚定为美国的科技发展提供了源源不断的金融助力。

总结来说，美元之锚是叠加的锚，美元的地位更加稳定，而不是被其他货币或新兴货币取代。

## 2. 俄乌战争对资产定价的干扰

俄乌战争爆发是 2022 年最让世界震惊的事件，这个事件在发展过程中，出现了金融之战和世界新的隔离。首先，从金融层面看，俄乌战争发生，美国及西方对俄罗斯全面制裁，冻结了其全部外汇资产并剔除俄罗斯出 Swift 系统。其他外汇储备国为了分散风险，有可能将美元资产分散投资到大宗商品和其他类型的资产。形成布林顿森林升级版，货币之锚变成了一篮子商品。是自 70 年代以来，世界货币第二次与美元脱钩，货币是否锚定多元化的大宗商品，包括石油，黄金和铝矿等稀缺资源和新能源资源？答案是否定的，全球商品期货交易中，早就通过美元定价，美元早就成为商品美元，当俄罗斯用天然气、石油以及黄金作为卢布的定价之锚时，其实俄罗斯经济就开始脱离全球化市场，其锚定的定价也不是市场定价，长期看对俄罗斯经济以及卢布都会产生很大影响。

美元定价的商品，是全球商品的定价，在全球贸易背景下商品定价其实很难脱离美元体系，在资产配置中也仅仅是一个配置项，所谓的避险金属黄金不能脱离其中。同时，由于俄乌战争，近期资产市场动荡，虽然大宗商品上升，但是现货市场出现现货升水，远期合约贴水的情况，证明大宗商品并非稀缺，具有可替代及周期性。商品不能作为定价新时代的货币之锚。我们看到，黄金波动有所上升，但是基本还处于 2000 美元一盎司附近，而且俄罗斯的黄金储备也面临美国冻结。我们也看到，美元债券由于加息预期暴跌。然而，更为显著的是数字货币的大幅下跌，说明比特币不具备避险功能（同期的黄金价格稳定，并在战争初期有显著上涨），比特币的走势更加趋近美股走势，且和美元指数的负相关性提高，可

见比特币和数字货币更加适应的是货币宽松的市场，它能吸收过剩的流动性，这些过剩的流动性推升比特币（数字货币）的价格，没有走出独立于市场的趋势。反之，黄金的价值却越来越具备长期性，在全球政治不稳定、全球产业链再造，商品长期供给失衡，碳中和加速的背景下，对大宗商品价格形成长期支撑，商品价格处于高位为黄金价格表现提供舞台。

### 3. 低相关性是比特币配置价值的核心

最后，再度思考比特币配置价值的时候，它与其它资产低相关是比特币价值的体现，新生事物的独特性是它所具备价值的基础。经济学人期刊论述了“为什么将比特币添加到投资组合中是明智的”这个主题，文章的核心观点即为：比特币和其它大类资产的相关性很低，使其成为投资组合多元化的潜在优质来源。

Markowitz (1952)认为在资产配置中，重要的不一定是资产本身的风险（比特币的价格波动率很大），而是它对整个投资组合波动的贡献，这才是资产在配置中的关键点，这一观点奠定了现代投资组合理论的基础。全球配置的组合在持有的资产组合中通常会包括：不同地区的股票、债券、不动产基金（REITs）、贵金属（比如黄金）和商品等，根据历史数据回测可知，收益最高的资产依旧是股票和房地产，但是它们之间的相关性很高，难以实现风险分散。股票和债券之间的相关性为弱相关（过去十年约为 0.2-0.3），但由于债券收益率太低，投资者往往是通过增加债券来降低波动性，但这样做会显著降低整体收益率。

比特币的风险大，但是收益也很高，此时，其优势得以体现。从历史上看，加密货币的波动率可能很大，但是在其短暂的生命周期内，加密货币的给大家带来的平均回报也很高。更为重要的是，加密货币的风险特性往往与其他资产存在区别，自 2018 年以来，比特币与世界上所有股票之间的相关性一直在 0.2-0.3 之间，即使是 2020 年以后相关性有很大提

升，但其数值也没有超过 0.3，大部分相关值在 0.1—0.2 之间，将 2014 年至 2022 年时间区间作为整体看，相关性甚至可以忽略不计。其他研究也表明，比特币与房地产和债券的相关性同样很弱，这使得比特币成为投资组合多元化的极好潜在投资品种。对冲基金经理 Paul Tudor Jones 曾表示，他的目标是自己投资组合的 5% 是比特币。但是，近期资产相关性有所提升，限制了对数字货币配置的比例。

从投资回报的原理层面看，投资股票的回报来自公司利润的一部分以及公司未来的成长性，投资债券的回报则来自于无风险利率加上信用风险溢价，但是比特币的投机成分更为显著，排除价差交易中的资本利得，尚不清楚是什么带来了比特币的回报，甚至有理由相信比特币未来可能不会产生任何回报。

从大的方面看数字货币呈现快速发展的趋势，其使用范围越来越广，尤其是当前在投资领域已经获得广泛认知，但是以上分析的很多问题，并没有定量分析层面的确定性答案。通过本研究，可以清晰定位比特币在大类资产配置中的作用，对机构和高净值个人的投资都有很大帮助。同时，该项研究在当前宏观背景下具备现实意义。在创记录的货币投放下，资产价格处在高位（当前中美的核心资产房市和股市都是历史高位），大国关系不稳定，给投资带来不确定性，而比特币在这样的背景下对资产配置有其特殊意义，其配置价值更加突出。

## 1.2 研究问题

诡谲的全球宏观政经局势下，引发从业者重新思考资产配置方法体系，本文基于最朴素的投资逻辑，从多方面探讨比特币加入资产组合后，对资产组合产生了什么影响？产生

这种影响的原因是什么？比特币作为一类特殊的另外资产，具有大涨大跌的特性，比特币的资产特性与一般概念中的大涨大跌是否匹配？投资人是否存在认知上的误区呢？

从投资细节考量，均值方差模型是最经典的资产配置模型，虽然众多专业研究者担忧不同参数结果的稳定性，进而影响样本外表现效果，是否有统计手段，能站在更高的维度上研究比特币给资产配置带来的价值呢？其次，之前研究都基于投资人足够理性，在风险收益权衡最优，预算最优的条件下进行投资决策，以上假设过于理想，是否可以适当放松假设条件，从真实有效前沿的变化模式中去总结规律，给资产配置带来一些投资启示呢？再者，比特币是否具有明显的超额收益？这些超额收益来自哪里？会给资产配置组合带来什么变化呢？这些问题在本文中都有一定程度的解答。

### 1.3 研究意义

研究资产配置的意义离不开其现实价值，在投资实践中，投资经理需要借助资产配置平滑组合波动，以提升投资组合的性价比。对机构来说，战略配置型机构研究资产配置以实现海量资金的长期稳健保持增值，而战术配置型机构借助特定资产的特性，通过资产的超配与低配，实现阶段性超额收益，资产配置理念在现代金融投资中的现实意义越来越大。比特币这类另类资产属于新生事物，具有高风险高收益特性，在全球众多领域具备应用空间，研究其对资产组合特性的影响，有利于扩展资产配置研究的边界，使其覆盖更广域的资产类别。同时，针对比特币的边际贡献，可以进行更为深入的讨论，从资产配置的角度进行资产比较，讨论投资组合在加入比特币后的收益及风险变化及驱动因素，为投资者在投资实践中加入比特币这类资产提供参考借鉴，本文对资产配置学术原理层面的贡献较少，是一篇应用型论文，公开文献中以提出新的资产配置模型或者研究不同资产之间的特殊关

系为主，鲜有深入分析比特币在资产配置实践中基础性作用的文章，本文作为一篇在该领域较为全面、深入的文献，在资产配置的实用研究上具有重大贡献。另外，资产配置实践中，讲求简单、高效、实用，本文试图启发实践者在考虑将新资产纳入资产配置组合时，如何评估与提炼核心矛盾，发现比特币具有优秀的超额收益特性，这有利于实践者在纷繁变化的全球资本市场中迅速寻找到应对之策，当外部宏观政经环境发生重大变化或者面临重大冲击时，能第一时间形成科学决策，这对于资产配置实践者开展投资工作尤为重要。

#### 1.4 研究创新性

总结本文的创新之处，体现在以下三点。首先，本文将比特币这个另类资产引入资产配置组合，研究其对资产组合的贡献，并解析其资产特性，较为全面的回答了投资者在资产配置中对于某类资产较为关心的核心问题。其次，本文不仅从最优投资组合角度研究资产配置组合的变化，还从有效前沿整体性变化的角度研究投资组合的改变，以更全面分析比特币到底是对组合在收益方向的贡献多一些，还是对组合风险方向的贡献多一些，这是投资实践中非常基础，也很重要的问题，但常常被忽略，目前未见有其它类似的研究。最后，基于波动率增益倍数调整收益估算模式改善收益预测结果，基于该方法得到有启发意义的结论，为后人继续深入研究提供了基础。

## 二、文献综述

查阅相关文献资料发现，关于比特币的研究涉及区块链技术、数字货币、虚拟货币、加密货币、互联网金融、智能合约、隐私保护、去中心化、法律监管等各个方面，涵盖比特币的底层技术一直到各类上层应用。本文更关注比特币在资产配置中的作用。本章首先对比特币的各类研究进行回顾，然后对常用的经典资产配置模型进行总结，以阐明比特币在资产配置中的边际价值。在总结相关文献过程中，对相关研究在实践应用中的不足之处予以点评。

### 2.1 比特币研究

比特币作为区块链技术的经典应用，自 Satoshi Nakamoto (2008) 首次提出到如今已发展多年，关于比特币的研究主要分为几个方面。首先，是对区块链技术发展现状与未来趋势的探讨，区块链技术包含数据存储、数据计算与数据保密、数据共享机制、数据伦理等多个角度，是 IT 技术在不断完善外围机制后，突破原有中心化模式的创新技术。袁勇等 (2016) 解构区块链核心要素，提出区块链系统基础架构模型，并阐述区块链与比特币的基本原理、技术、方法与应用现状，智能合约的理念、应用和意义，介绍基于区块链的平行社会发展趋势，指出区块链是随着比特币等数字加密货币日益普及而逐渐兴起的一种全新的去中心化基础架构与分布式计算范式，目前已经引起政府部门、金融机构、科技企业和资本市场的高度重视与广泛关注。区块链技术具有去中心化、时序数据、集体维护、可编程和安全可信等特点，适合用于搭建可编程货币系统、金融系统乃至宏观社会系统。J.P. Morgan (2016) 预测到 2020 年区块链将开始替换目前的冗余基础设施。Swan (2015) 在《区块链:新经济蓝图及导读》中指出区块链技术是一种公开透明的、去中心化的数据库。

Kumaresan et al. (2014) 提出验证计算、安全计算、公平的安全计算、非交互式奖励四种模式，以使比特币的加密任务能正确知悉。林小驰等（2016）指出，区块链是一种把区块以链的方式组合在一起的数据结构，具有去中心化、按时序记录数据、集体维护、可编程和安全可信等特点。以上这些研究对于完善比特币的底层技术基础，形成良好的技术发展规范与合理的技术促进生产力发展机制提供有效保障，这些研究对金融实践者，特别是对具有资产配置需求的实践者来说，缺乏明显的、直接的实践价值，但是了解底层技术构成、监管与规范思路有利于投资实践者判断比特币的实际价值，对于在投资中更全面了解比特币这类另类资产的特性与价值具有一定意义。

除 IT 技术及配套基础设施外，针对比特币应用层面，学者从比特币的价格波动、投资者情绪、市场风险等角度进行了大量实证研究，也有一些学者从法律监管角度，对如何确保比特币市场有效运行提供政策建议。比特币在这些年全球货币宽松大背景下，交易规模迅速扩张，价格波动也非常剧烈，其安全性、稳定性受到投资机构、学者、监管者等各界人士的质疑，各国政府在监管态度上不尽相同。

金融风险防范角度，Dierksmeier et al. (2016) 从商业伦理角度讨论区块链技术对金融交易性质的影响。Allen & Darcy (2015) 指出，比特币和数字货币可能会挑战全球经济秩序，并对可能的路径进行了展望。Moore(2013)采用实证分析对比特币交易平台的风险进行预测和评估，发现比特币交易量越多的平台越不容易关闭，而且交易量与受攻击次数成反比。刘凌晨等（2020）指出当前区块链技术受到金融领域广泛关注，但限于复杂的密码学原理和交易机制，目前国内对区块链金融理论研究还很不足，尤其欠缺对运行机制的理解。未来应在交易风险、共识机制、应用边界、监管准则等方面进一步深入研究。丁晓蔚等(2018)

认为比特币隐含特定风险，而金融风险与舆情风险紧密联系，社交类媒体在虚拟货币舆情中异常活跃，舆情高潮与引人注目的事件相对应，官微积极发声发挥了引领舆论和舆情的正向作用，建议金融监管和舆论引导既要警惕、监控、防范虚拟货币所带来的金融风险和与此相联系的舆情风险，又要鼓励创新，不致因防范风险而扼杀金融科技创新。

价格波动原因及其影响角度。刘刚等(2015)采用事件研究法研究美国查抄“丝绸之路”、召开比特币听证会和中国发布《关于防范比特币风险的通知》对比特币价格波动的影响，发现中美两国监管政策对比特币价格波动均有实质性影响，且无论发布利好还是利空消息都会使比特币价格在事件前后剧烈波动，这种波动使比特币难以发挥货币价值尺度职能。石奕磊(2020)也进行了类似研究，他采用事件研究法和 GARCH 模型考察中美政府发布有关比特币的政策事件对其价格波动及收益率的影响，分析收益率波动特点，提出政策与投资建议。吴金旺等(2020)利用各类 GARCH 模型分析比特币的价格波动特征，并估算比特币市场风险，发现比特币价格波动大，波动具有非正态性、自相关性、非对称性、非线性等特征。赵婷婷(2021)采用带有随机波动率的时变参数向量自回归模型研究全球经济政策不确定性、投资者情绪与比特币价格之间的动态时变关系，发现经济政策不确定性对投资者情绪和比特币价格的影响具有显著时变特征，且 2018 年之前，经济政策不确定性对投资者情绪和比特币价格产生负向效应。陆宇萌(2020)采用事件研究法考察中国人民银行发布《关于防范代币发行融资风险的公告》这一事件对比特币价格的影响，发现政策对比特币价格波动具有显著影响，其中，利好政策促进比特币价格上升，而利空政策导致比特币价格下跌，并且消息还能通过改变投资者预期的形式，在事件发生前便对比特币价格形成影响。赵岳(2016)讨论了区块链技术的优势及面临的挑战，总结了其金融和法律影响，

并对在支付、清算等方面的应用进行展望、提出监管建议。王晟 (2016)分析了区块链式法定货币的技术特点、设计区块链式法定货币的技术形态以及支付体系,给出相关货币政策以及金融监管建议。柏建成等 (2020)选取 2013 年 4 月 30 日至 2020 年 05 月 27 日区间内的比特币、黄金、原油、美元、欧元、日元和人民币日交易价格数据,以溢出指数构建法从静态角度测度数字货币与传统金融市场的波动溢出指数,并从动态角度刻画波动溢出指数变化趋势,进一步结合溢出峰值相关的特定事件对动态估计结果进行解释,发现数字货币与传统金融市场间存在风险传递渠道,二者之间的波动溢出指数随时间变化的幅度较大,数字货币对各传统金融市场的溢出趋势在特定时期具有相似性,全球政治经济事件和数字货币市场泡沫分别是影响数字货币对传统金融市场波动溢出的外部因素和内部因素,比特币对人民币的波动溢出指数在特定事件影响下反应更为敏感。孙立坚等 (2017)认为比特币对现有货币体系和经济运行模式可能产生重要影响,在实践中引发人们对其泡沫化发展的担忧,同时指出,比特币属于集成创新,还有待发展完善,并通过货币和金融学理论分析对货币本质进行再思考,明确中央银行在数字货币发展中不可替代的作用。唐燕等 (2020)采用 GJR 模型捕捉比特币与比特币期货价格波动的非对称性关系,构建 DCC-GARCH-GJR-CoVaR 模型分析风险溢出的联动性和时变性,研究发现,负面信息冲击导致的市场波动大于正面信息冲击的影响,比特币现货与比特币期货市场之间存在显著的动态关联特征,且二者正相关。比特币现货与期货市场之间存在双向的风险溢出现象,其中,比特币期货对比特币现货的风险溢出程度更强,当金融市场异动时,二者的动态相关性和风险溢出效应会显著增强。Beneki et al. (2019)通过多元 BEKK-GARCH 方法和脉冲响应分析来检验比特币和以太坊之间是否存在波动溢出和对冲能力。

李嘉弘等（2021）研究 COVID-19 疫情期间比特币与中国金融市场主要资产的相互作用，发现比特币在市场处于危机时风险会急剧加大，比特币的波动性对大部分资产的利空消息比利好消息更为敏感，需合理配置资产以规避风险。明雷等（2022）利用 BSADF 和 GSADF 泡沫检验方法识别 2013 年至 2021 年比特币价格泡沫及其起止时点，结合事件研究法检验价格泡沫演化机制，研究发现时间段内共出现 9 次价格泡沫。2017 年以前，与比特币直接相关的利好消息引起其价格大幅上涨，近两年宏观经济环境恶化，比特币的避险需求激增主导价格泡沫，监管政策的实施有效抑制价格异常波动，避免泡沫膨胀重创经济，作者建议我国应尽早构建完善的数字货币监管体系，加强监测虚拟货币交易资金，谨防虚拟货币市场与传统金融市场间的风险传染。

价格操控角度。Gandal et al. (2018) 利用比特币交易所 Mt.Gox 泄漏的自 2013 年 2 月至 11 月多达 1800 万条用户交易数据，识别并分析该交易所的可疑交易行为，以研究比特币交易价格操纵。未见有其它涉及该领域的研究。

## 2.2 大类资产配置

自马科维茨（1952）提出均值-方差大类资产配置模型以来，大类资产配置理论方法经历了配置资本、配置风险和配置因子等主要阶段。

在资产配置理论发展早期，资产配置以配置资本，实现分散化，尽量规避极端风险给组合带来的极端影响为核心出发点。大类资产配置理论研究始于上世纪 30 年代的美国，在本阶段，还是停留在资产配置的风险分散功能层面，实际投资中采用的也是最为简单的恒定混合策略，即在投资过程中，投资组合中各类资产的相对比例保持不变，典型代表为：60/40 投资策略、等权重投资策略。

1) 60/40 投资策略。投资者为了提高资产收益，将总资产的 60%投资于国内债券，40%投资于国内股票，这被称为 60/40 策略。当时，普遍认为股票与债券的相关系数几乎为零，因此，认为 60/40 配置策略能分散风险。

2) 等权投资策略。等权投资策略将总资产平均投入到所有可选资产，在投资过程中，在再平衡时间范围内确保每种资产的权重恒定不变。等权投资策略实质上是一类反转策略，其特点为当某类资产在时间段内有超额表现时，调低这个资产的权重，反之则调高权重。当资产收益率表现满足均值反转规律时，此策略盈利。与该策略的盈利原理相对应，等权重策略中某类资产长期表现欠佳时，会逐渐加大该资产的权重，该策略或面临较大风险。在传统的买入并持有投资框架下，恒定混合策略对资产下跌的保护能力和持续盈利能力、对市场波动的适应性都比较弱，是当前市场上最简单的大类资产配置策略。

上世纪 50 年代开始，随着二战后全球经济的快速恢复与股票市场波动加大，投资者逐渐意识到投资中引入资产配置理念的重要性。马科维茨（1952）提出均值-方差模型为此时期的代表性成果，均值-方差模型正式将大类资产配置从实践探索提升为系统化金融理论。模型使用期望收益、波动率分别描述投资组合收益与风险，并将资产配置问题转化为多目标优化问题，标志着现代投资组合理论诞生，成为资产配置理论的重要基础。

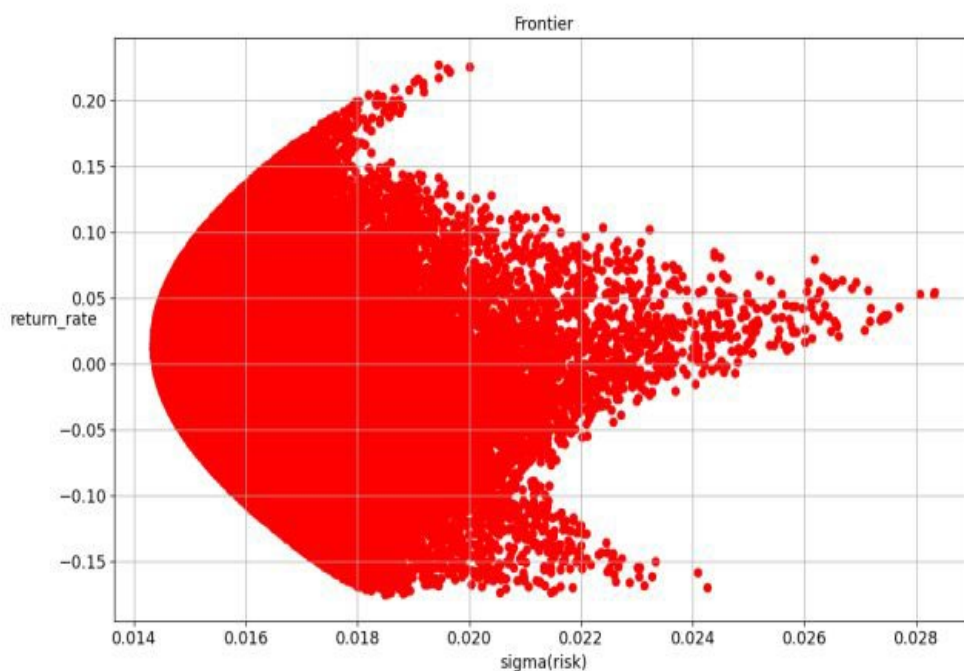


图 1. 马科维茨投资有效前沿

如图所示，现代金融理论在理性人假设下，认为在一定风险水平上，投资者期望收益最大，与之对应，在一定收益水平上，投资者希望风险最小。这些组合并不唯一，但是每一个资产组合均是给定风险下的最高期望收益组合，也是给定期望收益下的最小风险组合，这些组合的集合就是有效前沿（Efficient Frontier），在收益-风险二维平面上是一条二次曲线，且一般有效前沿的上沿才有实际意义。投资组合有效前沿启示投资者，想要获得更高收益，需承担更高风险，想要投资组合风险最小，除多样化地投资不同资产，还应挑选相关系数较低的资产。多项低相关风险资产构成组合时，可以对冲非系统性风险，提高组合性价比，但是也要意识到，基于有效前沿优化配置后，优化解对于输入参数非常敏感，投资组合具有过度配置单个资产的趋向。

随后 30 年时间内，均值-方差模型不断得到发展，夏普等(1973)在此基础上提出 CAPM 模型，建议投资者按风险资产的市场价值权重进行配置。

1992 年，Black 和 Litterman 在高盛工作期间，综合运用马科维茨均值-方差理论和贝叶斯混合估计法，提出 Black-Litterman 模型（以下简称 B-L 模型），此后 BL 模型逐渐得到重视，并被金融机构广泛认可与应用。BL 模型从实用性角度克服了马克维茨均值方差模型的缺陷，均值方差模型优化后配置的结果趋向于过度配置单个资产，优化解对于输入参数非常敏感，在实战中给出的结果不合理、不稳定。BL 模型从资产分配的角度，通过计算资产收益率、风险以确定投资组合的资产权重。

2004 年，美林证券提出美林投资时钟模型，该资产配置策略将经济周期与主观判断相结合，以找寻不同宏观经济背景下的最佳资产配置方式。美林投资时钟分析框架的重点在于识别宏观经济的状态变化，在周期转换中，通过资产之间的切换实现获利。美林时钟策略的广泛运用标志着大类资产配置从静态转向动态，从定性到定量再到定量结合主观判断。

2005 年，Panagora 公司的 Edward Qian 提出风险平价模型，金融市场资产价格的高波动让投资者逐渐认识到，资产配置在特定条件下并不能真正分散风险，需要把目光从配置资本转向配置风险。Bridgewater(1996)提出的全天候策略最早践行这类投资策略，其主要思想为根据通胀和经济增长情况，将经济周期分为四个阶段，在不同的经济周期里，配置各种不同资产。当经济增长且通胀上行时，配置股票和大宗商品；当经济增长且通胀下行时，配置股票和信用债；当经济衰退且通胀上行时，配置股票和黄金；当经济衰退且通胀下行时，配置股票、国债。然后，将风险等权重配置到四种宏观经济状态相匹配的资产组合，得到最终的配置组合。在这种理念指导下，基于风险预算测算资产的边际风险贡献，即

该资产权重的微小变化对组合风险的影响，进而从风险分配角度重新分配资产权重，最大化单位风险的收益。风险预算的关键思路在于当每一种资产的“风险溢价/边际风险贡献”相等时，资产配置权重达到最优，全天候策略的核心理念是风险平价，即不同资产对整个投资组合的风险贡献是均衡的，基于风险贡献配置资产可以更好分散风险，并能够得到有效的投资组合，当各资产的夏普比率相同，且彼此之间的相关系数一致时，风险平价投资组合可以达到均值方差最优。且风险平价模型不依赖资产的预期收益率作为输入参数，不使用数学优化模型，输出结果更加稳定。相对于美林投资时钟模型，这类策略在投资实践中可操作性更强，美林投资时钟模型因其原理简单，也被广泛接受。总之，风险平价模型作为资产配置的一种最新方法，可以搭配其他策略构建完整的大类资产配置体系，并应用于战略资产配置，也可以调整风险配置比例以实现战术资产配置。

资产配置的另一个重要发展方向为基于因子的资产配置，从 Markowitz (1952)提出均值方差模型以来，现代资产配置理论从 CAPM 单因子模型到 Fama & French 三因子模型，再到 Barra 结构化风险模型，因子个数越来越多，因子体系越来越复杂，因子对客观金融市场运作状态的刻画越来越精准。现代金融研究的普遍观点认为股票收益率具有自相关性，且在不同时间窗内这种自相关性不太显著，但是波动率呈现出聚集效应，这说明风险预测相比于收益预测更易于实现。CAPM 模型引入市场因子对资产收益来源进行归因，是最早的单因子模型，但是资产回报还受其它因子驱动，学者们基于此逻辑进行了广泛与深入的市场异象研究，提出了大量风格因子。典型风格因子文献列举如下所示：

表 1. 典型风格因子文献

因子名称	作者及时间
规模因子	Banz (1981)、Reinganum (1981) Berk(1995)、Gandhi et al.(2020) Basu (1977)、Rosenberg et al. (1985)
价值因子	Elgers et al. (2001)、Zhang (2005) Foster et al. (1984)、Jegadeesh et al. (1993,1996)
动量因子	Rowenhorst (1998)、Fama and French (1996)、Thomas et al. (2011) Haugen (1991)、Chan (1999)
低波动因子	Schwartz(2000)、Ang et al. (2006) Sloan (1996)、Lakonishok et al. (1994)
质量因子	Dechow (2010) Bhandari(1988) Litzenberger et al. (1979)
股利因子	Blume (1980)、Boudoukh et al. (2007) Lakonishok et al. (1994)、Cochrane(1991)
成长因子	Cooper et al. (2008)

除从风格因子解释资产价格以外，Chen et al. (1986) 采用宏观因子（如经济增速、通货膨胀率、汇率变动等）解释资产回报差异。

在资产配置收益预测及配置方法层面。Barberis (2000) 研究了资产收益的可预测性与长期投资者的最优资产组合选择问题，在他的研究中，特别强调参数估计误差，并指出考虑参数估算误差的影响后，资产配置的预期回报依然可观，同时提醒长期投资者，估算资产风险特别重要，若在长期资产配置中忽视风险估算的误差影响，会导致资产配置组合与预期目标发生偏移。Ibbotson et al. (2000) 研究发现，基金收益均可由资产配置进行解

释，且资产配置可以解释基金收益时间维度上波动的 90%，不同基金间收益的 40%亦可由资产配置进行解释，故而资产配置在投资中占据核心地位。Merton(1969,1971) 用动态规划方法推导投资者的长期资产组合，发现当投资者的效用函数为幂函数且资产收益率独立同分布，或者效用函数为对数形式时，投资者倾向于选择短视的资产配置策略，此时需要解决投资者长期配置目标与短期效用最大化的矛盾。Mossin(1968)同样也研究了短期目标与长期目标的匹配问题，他指出投资机会在不断发生变化，当利率处于下降趋势时，由于投资者的短视，投资者无法对未来的期望收益变化形成准确评估。Brennan et al. (1997) 采取动态资产组合理论分析时变收益率条件下的资产配置方法。Lynch(2001) 根据公司规模、账面市值比对股票进行分组，并利用数值规划方法求解最优投资组合。Xia(2001)研究股票收益的不确定性与最优动态资产组合选择，发现这种不确定性会通过动态学习来影响最优资产组合选择。Brandt(1999) 使用非参数方法研究时变投资机会对投资组合和消费选择的影响。Mulvey & Chen(1996) 证明固定组合策略可以减少风险，且收益率明显高于买入持有策略。Hakansson & Ziemba(1995) 指出 Kelly 策略对大多数投资者不太适用，但是他可以使风险偏好高的投资者获取可观的盈利。Merton(1969) 应用随机控制理念，采用动态规划算法和有限元算法解决投资组合配置问题，Brennan et al. (1997)对随机控制方法在资产配置领域的应用进行了推广，使得这个方法在大多数场景下都能得到可行解。

### 2.3 比特币与大类资产配置

自比特币诞生后，比特币在大类资产配置中的作用越来越受到重视。Liu (2019) 利用十种主要加密货币的经验数据，考察加密货币市场多元化的作用，并评估加密货币中常用资产配置模型的样本外表现，发现不同加密货币的投资组合多元化可以显著改善投资结果，

且最大效用模型主导样本外效用。Fang et al. (2019) 评估比特币、全球股票、大宗商品和债券的长期波动是否受到全球经济政策不确定性的影响，实证结果表明可以利用全球经济不确定性状态信息来增强对比特币波动性的预测，全球经济政策的不确定性对比特币与债券的相关性产生显著负面影响，对比特币与股票和比特币与商品的相关性产生积极影响，比特币可能在特定的经济不确定性条件下充当对冲工具。Ji et al. (2018) 使用有向非循环图来揭示比特币和其他资产类别之间的同期和滞后关系，该方法允许在不依赖先验假设的情况下，基于观察到的相关性和部分相关性的测量来识别因果网络，同期分析结果表明，比特币市场相当孤立，没有任何特定资产在影响比特币市场方面发挥主导作用，然而，比特币与某些资产之间存在滞后关系，尤其是在比特币熊市时期。Symitsi et al. (2019) 在四种策略下评估不同资产类别投资组合和多元化投资组合中比特币的样本外表现，并估计扣除交易成本后的经济收益，比特币的加入对商品的多样化有显著的好处，比特币与其他资产的低相关性导致整体投资组合风险的降低并没有被其高波动性所抵消。Bouri et al. (2018) 通过研究加密货币与四种资产类别（股票、大宗商品、货币和债券）在熊市和牛市条件下的回报和波动溢出，研究比特币与传统投资之间的关系，发现比特币收益与大多数其他资产（尤其是大宗商品）的收益密切相关，比特币市场并非完全孤立，比特币接收的波动性大于其传输的波动性，对正在考虑将比特币作为其投资策略一部分的投资者和基金经理以及担心比特币对全球金融体系稳定性造成影响的决策者有现实启示。Conlon et al. (2020) 研究发现比特币并不安全，随着危机发展，其价格与标准普尔 500 指数同步下降，当同时持有标准普尔 500 指数时，即使是配置少量的比特币也会大大增加投资组合的下行风险，研究结果对比特币在传统市场中抵御动荡的能力提出了质疑。Chuen et al. (2017) 使用以加

加密货币指数（CRIX）为代表的加密货币组合探索其风险和回报特征，结果表明，加密货币和传统资产之间的收益相关性很低，将 CRIX 收益添加到传统资产组合中可以提高风险收益表现，情绪分析还表明，CRIX 的夏普比率相对较高。Henriques et al.（2018）使用几种不同的多元 GARCH 模型（动态条件相关（DCC）、非对称 DCC（ADCC）、广义正交 GARCH（GO-GARCH））研究用比特币（“数字黄金”）替代投资组合中黄金的投资结果，分析表明，规避风险的投资者愿意支付高额绩效费从黄金投资组合转换为比特币投资组合。

Al-Yahyaee et al.（2018）评估比特币市场相对于黄金、股票和外汇市场的效率，通过应用 MF-DFA 方法研究发现，比特币市场的长记忆特征和多重分形更强，因此，比特币比黄金、股票和货币市场效率更低。Vardar et al.（2019）使用 VAR-GARCH 模型在 BEKK 均值框架下，探讨 2010 年 7 月至 2018 年 6 月期间比特币与其他传统资产类别（即股票、债券和货币）之间的回报率和波动率传递，实证结果表明，债券市场对比特币市场存在正向单边收益溢出，比特币和所有其他金融资产类别（美元汇率除外）之间存在双向跨市场冲击和波动性溢出效应。Baur et al.（2021）估计比特币和黄金在不同时间、不同频率和分位数之间的相关性，发现相关性接近于零。Aysan et al.（2021）研究在有无新冠肺炎大流行的情况下加密货币之间的相互关系，所选的九种加密货币是比特币、以太坊、Ripple、莱特币、Eos、BitcoinCash、Binance、Stellar 和 Tron，发现这些加密货币的价格及其相互关系对大流行具有弹性，建议投资者在制定投资计划和战略时，应考虑联合使用比特币和 altcoins，因为从长远来看，它们能够抵御地缘政治风险，甚至在新冠肺炎疫情艰难时期提供可持续的收益和收益弹性。Kajtazi et al.（2019）探索 CVaR 方法将比特币添加到最优投资组合（纯多、只做多、半受限、有无比特币做空）的效果，探讨比特币在美国、欧洲和中

国资产组合中的作用，结果表明，添加比特币后，投资组合的表现有所改善，但这更多是由于回报率提高而不是波动性降低，此外，这种改善与 2013 年比特币的表现有关，比特币可能在投资组合多元化中发挥作用。Stavroyiannis et al. (2018) 使用 GJR-GARCH 模型，发现比特币是一种高度波动的货币，与其他资产相比，它更违反风险价值衡量标准，根据巴塞尔银行监管协议，比特币投资者面临更高的资本要求和资本分配比率。Mahmoudi (2022) 使用均值方差、条件风险值 (CVaR) 和马尔可夫制度切换方法分析比特币对投资组合优化的影响，结果表明，比特币改善了多元化国际投资组合的多元化特征。Ram (2018) 讨论了资产类别的四个关键标准，即可投资性、政治经济状况、收益相关性和风险回报状况。研究发现，比特币代表了一种独特的另类投资和资产类别，比特币与其他资产类别几乎没有相关性，比特币提供的风险调整回报超过大多数资产类别。Kreuser et al. (2018) 提出了一个动态的理性预期 (RE) 泡沫价格模型，旨在评估比特币的最佳投资策略，气泡模型被定义为几何布朗运动，结合了与正 (和负) 气泡相关的单独碰撞 (和反弹) 离散跳跃分布。RE 条件意味着，面临崩溃的风险资产的超额风险溢价是预期崩溃幅度的增加函数，预期崩溃幅度本身随着泡沫错误定价而增加。因此，泡沫价格越大，其后续增长率越大。使用 RE 条件通过加速概率函数动态估计实时碰撞概率，该加速概率函数取决于增加的预期收益。通过获得最大化风险资产和无风险资产的预期财富对数 (凯利准则) 的解析表达式，来研究泡沫模型背景下的最优投资问题。从 2013 年 7 月 8 日至 2017 年 12 月 19 日，在比特币上使用泡沫模型，将产生 140% 的复合年增长率，卡尔马比率为 2.03，它将从 2017 年 4 月 25 日起逐步退出比特币，并在崩盘前三天的 2017 年 10 月 19 日完全退出。Zeng et al. (2020) 从资产网络的连通性角度研究比特币与传统金融资产之间的关系，采用 Diebold

& Yilmaz (2009、2012 and 2014) 的方法，在 VAR 系统中测量连通性，研究比特币、股票、石油和黄金回报之间的动态相互依赖性，发现比特币和传统资产之间的联系很弱。比特币市场正负收益的分离表明，比特币与传统资产之间的溢出效应存在不对称模式。滚动窗口分析发现，尽管比特币价格与其他金融资产之间的联系不断上升，但其幅度适中。

Aharon et al. (2021) 考察了美国收益率曲线组成部分（即水平、斜率和曲率）、汇率以及主要避险法定货币（加拿大元、瑞士法郎、欧元、日元、英镑）和比特币汇率的历史波动性之间的联系，静态分析结果表明，收益率曲线的水平和斜率是汇率及其波动性冲击的净传递者，欧元汇率以及欧元和加元汇率的波动是冲击的净传递者，同时，收益率曲线的曲率以及日元、瑞士法郎和英镑主要充当净接收者，静态连通性分析表明，比特币独立于收益率曲线的水平、斜率和曲率以及所调查的任何主要货币冲击，这些发现表明，比特币能提供对冲收益。动态分析表明，在不同时期，特别是在压力时期，比特币远没有与其他货币或收益率曲线相互隔离，由于政策冲击、政治不确定性和系统性危机，连接性大大增强，这意味着在压力时期，比特币不是好的避险资产，这一结果对投资者的风险监控、资产配置和投资策略产生重要影响。Chowdhury (2016) 从拥有多元化投资组合的投资者的角度分析比特币投资，发现比特币不会为投资者带来附加值，另一方面，比特币确实为具有负指数和幂效用函数的投资者提供了多元化收益，然而，这些好处在样本外不适用，在大多数情况下，仅包括传统资产类别的最优投资组合表现优异。Hung et al.(2021)使用小波变换研究比特币价格与印度其他传统资产类别之间的动态联系，在不丢失信息的情况下分析时间序列的组成部分，研究结果表明，比特币与关键金融资产回报之间的相互关系在低、中、高频率下具有统计学意义，比特币与印度其他资产之间存在单向连接。Bouoiyour et

al.(2019)使用基于经验模式分解的方法来研究不同资产（特别是石油、贵金属和比特币）在2016年美国总统选举结果不确定性加剧的情况下作为美国股市避风港的时变作用，结果表明，石油可以成为抵御政治风险的有效避风港；但这种性质随时间变化。黄金和白银在衰退期间提供正回报的能力也在中长期得到证明，比特币也是美国股市短期下跌的避风港。这些发现为投资者提供了有用和相关的信息，以帮助确保在不确定的环境中更好地进行资产配置。Liu et al.(2021)指出新兴的加密货币市场由于其去中心化，最近在资产配置方面受到极大关注，然而，其波动性和全新的交易模式使得设计可接受的自动生成策略具有挑战性，并提出了一种基于深度强化学习算法的自动高频比特币交易框架——近端策略优化（PPO）。该框架创造性地将交易过程视为行动，将回报视为奖励，将价格视为状态，以符合强化学习的理念。它通过将支持向量机(SVM)、多层感知器(MLP)、长短期记忆(LSTM)、时间卷积网络(TCN)和Transformer等先进的基于机器学习的静态价格预测模型应用于实时比特币价格，对这些模型进行了比较，实验结果表明，LSTM的性能更胜一筹，然后，以LSTM为基础，构建了基于PPO的自动生成交易策略，实证研究证实，对于单一金融产品，所提出的方法优于各种常见的交易策略基准。该方法能够在具有同步数据的模拟环境中交易比特币，并获得比最佳基准高31.67%的回报，使基准提高12.75%，提出的框架可以在波动激增期间获得超额收益，这为基于深度学习构建单一加密货币交易策略研究打开了大门。Cheng et al.(2019)指出加密货币在2018年经历了暴涨和回落。除了炒作之外，应该以更仔细的方式调查不同加密货币的价格走势。由于加密货币市场是一个非线性复杂系统，不适合用传统方法进行分析，因此引入经济学的方法。应用单分形分析（趋势波动分析，DFA）来研究价格波动，多重分形波动趋势分析（MF-DFA）被用于鲁棒性测试，通过

分析四种具有代表性的加密货币，发现 BTC 和 ETH 市场存在强劲的动量效应，当出现较大波动时，XRP 和 EOS 市场存在逆转效应，这些发现能为替代资产配置中的交易策略提供参考。Zhu et al.(2021)研究了投资者注意力与比特币财务特征之间的关系，实证结果显示，投资者的注意力是比特币市场变化的格兰杰原因，无论是回报还是已实现波动。此外，通过探索投资者对比特币关注的线性和非线性关系进行深入调查，发现投资者的注意力对比特币的回报和已实现波动性产生了复杂的影响。此外，进行样本外预测以探索投资者注意力的预测能力，结果表明，与传统历史平均基准模型相比，投资者的注意力提高了比特币回报率的预测准确性，基于投资者的注意力构建投资组合，投资者的注意力可以进一步产生经济价值，总而言之，投资者的关注是比特币资产不可忽视的定价因素。Kang et al.(2020)研究了比特币与四种主要投资资产之间的动态相关关系，即美国股票（标准普尔 500）、美元、国债和黄金期货，实证分析发现，比特币和其他资产类别之间的因果关系不对称，比特币可以作为投资者的有效避风港，通过提供宝贵的信息来降低下行风险，从而增强最佳资产配置和投资组合风险管理中的多元化收益。Bakry et al.(2021)研究比特币在不同约束投资组合优化框架下作为多元化工具的表现，研究表明，比特币由于其奇异的性质、坚定不移的吸引力和未知的驱动因素，可以在正常的市场条件下发挥分散投资的作用，它还可能对避险资产进行一些对冲，尽管比特币可能是投资者的潜在风险分散工具，但规避风险的投资者必须谨慎行事，限制其投资组合中的比特币敞口，因为不必要的敞口可能会增加极端市场条件下的损失概率。Mensi et al.（2019）探讨结构性断裂（SB）对比特币和以太坊价格回报的双重长记忆水平的影响，使用四种不同的广义自回归条件异方差模型（GARCH、FIGARCH、FIAPARCH 和 HYGARCH）来识别加密货币市场上的双重长记忆

和结构变化，在考虑长记忆和切换状态后，收益率和波动率的持续性水平都会下降，带有 SB 变量的 FIGARCH 模型提供了相对优越的预测精度性能，这些发现对加密货币分配和投资组合管理具有重要意义。Shen et al.(2022)考察比特币的日内时间序列动量，使用前半小时交易量预测后半小时回报，发现交易量或波动率最高的第一个交易日与日内时间序列动量的最大可预测性相关。盘中基于动量的交易在市场时机和资产配置方面产生了巨大的经济收益，特别是在比特币市场低迷时期。与外汇市场的发现一致，比特币的日内势头是由流动性供应而非延迟交易所驱动。Ghabri et al.(2021)从流动性角度研究了添加比特币的潜在多元化收益，使用不同的多元 GARCH 模型对所选金融资产进行联合动态建模，发现 VARMA (1, 1)-cDCC-GARCH 是最佳拟合模型，通过检查比特币和几种金融资产之间的依赖结构，发现 2014-2019 年期间流动性的低时变相关性证据，这一发现表明，使用比特币而非传统资产分散流动性风险存在潜在收益，添加流动性约束时的投资组合优化问题的结果表明，在均值方差流动性框架下，持有比特币可以降低流动性风险。Babaei et al.(2022)将 Shapley 值应用于基于动态 Markowitz 投资组合优化模型结果的机器学习模型，并为所选投资组合权重的背后原因提供解释，以提高机器人顾问的可信度。Zhang et al.(2021)利用具有动态相关性和格兰杰因果关系的 MSV 模型，检验了比特币、黄金、原油和主要股票市场之间的溢出效应，DC-GC-MSV 模型的经验结果在逻辑上正确且收敛，DIC 测试结果证明 DC-GC-MSV 模型更好、更准确，比特币与其他资产相比，没有显著的格兰杰因果溢出效应，作为股票资产的避险产品，黄金价格具有股市波动的单向溢出效应，此外，原油与股市的相关性最高。在最近新冠肺炎疫情和疲软的经济环境中，投资者需要考虑在低相关性资产、中相关性资产和高相关性资产之间进行平衡的资产配置，以降低风险。Bedi et

al.(2020)从投资者交易五种主要法定货币（即美元、英镑、欧元、日元和人民币）的角度，考察比特币在六种资产类别的全球投资组合中的多元化能力，考虑到比特币价值在整个2018年持续下降，采用修改后的条件风险值和标准差作为风险度量，以在三种资产配置策略中进行投资组合优化，结果表明，以日元、人民币和美元计价的投资组合在比特币的最佳投资中所占比例更大，并且由于投资比特币，风险调整后回报率提高。Chan et al.(2020)在全样本和子样本内，使用滚动窗口进行格兰杰因果关系检验，以探索比特币价格（BCP）与黄金价格（GP）的相互影响，实证结果表明，BCP可导致GP下降，比特币市场削弱了黄金的对冲能力，然而，BCP的降低会导致GP增加，黄金规避风险的能力持续存在，因此，黄金的地位不会完全受到比特币的威胁，它们相互补充而不是竞争。反过来，GP对BCP的影响表明，BCP的波动可以影响黄金市场。在全球宏观不确定和冲突的背景下，投资环境复杂，投资者可以从中受益，此外，各国可以掌握比特币和黄金的趋势以防止两个市场的大幅波动，并降低金融体系的不确定性。Mikhaylov et al.(2019)把ETF和比特币作为风险情绪的代理指标，研究俄罗斯投资者的投资特征。Platanakis et al.(2020)将比特币作为一种新的另类投资加入股票和债券的传统投资组合中，分析将比特币纳入股票债券投资组合的八种流行资产配置策略的潜在样本外投资组合收益，样本外分析表明，在所有不同的资产配置策略和风险规避策略中，比特币的收益可观，风险调整后收益显著提高，对滚动估计窗口、合并交易成本、纳入商品投资组合、替代指数、卖空以及优化技术具有鲁棒性。Yae et al.(2021)研究基于均值方差模型的比特币与黄金时变关系，发现投资者对比特币与美国股市之间相关性的估计降低时，第二天比特币的回报率会更高，在样本外预测、全球股票市场和其他加密货币中，以上结论依然成立。Andrianto et al.（2017）使用外汇、商

品、股票和 ETF，以及加密货币，运用现代投资组合理论方法创建投资组合。结果表明，加密货币以减少标准偏差，创造更多配置选项的方式提高了投资组合的有效性，加密货币的最佳分配是 5%至 20%，取决于投资者的风险承受能力。Cheah et al. (2022) 研究一系列变量以预测比特币收益，发现在所有样本内、样本外和资产配置测试中，时间序列动量、经济政策不确定性和金融不确定性都优于其他预测因素。比特币收益不受普通股票和债券市场因素的影响，而是受到比特币特定和外部不确定性因素的影响。Zhang et al. (2021) 使用 2011 年 8 月 17 日至 2020 年 2 月 14 日的日数据，研究发现，比特币与四种资产（股票、债券、货币和商品）之间存在下行风险溢价，且与时间有关，挑战了现有文献中比特币脱离全球金融体系的观点。Li et al. (2021) 提出一种用于商品资产集成投资组合优化 (NEPO) 的框架，该框架集成用于未来收益预测的混合变分模式分解双向长短记忆深度学习模型和用于优化资产权重分配的强化学习模型，实证结果表明，NEPO 框架可以有效提高各种商品资产的预测准确性和趋势预测能力。此外，与传统的资产配置策略、商品基金和指数相比，它可以有效地将比特币纳入资产池，实现更好的财务表现。

综合以上研究可以发现，现有的涉及比特币的研究，虽然涵盖比特币的方方面面，在金融投资领域，对比特币的价格波动及其影响因素的研究非常多，但是可以明显看到，对比特币在资产配置中的边际作用的探讨很少，这是很基础的投资实务问题，比特币为什么能应用在资产配置中，是从收益角度提升了组合收益更多？还是降低组合风险相对更多？学术研究与实务研究的视角与着重点有一定差异，并没有很多学者从投资实务角度来回答这些问题。虽然政策冲击等事件冲击分析有利于厘清比特币对金融市场影响的因果关系，但是这种影响一般都是偏向于短期化的，金融投资的核心目的是在风险相当的前提下，长期

预期收益尽量高，本论文就这一问题试图给出详细分析，这是本篇论文的一大创新之处，亦是学术文献中由于侧重点差异，普遍存在遗漏的。

### 三、比特币现状及归纳比较分析

本章对比特币以及数字货币的发展现状进行分析，从现实意义角度论证比特币在资产配置中的意义，同时，以黄金为案例，分析比特币与黄金的替代关系。总体来说，当前数字货币已经进入了高速发展阶段，规模增长强劲！

#### 3.1 比特币以及数字货币的现状

2008年比特币推出以来，私人数字货币相继涌出，底层技术不断成熟，支付的便捷性、安全性不断提升。同时，2021年以来，私人数字货币的品种迅速丰富，总市值出现明显增长。Coinmarketcap 统计数据显示，截至到2022年5月16日，全球一共有 1.01 万种总市值达 1.28 万亿美元的加密货币，比2020年底增长80.41%。

数字货币主要分为以下6类：

1、以比特币为代表的去中心化数字货币。去中心化货币，其特征是完全去中心化、匿名程度高，在特定算法下发行量稳定且有限。实际交易中可以观察到：由于比特币的稀缺性，且没有主权信用背书、实体资产储备支撑，比特币就像一个成长股，显得投机特征较为明显，价格波动剧烈。

2、以太币（Ethereum）为代表性可编程数字货币。以太币和比特币一样，具有去中心化、没有实体资产支撑的特点，但有一个很重要的区别是其发行数量不存在上限。此外，以太币还能提供智能合约编程环境，使得其他主体可依托以太坊网络发行自己的数字货币，扩大和丰富了数字货币的适用范围。

3、泰达币（Tether）为代表的数字稳定币。该类数字货币有可押担保，其中，泰达币基于美元抵押担保，通过1:1 锚定美元以维持币值稳定（类似于早期的美元锚定黄金），实际为非央行发布的可编程数字美元。

4、瑞波币（XRP）为代表的专注于跨境支付的数字货币。瑞波币（XRP）由 Ripple Labs 负责运营，其具备弱中心化特征，突出支付属性。基于瑞波币，现已建立遍布全球六大洲、40多个国家，涵盖300多家机构的跨境支付体系。

5、摩根币（JPM Coin）为代表的金融机构数字货币。摩根币由摩根大通推出，主要目的是便捷内部业务，通过存放在摩根大通指定账户中的美元，仅用于摩根大通体系内的结算与记账，这样就会节省成本和提高运营效率。花旗银行也有类似的业务，通过搭建内部的数字货币结算平台，简化全球业务手续，提升结算速度。

6、天秤币（Libra）为代表的超主权数字货币。Libra协会由Facebook建立，负责管理天秤币储备资产、制造和销毁天秤币，同时设置授权经销商从协会买入、卖出天秤币，再向客户出售、赎回。天秤币通过抵押现金和政府债券维持币值稳定。

通过近些年的高速发展，私人数字货币市场呈现出高集中度，其中最受人关注的比特币市值占比超4成。截至到 2022年5月16日，全球前十大加密货币市值之和为1.07万亿美元，占总加密货币市值的83.08%。比特币市值遥遥领先，排名第一，占总加密货币市值的比例为44.05%，紧随其后的以太币和 Tether（USDT）的市值虽然有了较大的提升，但是和比特币差距依旧很大，两者分别占比18.66%、5.78%，排名行业第二、第三。

纵观整个市场，私人数字货币目前使用率仍不高，体现出来的更多是投资属性而不是其核心的支付属性。大部分国家目前也没有承认非法定私人数字货币的合法地位，仅仅只

有少数国家，例如乌克兰等承认比特币的合法地位。BIS编写的《2021年CBDC调查报告》数据表明，全球各个国家使用加密货币进行支付的群体依旧很少，仅仅限于利基群体，不过有少数国家（约参与调查的1/4）表示国内和跨境支付中稳定币和加密货币的使用率较高。

数字货币的活跃度和各国对私人数字货币的监管态度、监管方式有着直接关系。从监管严格程度看，最为严格的是中国和俄罗斯，其将私人数字货币视为虚拟商品；其次是美国、英国将私人数字货币视为非法数字货币，允许发行和交易，支付上仍加以限制；而日本和德国却已经将私人数字货币作为合法支付手段，积极支持其发展。

从监管模式来看，全球主要的经济体对私人数字货币的监管模式主要有两种：1) 多头监管：主要是美国、欧盟为代表，对数字货币采用分散监管、多头监管模式。例如美国是采用参议院、国税局、商品期货委员会、证监会、货币监管局等多个机构共同监管。欧盟是各个经济体各自为政，没有像美国一样有一个统一的监管机构，只在数字货币的反洗钱领域具有监管合作。2) 集中监管：主要是日本、新加坡为代表，其对数字货币采取集中监管、统一监管的模式。如新加坡由金管局（MBS）负责规范该国数字货币业务。同新加坡类似，日本由金融厅（FSA）监管数字货币业务。

从监管效果看，两种监管方式互有优劣，其中分散监管设置多个监管主体，使得监管上更严格、更全面，形成并存和互补，但仍然存在监管重叠或监管套利等问题。而集中监管是由一个机构专门针对数字货币本身进行制度设计，对一个新兴事物来说，可行性、便捷性更加符合相关业务的风险控制要求，不会出现监管空白或监管重叠套利等问题。

### 3.2 比特币与黄金之间的关系比较分析

根据之前的学术文献总结发现比特币与黄金之间的关系较为受到重视，研究清楚比特币与黄金的关系后，比特币与其它常见大类资产的关系也可按图索骥，以类似逻辑进行分析，为控制篇幅，本文在归纳比较分析部分，仅以黄金为案例着重进行讨论。

研究比特币与黄金之间的关系，除了可以从数学模型角度研究资产配置外，还可以从全球政治经济格局变迁中，讨论对资产配置有价值，但是数学模型无法体现的信息，这对于资产配置具有极大价值。

纵观整个 8 年时间区段，比特币与黄金之间的相关性很弱，在 2020 年后，两者之间弱相关（相关系数 0.13），但是两者和商品指数 CRB 的相关系数在 0.22 以上，相关性显著提高。2020 年之后发生了什么事情，使得黄金和比特币之间的相关性有所提高，同时比特币对商品指数 CRB 的相关性也提高了呢？2020 年发生的最大事件是新冠疫情，疫情严重影响全球经济正常运行，尤其是美国按照现代货币理论进行货币超发，美元指数从最高 103 左右一直跌破 90，美元指数下跌造成黄金，大宗商品，比特币同涨，提升了它们之间的相关性，2020 年之后，相关性变化的核心和美元指数的变化息息相关（除了美元超发外，主要经济体大多数货币超发，提供了大量流动性）。对比特币与黄金进行比较分析的思路从供给端和需求端分别展开。

### 1. 比特币供给端

根据比特币白皮书预测，比特币一共有 2100 万枚，目前还没有完全挖光，预计在 2140 年挖完 2100 万枚比特币，并不再增长，该时间是由每个区块产出时间为 10 分钟推算出来的。2100 万枚相对于世界人口和经济发展动态来看，体量非常小，将来可能

远远达不到够用的状态；目前丢失的比特币大约 400 万枚，在没有再丢失的情况下，很可能实际总供给在 1700 万枚左右。

## 2. 黄金供给端

黄金开采和使用已经有上千年历史，现查明黄金资源量为 8.9 万吨，储量基础为 7.7 万吨，储量为 4.8 万吨。南非占世界查明黄金资源量和储量基础的 50%，占世界储量的 38%。2020 年末，全世界黄金开采稳定，存量达到 20 万吨。矿产金是黄金供应的主要来源，近十年世界矿产黄金总量在 2500 吨上下。

## 3. 比特币需求

比特币作为数字货币，是区块链的产物，对人们日常生活的影响很小，仅仅存在于有限的支付端和投资端，并且由于流动性和信息安全技术等障碍，散户参与很少。具体来说有以下几类需求：

1) 信仰需求：比特币作为区块链应用的第一个实际落地产物，具有标志性意义，成为众多对区块链和数字货币有期待人群的信仰聚合点，使得没有价值的东西变成了具有信仰的东西，类似古董，信仰的人越多，价值就会越大。

2) 支付使用价值：比特币作为数字货币的首个代表，具有先行者优势，在交易方面率先获得众多使用者认可，从而产生用户粘性。区块链的去中心化、不可篡改性，让使用比特币进行实际交易的人更具有粘性。

不断产生的新数字币种可能有比比特币更好的性能，但是信仰和粘性并不是那么容易改变，尤其是信仰，这让比特币拥有比一般数字币更强大的生命力，过去几年也证明了这点，比特币面临毁灭的论述至少出现了几百次，但是比特币最终都安然无恙，经历这种考

验，反而让比特币更加具有生命力光环。比特币无论是作为信仰品收藏还是作为流通支付手段都已然拥有一大批受众，而且，随着区块链技术发展和数字货币的应用越来越广阔，比特币的地位将更加稳固，从当前看，比特币仍处于上升期。

#### 4. 黄金需求

黄金是众所周知的贵金属，在日常生活、工业生产以及投资储备中都闪耀其光芒，黄金是少有的化学、物理、电子性能均优异的金属，在航空航天、化工、电子通讯等工业部门广泛使用，在生活中，以首饰、装饰品等形式存在，具体有以下几类需求：

1) 国际储备。由黄金的货币商品属性决定。由于黄金特性优良，黄金充当货币职能，二十世纪 70 年代以来，黄金与美元脱钩后，黄金的货币职能减弱，但仍保持一定的货币职能。目前，许多国家的国际储备中，黄金仍占有相当重要的地位。

2) 珠宝首饰。黄金饰品一直是社会地位和财富的象征。从需求结构看，珠宝首饰需求占总市场需求的 70% 以上。印度、美国和中国的消费量位居世界前三位。

3) 工业与科学技术应用。黄金具备独一无二的性质，广泛用到现代高新技术产业中，如电子技术、通讯技术、宇航技术、化工技术、医疗技术等。

4) 投资性需求品。投资性需求主要包括金锭、金条及金币等，除直接持有外，投资性需求还包括为支持衍生工具交易及交易所交易基金而持有的黄金库存净额。

#### 5. 总结分析

在最近一年半时间周期内，机构减持黄金，黄金在过去不到 2 年里价格涨幅接近 100%，出现适当的减持是合理的，黄金在国家层面和机构层面的长周期持仓都很稳定，尤

其是最近国家层面停止减持黄金，发展中国家在大幅增持黄金，以减少对美元的依赖，增加本币稳定性。

另外，比特币是否是一个抗风险货币这个问题争论很大。疫情期间，比特币的跌幅远逊于黄金，黄金仅仅下跌 0.9%，但是从周期走势看，比特币和黄金走势趋同。

根据上述研究，结合笔者的主观判断，针对比特币与黄金在资产配置中的地位变化趋势做以下总结：

1) 无论是从相关系数的变化，还是从图表直接观察均发现，两者的相关性在逐步提高，但是这种提高有很强的宏观背景，仍需要时间验证相关性提升的持续性；

2) 从市值和波动率看，比特币仍不适合大型机构配置。比特币的波动率显著大于黄金，这与它的流动性有很大关系，比特币的最高总市值仅仅是黄金的十分之一。从历史数据看，比特币的波动程度远高于黄金、纳斯达克指数以及标普 500 指数。另外，比特币的在险值 (VaR) 几乎是等额黄金的五倍。

3) 从需求和供给角度看，两者都有各自特色，比特币作为一项资产，无法像黄金那样具有丰富的真实用途。如果出现另外一种资产，具有稀缺性、流动性等要素，比特币的地位会因此大打折扣，而黄金因其具有真实用途，仍然能够充当最终一般等价物角色，黄金的价值贮藏功能由其实际用途作为支撑，这一点比特币无法做到。

4) 从金融属性看，两者有一定的替代性。黄金天然就是货币，而比特币也具备货币潜力，因此，在主权货币出现信用危机时，黄金和比特币的价值会得到体现，两者之间的替代性就会出现，但是由于比特币的总供给受限，很难撼动黄金的地位。

5) 从抗通胀和抵抗风险的角度看，比特币也有不足。出现整体通胀时，一般都处于货币超发状态，此时，黄金和比特币都会上涨，就会出现相互替代现象，但是在危机时期，黄金的抗风险性以及波动率稳定性更加突出，两个标的的参与者不同，持有逻辑存在差异。

6) 在不稳定的国际环境中，为了维护本币的地位，主权政府会打压比特币的需求，使得比特币的前景更加不确定。

综上所述，比特币虽然在很多层面有取代黄金的趋势，从本源、使用价值、市场表现等多方面，比特币均很难完全取代黄金，在资产配置中，需结合投资的实际需要进行综合取舍。

#### 四、研究假设及机制分析

在金融机构及从业人员的资产配置实践中，如前文描述，核心矛盾一般认为是寻找低相关性资产，探讨资产配置在不同市场环境下的有效性，这些问题在资产配置中非常重要，但是其实很多从业者应用相关概念时，对相关理论的理解存在偏差。本文在机制分析部分对可能存在分歧的地方进行讨论，并提出笔者的核心研究假设。

研究假设的第一个层次，比特币在资产配置中的作用层面。资产配置的最大前提是待配置资产能协助实现既定的投资目标，而在实现投资目标的过程中，由于收益实现路径的不确定性，单项资产隐含预期外的风险，进而降低了投资性价比，当加入更多资产时，其核心前提是实现投资目标，其次是降低组合波动，其背后对待添加资产具有一定的潜在要求：（1）资产的预期收益不至于过低，进而可能会对投资目标产生重大影响；（2）资产的风险特性最好与其它资产有差异，这样能平滑组合非系统性风险。对资产在风险及收益方面的要求侧重点略有差异，在挑选资产过程中，应优先考虑同时符合以上两大原则的资产。当某个资产仅符合两项原则中的某一条时，应该慎重考虑，谨慎评估添加之后对投资组合产生的影响，金融学原理上，并不是待选择资产越多，投资可能性越多，投资绩效就越好，在实际投资过程中，特别是涉及到收益及风险预测时，收益风险预测难以完全保证精准，此时，资产自身与投资目标的匹配就显得尤为重要。在很多对资产配置的讨论中，专业从业者并未完全意识到这些前提，笔者认为这是做好资产配置的前置条件，在设定投资目标时，需严格筛选待配置资产，以实现配置对象和投资目标的匹配。受限于中国国内的大类资产数量不多，很多人并未形成完整、科学的认知。本文的核心创新点之一是讨论比特币加入投资组合后，对投资组合的影响，自然需分析其资产特性，以充分预期其在投

投资组合中的作用。从风险与收益两个独立维度进行相对重要性的讨论，试图比较比特币对投资组合的贡献，收益与风险，到底是在哪个维度上更重要呢？为此，提出本文的第一个研究假设：

假设 1：比特币加入资产配置组合后，其提升收益贡献大于降低风险贡献。

在一般性的投资组合构建过程中，实践者都是基于预期收益与预期风险，结合部分历史数据，在历史有效前沿上寻找满足资本预算条件下的最优性价比组合，其隐含逻辑有两点：（1）下期投资组合的有效前沿不发生变化；（2）投资者足够理性，每次总会选择性价比最高的那个投资组合进行投资。在现实情景中，以下两个隐含逻辑均不成立，当再平衡时间相对长时，投资的有效前沿肯定会发生变化，特别是在资产收益波动比较大的时期，有效前沿的变化尤为明显。可以从有效前沿变动的背景，即探究资产波动产生原因的角度探讨，这方面的研究非常多。另外，其实也可以从有效前沿的角度进行讨论，在投资者基于预期收益及风险构建投资组合后，基于事后历史数据，可以事后追溯有效前沿的变化方式，探讨预期的有效前沿与真实有效前沿的变化意义不大，但是探讨加入比特币后真实有效前沿与没有加入比特币时，真实有效前沿的变化具有极大的意义，这是对比特币对组合收益贡献更大，还是风险降低贡献更大的更一般化讨论。与此同时，基于有效前沿进行讨论，这正好说明投资者理性，即投资者知道在风险与收益之间进行权衡，但是从资本预算角度，大多数时期处于部分资金闲置状态，少数时期处于借贷加杠杆阶段，这种一般化的投资场景在实际中更为现实，甚至还可以进一步限定投资者不可加杠杆，进一步将有效前沿锁定在切线左半部分，甚至在有效前沿下侧选择投资组合，只要夏普值不至于过低，都是可以接受的。为此，本文提出研究假设 1 的孪生一般化研究假设 2：

假设 2: 比特币加入资产配置组合后, 真实有效前沿在收益方向的扩展大于风险方向。

在前面两个假设下, 投资者对比特币这类资产的特性已经有非常深入的了解, 若假设成立, 说明比特币具有非常好的内生超额收益特性, 那么, 这些超额收益来自于哪里呢? 是否受宏观经济变化驱动, 即比特币的良好收益特性来自于其正好与目前的全球宏观经济形势变化匹配? 又或者是这个收益来源于比特币自身的某种特性, 如价格的趋势延续? 而这种趋势延续又来自于投资者的交易情绪, 或者是机构的持续配置?

研究假设的第二个层次, 比特币的收益特性层面。从宏观配置角度出发, 全球经济增长、货币发行等因子是学者与投资实践者普遍接受的资产价格风险定价因子, 那么, 比特币资产是否与黄金、汇率等大类资产类似, 受到全球宏观经济的影响呢? 为此, 本文提出研究假设 3:

假设 3: 比特币价格与经济增长以及货币发行增量显著正相关。

剖析比特币自身特性, 站在金融投资视角, 投资者情绪可以从投资者对比特币的关注度等视角入手, 研究比特币的价格趋势, 而机构配置角度, 可以采用调查问卷等各种形式了解机构对比特币的配置增减情况, 这些都可能是导致比特币在过去若干年表现出良好价格趋势的原因。从比特币自身价值角度, 由于各种支付场景、上层应用的推广, 提升了比特币的广义内在价值, 随着内在价值的持续提升, 驱动比特币形成价格趋势。比特币的价格趋势是否与尾部收益分布相关? 即整体的业绩表现来自于少数极端收益表现, 而不是整体的持续性表现呢? 限于文章篇幅, 本文将比特币的自身特性研究限定在确认比特币是否具有良好的价格趋势, 以及价格趋势对资产配置的影响方面, 为此, 提出研究假设 4:

假设 4: 比特币对资产配置的超额收益贡献主要来自于其价格趋势。

研究假设的第三个层次, 比特币与其他资产的关系层面。学术文献中, 大量学者讨论了比特币与黄金的关系及其在资产配置中的相互作用 (Henriques et al.,2018;Al-Yahyaee et al.,2018;Baur et al.,2021;Zhang et al.,2021;Su et al.,2020;Yae et al.,2021), 比特币与其他资产的关系如何? ARK Invest 首席执行官 Cathie Wood 表示, 金融机构之所以关注比特币, 部分原因是它与其他资产缺乏相关性, 在资产配置中, 选取一些与其他资产相关性低的资产, 可以更好的平滑资产配置曲线, 提升资产组合的表现。除了可以通过相关性进行分析外, 还可以通过格兰杰因果关系检验进行因果关系验证, 认识到这一点, 在第三章比特币的比较分析中, 笔者着重分析了比特币与黄金的替代关系, 为此, 提出以下研究假设:

假设 5: 比特币价格趋势与黄金价格趋势互为格兰杰因果。

## 五、数据变量与实证研究

本章对实证研究所选择的资产以及数据来源进行说明，对研究中所使用的除价格数据以外的解释变量及被解释变量进行定义，部分呈现本次研究对象的描述性统计，并进行多层次实证分析。

### 5.1 数据来源、资产选择与变量说明

本研究中，涉及几类核心大类资产，就选择这些大类资产的原因解释如下：

美元是全世界最重要的结算货币，美元指数是综合反映美元在国际外汇市场汇率情况的指标，它通过计算美元相对选定的一揽子货币的综合变化率，衡量美元对一揽子货币的汇率变化程度，以衡量美元的强弱程度，而美元涨跌对其他资产的影响巨大，尤其是美元指数的上涨，会虹吸全球流动性，造成一定程度的金融危机。

商品资产层面，本论文采用 **CRB** 指数，该指数是最早创立的商品指数，最早由 28 种商品组成，其诞生于 1957 年，在美国和加拿大上市（上市时是 26 个商品组合）。自 1986 年开始，该指数正式登上纽约商品交易所并且开始交易（现已并入 **NYBOT**）。路透社拥有该商品指数的所有权。**CRB** 指数以一揽子商品价格为组成成分，由于商品具有全球化通用属性，美国金融市场参与者为全球市场机构，所以，该指数能精准反映全球商品价格的总体波动，非常适合机构和个人投资者通过交易获得商品价格综合变动的收益。

原油是美元成为全球结算货币的锚，原油期货简称为 **OilFut**，是最重要的石油期货，世界上重要的原油期货合约有 4 个：纽约商业交易所（**NYMEX**）的轻质低硫原油，即“西德克萨斯中质油”期货合约；迪拜商品交易所的高硫原油期货合约；伦敦国际石油交易所（**ICE**）的布伦特原油期货合约；新加坡交易所（**SGX**）的迪拜酸性原油期货合约，几大合

约由于标的物性质差异、运输成本差异等导致价格有一定差异，但是相关性极强，本论文采用纽交所合约为代表。

黄金是最古老的货币，在布雷顿森林体系解体之前，它是全球货币体系的核心，之后其地位有很大下降，但是它依旧是各大央行资产负债表不可或缺的部分，虽然最近主要西方国家央行在黄金储备上没有增加，但是新兴国家的黄金储备显著上升，尤其是俄罗斯和中国的黄金储备增长很快。本论文中，黄金价格选用美国 comex 交易所黄金连续合约价格为代表。

比特币的历史价格数据最早可以追溯到 2014 年 1 月 1 日，本研究将研究区间划定为从该时点一直到 2022 年 5 月 20 日，时间跨度超过 8 年。

以上资产价格数据均来自于 Wind，在进行资产价格比较时，可能会根据不同资产的指数点位差异情况进行等比例放大或者缩小，更方便观察不同资产价格走势差异。

本文定义了一些研究与统计变量，在此予以特别说明：

表 2. 变量定义与说明

	变量中文名称	解释与说明
Return_m	月度收益率	基于区间段内自然月末点衍生计算 当月收益率
IAV	工业增加值同比增速	月度发布工业增加值，可以有效反 映经济增长
M2	M2 环比增速的季调值	美国 M2 环比增速的季调值作为反 映货币供应增速的宏观因子
Start_date	投资时间起始点	
daily_mean	预测收益区段	
daily_cov	预测风险区段	
rebalancing	再平衡周期	
Nav_D	不含比特币的组合累计净值	不包含比特币的投资组合的累计净 值走势
Nav	含比特币的组合累计净值	表示包含比特币的累计净值走势
CSI300	沪深 300 指数	
Nav_AR_1	剔除比特币自相关性后的比 特币资产配置组合	
Nav_Adjust	没有极端收益率的资产配置 组合	
Nav_Adjust_AR_1	构造的没有极端收益率的比 特币资产，且去掉自相关性 后的组合	

## 5.2 计量模型

### 5.2.1. 相关性分析

相关性的计算公式如下：

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{D(X)} * \sqrt{D(Y)}} \dots \dots \dots (1)$$

相关系数 $\rho_{X,Y}$ 介于[-1, 1]区间内，当相关系数为-1时，表示完全负相关，两项资产的收益率变化方向和变化幅度完全相反。当相关系数为+1时，表示完全正相关，两项资产的收益率变化方向和变化幅度完全相同。当相关系数为0时，表示不相关。根据实践经验，本文定义相关系数取值为0.1-0.3时，资产弱相关；相关系数取值为0.3-0.5时，资产相关性为中等；相关系数取值为0.5-1.0时，资产为强相关。

### 5.2.2. 凸优化求解

本章使用优化器求解最优化问题，并使用反推法推导最优资产组合有效前沿。

假设市场上有n种风险资产，资产的收益率分别为 $r_1, r_2, \dots, r_n$ ，投资者在各风险资产上的配置比例分别为 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ ，则投资组合的收益率为 $r_p = \sum_{i=1}^n \omega_i r_i$ ，其中 $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ ，投资组合的期望收益率为：

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n \omega_i E(r_i) \dots \dots \dots (2)$$

方差为：

$$\text{Var}(r_p) = \sum_{i=1}^n \omega_i^2 \text{Var}(r_i) + \sum_{i \neq j} \omega_i \omega_j \text{Cov}(r_i, r_j) \dots \dots \dots (3)$$

从最大化期望效用的角度出发，投资者决策过程就由如下公式展示：

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\omega_i} E[U(r_p)] \\ & \text{s.t } \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

或者,  $\text{Min}_{\omega_i} E[\text{Var}(r_p)]$

$$\text{s.t } \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{and } \tilde{r}_p = \sum_{i=1}^n \omega_i E(r_p)$$

(4)、(5) 在求解有效前沿解时, 效果等价, 但是当采用在确定收益下, 风险最小方法时, 即选用(5)时, 最优化问题的解唯一, 本文采用方法(5)进行最优化求解。

### 5.2.3. 有效前沿采样及变动评估

本研究中, 以未加入比特币的资产组合作为基准组合, 构建有效前沿, 假设有效前沿上最小风险组合为  $(R_0, \sigma_0)$ , 设置评估有效前沿的收益率截止点为  $R=30\%$ , 有效前沿位于  $R_0$  至  $R=30\%$  区间范围内, 将此区间按收益率等分为 100 个子区间, 分别记为:

$$R_{a0}, R_{a1}, \dots, R_{a99}, \text{ 且 } R_{a99}=30\% \dots \dots \dots (6)$$

同理, 对加入比特币后的有效前沿进行类似操作, 得到:

$$R_{b0}, R_{b1}, \dots, R_{b99}, \text{ 且 } R_{b99}=30\% \dots \dots \dots (7)$$

由于加入比特币前后, 投资组合的实际有效前沿发生移动, 为此, 将加入比特币后的有效前沿风险最小点平移至未加入比特币组合的风险最小点, 以实现有效前沿变动方向的比较, 为此, 作以下平移变换:

$$K = \frac{R_{b0} - R_{a0}}{\sigma_{b0} - \sigma_{a0}}$$

$$\sigma_{b1} = \sigma_{b0} + (\sigma_{b0} - \sigma_{a0}) \dots \dots \dots (8)$$

$$R_{b1} = R_{a1} + K * (\sigma_{b1} - \sigma_{a1})$$

最后，对有效前沿的变化方向进行统计评估。首先，将前后两次生成的有效前沿进行平移处理后，接下来，分别在两个有效前沿上取点  $N=1000$  次。由于每个有效前沿都进行了 100 等分，总共有  $100*100=10000$  种情况。

#### 5.2.4. 收益率压缩预测

收益预测方式调整，用公式表达如下：

$$\gamma = \frac{\sigma(R_{T-30}, \dots, R_T)}{\sigma(R_{T-60}, \dots, R_T)}$$

$$R_0 = R_{30} + (\gamma - 1) * (R_{60} - R_{30}) \dots \dots \dots (9)$$

#### 5.2.5. 自相关性

数学方程式如下所示：

$$R_T = \alpha + \beta R_{T-1} + \epsilon_T \dots \dots \dots (10)$$

### 5.3 资产特性分析

#### 5.3.1 收益率分析

在本文的研究区间内（2014 年 1 月 1 日~2022 年 5 月 20 日），将标准普尔比特币指数、NYMEX 原油指数、COMEX 黄金指数、美元指数、CRB 商品指数放到一张图中，发现标准普尔比特币指数相对于其它几类资产具有明显的高收益、高风险特征。由于调整后标准普尔比特币指数点位依然异常高，将其用次坐标表示。下图为各指数的走势曲线图：

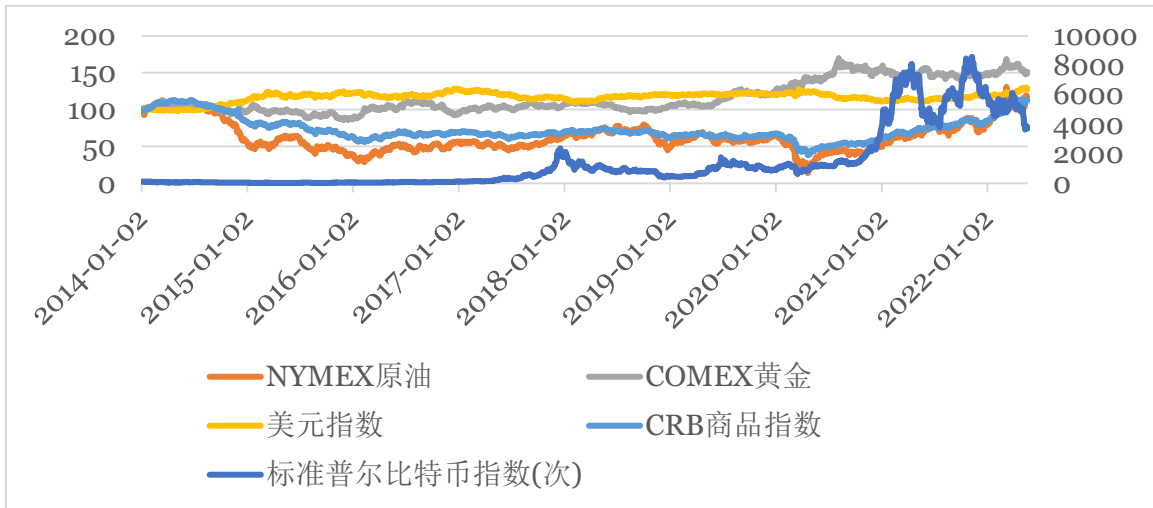


图 2. 大类资产整体业绩

本文也计算了各类资产的收益率、波动率与夏普率，并年化处理，比特币在时间段内的年化收益率是其它大类资产的 10 倍以上，年化波动率也较高，其投资性价比高于黄金与美元，远高于商品与原油，数值化投资绩效如下表所示：

表 3. 大类资产整体业绩表

	标准普尔 比特币数	NYMEX 原油	COMEX 黄金	美元指数	CRB 商品指数
收益率（年化）	53.97%	1.75%	5.03%	2.98%	1.44%
波动率（年化）	70.66%	45.62%	14.35%	6.52%	17.76%
夏普率（年化）	0.76	0.04	0.35	0.46	0.08

### 5.3.2 资产相关性分析

2020 年疫情开始后，全球货币政策发生巨大变化，美国开始推行货币超发，地缘政治也在 2020 年之后发生很多变化，全球不稳定性急剧上升。本论文中，除了整个时间区段的分析外，还把 2020 年作为时间分割点，研究前后 2 个阶段的相关性及其变化。

#### 5.3.2.1 相关性分析（2014.01.01 - 2022.5.20）

比特币和美元指数、CRB 指数、原油和黄金的相关性很低，相关系数均不到 0.1，比特币和美元指数的相关系数是负值，与其他标的物的相关系数均为正值。在长达 8 年的时间内，比特币竟然和主要金融资产的相关性非常弱。美元指数与比特币的相关系数是-0.032，美元指数的上涨和下跌反映美国的货币政策和美国经济相对其他主要经济体的强弱表现，当美元指数上涨时，更多的资金会买入美元资产，提升美元资产价格，而美元指数下跌时，欧元或者商品的涨势较好，比特币与美元的相关系数绝对值低于 0.1，两者之间近似不相关。比特币和 CRB 指数的相关系数最大，达到 0.0755，但仍然小于 0.1，比特币与主要资产的相关性都非常弱，具体的相关系数值见下表：

表 4. 比特币和美元指数、CRB 指数、原油和黄金的相关性-all

	标普比 特币指数	NYMEX 原油	COMEX 黄金	美元指数	CRB 商 品指数
标普比特币指数	1				
NYMEX 原油	0.053**	1			
COMEX 黄金	0.051**	0.044**	1		
美元指数	-0.032	-0.025	-0.395***	1	
CRB 商品指数	0.075***	0.785***	0.188***	-0.134***	1

### 5.3.2.2 相关性分析（2014.01.01 - 2019.12.31）

为验证相关性结论的稳定性、可靠性，下面以 2020 年初为分割点，观察比特币和其他资产之间相关性的变化。2020 年初前后，有两个主要因素干扰比特币的价格，一个是比特币的市值，另外一个是全球加大货币投放力度。比特币和美元指数、原油、CRB 指数、黄金在 2014 年 1 月 1 号到 2019 年 12 月 31 号的相关性结果如下表所示：

表 5. 资产相关性 (2014.01.01--2019.12.31)

	标普比特币指数	NYMEX 原油	COMEX 黄金	美元指数	CRB 商品指数
标普比特币指数	1				
NYMEX 原油	-0.021	1			
COMEX 黄金	0.008	0.013	1		
美元指数	0.009	-0.099***	-0.438***	1	
CRB 商品指数	-0.018	0.780***	0.159***	-0.193***	1

对比整个时间区段的相关性数值，2014.01.01--2019.12.31 时间子区间内，比特币和全球其他主要资产的相关性极低，这几年正是比特币价值升值最多的时期。

### 5.3.2.3 相关性分析 (2020.01.01—2022.5.20)

2020.01.01—2022.5.20 时间区段内，比特币与所有资产的相关系数绝对值都大于 0.1，并且与商品指数 CRB 的相关系数超过 0.2，这个数值非常接近与黄金的相关系数值，这印证了市场上很多关于比特币可以替代黄金的言论。

相关系数显著提升有两大历史背景。首先，比特币市值大幅提升，2020 年 2 月 10 日，比特币价格突破 1 万美元大关，到 2021 年 2 月 20 日，比特币总市值突破 1 万亿美元大关，3 月 13 日是比特币市值的峰值，每枚比特币的价格超过 6 万美金，总市值超过 1.1 万亿美元。从上面数字可以看到比特币作为一个资产，其总价值非常高。美国股市中超过万亿的公司仅仅有 4 家，分别是：苹果、微软、谷歌以及亚马逊。当比特币的总市值超过万亿时，其与整个金融市场其它资产的相关性显著提高。其次，全球货币宽松推升资产价格共同上涨。当货币政策出现巨大变化时，资产价格出现共振，2020 年之后全球主要央行进行货币宽松，使得资产价格走势趋同，这也会提升相关性。

表 6. 资产相关性 (2020.01.01—2022.5.20)

	标普比特 币指数	NYMEX 原油	COMEX 黄金	美元 指数	CRB 商品指数
标普比特币指数	1				
NYMEX 原油	0.160***	1			
COMEX 黄金	0.133***	0.076*	1		
美元指数	-0.143***	0.076*	-0.328***	1	
CRB 商品指数	0.235***	0.797***	0.223***	-0.041	1

### 5.3.3 比特币与宏观因子相关性

在选定宏观因子时,以美国 M2 环比增速的季调值作为反映货币供应增速的宏观因子,用 M2 简化表示。反映美国经济增速的数据仅季度公布,由于比特币的数据时间段很短,季度数据不能有效论证比特币与宏观因子的关系,中国的经济体量位居世界第二,经济增速很快,且月度发布工业增加值,这一指标可以有效反映经济增长,故而以中国的工业增加值同比增速表示经济增长指标,论文以 IVA 简化表示。

把两个重要的宏观指标与比特币的月度收益率(以 Return\_m 简化表示)进行相关性研究。比特币月度收益与 M2、工业增加值 IAV 之间的相关系数较弱,结果如下表所示:

表 7. 比特币与 M2、工业增加值的相关关系

	Return m	IAV	M2
Return_m	1.000		
IAV	0.099	1.000	
M2	0.066	0.029	1.000

## 5.4 实证检验

在之前的研究中，对比特币以及其他大类资产的特性已经进行了初步分析，本节重点讨论比特币对投资组合的贡献，在讨论比特币贡献时，重点分析添加比特币的资产组合与其对照组，即不含比特币，但是含有其它资产组合的业绩差异，以研究比特币的边际贡献。确认收益边际贡献与风险边际贡献的相对重要性，并对相对更重要的边际贡献维度进行进一步分析。

### 5.4.1 资产配置模型

#### 5.4.1.1. 基础模型与参数设置

本文以均值方差模型为基础，对比特币在资产配置中的作用进行分析，在经典的均值方差模型中，存在如下核心参数：

##### 5.4.1.1.1 投资时间起始点 (Start\_date)

本文中，比特币数据的最早可获取时间为 2014 年 1 月 1 日，预留前 5 个月的数据作为模型测算数据，用以生成最早的预期收益与预期风险值，故而，以 2014 年 5 月 31 日为起始时间，并分别测算起始时间不同时，资产配置效果的差异，本文以 Start\_date 作为变量名称，在设定参数取值时，以不同月末点为投资起点，靠近最新月份，以季度为时间间隔，设置投资起始点，这样可以评估投资起始点差异对投资结果带来的影响。起始时间共包含 34 种情况，具体投资时间起始点枚举如下：

```
Start_date={"2014/5/31","2014/6/30","2014/7/31","2014/8/31","2014/9/30",2014/12/31,"2015/3/30","2015/6/30","2015/9/30","2015/12/31","2016/3/30","2016/6/30", "2016/9/30","2016/12/31","2017/3/30","2017/6/30","2017/9/30","2017/12/31","2018/
```

3/30","2018/6/30","2018/9/30","2018/12/31","2019/3/30","2019/6/30","2019/9/30","2019/12/31","2020/3/30","2020/6/30","2020/9/30","2020/12/31","2021/3/30","2021/6/30","2021/9/30","2021/12/31"}。

#### 5.4.1.1.2 预测收益区段 (daily\_mean)

均值方差模型的另一核心为预测未来收益率，并基于收益率进行组合权重配置，而一般的收益预测方式为过去一段时间的收益率均值，有一些扩展形式也会采用一些其它方式进行收益预测。本论文中，在起始时间点预留了 5 个月的预测收益周期，为了得到更一般化的结论，预测收益的最长时间选定为 120 天，考虑预测收益时间时，分别考虑短期，中期及长期，最终设置预测时间如下所示，总共 6 种情况，其中，以 daily\_mean 表示预测收益率的时间区段长度，即  $\text{daily\_mean} = \{5, 10, 30, 60, 90, 120\}$ 。

#### 5.4.1.1.3 预测风险区段 (daily\_cov)

由于金融资产的风险具有典型的群聚特征，在预测风险时，基于日收益率能最有效反映这类特征，在日维度对资产收益波动的研究结论在投资中被广泛接受与应用，若刻画资产波动的收益频度调整为周频度或月频度，一般条件下会平滑波动，最终导致低估资产波动率，本文以日收益为基础进行风险预测。与收益率类似，选取不同时间区段进行风险预测，波动率预测的时间区段一般大于 30 日，这样更能完整反映组合波动特征，设置预测时间总共 4 种情况，其中，以 daily\_cov 表示预测波动率的时间区段长度， $\text{daily\_cov} = \{30, 60, 90, 120\}$ 。

#### 5.4.1.1.4 再平衡周期 (rebalancing)

从起始时间（2014年1月1日）截至本研究获取的最新数据日（2022年5月20日），当投资组合构建完成并持有时间等于再平衡周期时，资产价格的相对变化已经积累了很大的差异，之前估算的资产之间的相对关系已经发生变化，投资组合需要进行再平衡，本文在零再平衡成本假设下，通过整个时间段内投资组合连续再平衡结果反映资产配置策略的动态有效性。基于投资的起始时间，按月进行再平衡。设置再平衡周期总共分4种情况，其中，以 rebalancing 表示再平衡周期长度（月）， $\text{rebalancing} = \{1, 3, 6, 12\}$ 。

在以上众多参数中，以充分利用数据，包含尽量多的时间长度为原则，选取典型参数为基础模型参数，并计算资产配置组合绩效，以作为本文的基础模型结果。

#### 5.4.1.2. 基础模型结果

本文以投资时间起点  $\text{Start\_date} = \{ "2014/5/31" \}$ ，预测收益区段  $\text{daily\_mean} = \{ 30 \}$ ，预测风险区段  $\text{daily\_cov} = 90$ ，再平衡周期  $\text{rebalancing} = 1$  作为基础核心参数，构建基础配置模型。以 Nav\_D 表示不包含比特币的投资组合的累计净值走势，而 Nav 表示包含比特币的累计净值走势，CSI300 表示买入持有沪深 300 指数的累计净值走势，从图形看，加入比特币后，组合的收益增益非常明显，而不加入比特币的投资组合，风险收益特征与中国股市的沪深 300 指数非常相似，熟悉中国资本市场的投资者知道，沪深 300 指数除在少数年份表现优异以外，在其余大部分时间表现一般，难以满足对风险收益比要求高的投资者的要求。整个时间区段内，投资绩效表现如下图所示：

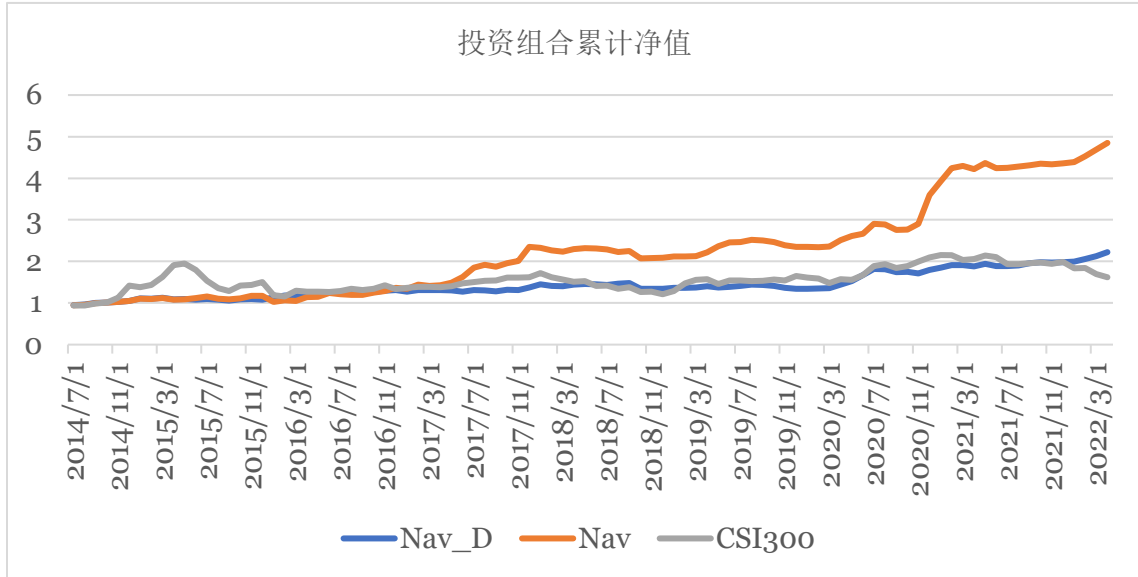


图 3. 基础配置组合累计净值

在投资区间内,受 2015 年股灾影响,沪深 300 指数的年化波动率达到惊人的 104.24%,添加比特币后组合波动率为 74.64%,是其 1.4 倍,比特币在区间段内的年化波动率为 70.66%,比特币的波动率不仅低于同时期资产组合的波动率,还低于同期沪深 300 股票指数的波动率,这与一般概念上对比特币的认知相违背。笔者分析原因发现,与时间区段和资产类别选择有关,限于文章篇幅与研究重点,在此不做展开。数值化投资绩效如下表所示:

表 8. 基础配置组合投资绩效

	Nav_D	Nav	CSI300
收益率 (年化)	11.61%	23.48%	7.16%
波动率 (年化)	46.11%	74.64%	104.24%
夏普率 (年化)	0.25	0.31	0.07

### 5.4.1.3. 稳健性分析

上文以一个典型的资产配置场景为分析对象，研究发现加入比特币后，组合的收益率及波动率均有所提升，且投资组合的收益率提升幅度明显高于组合风险的提升，最终体现为组合夏普率有明显提升。从投资组合基本理论可知，新加入资产后，扩展投资组合的有效前沿，提升了投资的可选择空间，最终使得投资性价比变高。但以上结论只在单期成立，当投资变成连续的、多期的过程，投资者需不断调整投资组合时，以上结论是否依然成立？其次，在一般性场景中，对于有效前沿的探讨偏向于归因分析，在归因假设下，很方便事后知晓最优结果，而在实际投资的预测场景中，投资组合的真实表现与模型假设往往存在偏差，一般研究中，仅对投资结果从整体上进行分析，并没有更深入的讨论，在本文的稳健性分析中，笔者首先分析不同参数下，以上投资结果有多大比例有效，其次，则扩展讨论实际有效前沿的相对变化大小差异，为投资者提供参考。

#### 5.4.1.3.1 最优投资组合

投资者选定投资方案时，以现代金融理论为基础，一般选定资产预算线与有效前沿的切点作为投资组合，这是大多数人的做法，基于这种最优投资组合理念，笔者进行稳健性分析。投资组合设定时，将是否将比特币纳入投资组合作为两个配置策略进行对照。在之前的参数设置中，笔者设置的投资时间起始点（`Start_date`）有 34 种取值情况，预测收益区段（`daily_mean`）有 6 种取值情况，预测风险区段（`daily_cov`）有 4 种取值情况，再平衡周期（`rebalancing`）有 4 种取值情况，以上四个参数联合分析，总共存在  $34*6*4*4=3264$  种配置结果。根据文本研究假设，笔者统计以上各种情况中，添加比特币后，投资组合收益率（`return`），波动率（`sigma`），夏普率（`sharpe`）正向变动的百分比，即所有 3264 种

情况中，在每种参数设置下，添加比特币后，投资组合收益率上升，则此种情况计入 $\Delta$ 收益率（年化）变动的频数统计值  $N(\Delta\text{return})$ ，最终取  $N(\Delta\text{return})/3264*100\%$  作为整体方向变动的百分比结果。

从下表结果可知，加入比特币后，在 2014 年初到 2022 年 5 月 20 日时间范围内，平均而言，无论投资者怎么选择起始时间、采取何种方式预测收益及风险，在多长时间范围内进行再平衡，投资组合均有 80% 以上的概率可以实现收益及风险提升，且收益提升幅度大于风险提升幅度。

表 9. 最优投资组合百分比统计

	Percent
$\Delta$ 收益率（年化）>0	87.24%
$\Delta$ 波动率（年化）>0	89.83%
$\Delta$ 夏普率（年化）>0	81.68%

更进一步进行细化，按整个区间内投资组合添加比特币资产之后收益及波动变动方向进行象限划分，得到如下结果，从结果可知，收益提升的同时，波动提升的百分比高达 80.61%，此时，组合夏普值的变动方向取决于收益变动幅度与波动变动幅度的相对大小，基于更详细的结构分析得知，在收益率及波动率同时提升的组合中夏普率提升的百分比达到 83.54%，此情况下，为夏普率提升贡献的百分比为  $83.54%*80.61%=67.34\%$ ，回测结果中，组合收益率变小而波动率变大的结果占比达到 9.22%，此种情况下，添加比特币后，组合夏普率降低，故而从整体上表现为夏普率变大的百分比统计结果略低于收益率及波动率的统计结果，但不影响投资组合均有 80% 以上的概率可以实现收益及风险提升，且收益提升幅度大于风险提升幅度的研究结论。

表 10. 最优投资组合收益风险百分比统计

Percent	$\Delta$ 收益率（年化） $>0$	$\Delta$ 收益率（年化） $\leq 0$	$\Delta$ 波动率汇总
$\Delta$ 波动率（年化） $>0$	80.61%	9.22%	89.83%
$\Delta$ 波动率（年化） $\leq 0$	6.63%	3.54%	10.17%
$\Delta$ 收益率汇总	87.24%	12.76%	100%

#### 5.4.1.3.2 有效前沿改变

在投资过程中，资本预算约束受投资者自身条件控制，而有效前沿则受资产特性影响，探讨有效前沿的前后变化，有利于从金融学角度解析资产特性。探讨真实有效前沿的前后变化时，从收益率或者风险单维度进行分析比较失去意义。根据重复抽样统计原理，按计量模型章节中有效前沿采样及变动评估方法，收益及风险变动方向百分比值应接近 50%，本研究仅以 $\Delta$ 夏普率（年化） $>0$  百分比值为统计指标，发现 $\Delta$ 夏普率（年化）正向变动的比例高达 71.24%，这对之前的最优点分析结果形成更一般化的支撑，即投资组合不仅是最优点这个局部范围内投资的性价比更优，而是有效前沿上，系统性的投资更优，这个结果极具有稳定性。

#### 5.4.1.3.3 收益率压缩预测

之前的分析中，已经详细阐明加入比特币后，投资组合特性的变化，发现比特币具有优良的风险收益特性，加入投资组合后，在任何条件下，均具有相当大的概率改善投资组合的性价比。从另一个角度思考问题，组合投资的核心是预测组合收益与风险，既然比特币具有这么好的特性，启示投资者对这类有明显超额收益的资产，在进行组合管理的过程中，

收益预测远比风险预测更重要，自然而然的进一步思考，是否可以系统化的改善投资组合的收益预测呢？为此，本文引入新的收益预测方法，希望为投资组合管理提供一些启示。

在之前的研究中，对收益预测区段的选择为  $\text{daily\_mean} = \{5, 10, 30, 60, 90, 120\}$ ，而对风险预测的区段选择为  $\text{daily\_cov} = \{30, 60, 90, 120\}$ ，基于以上参数设定方式，认为风险预测与收益预测是独立的，这样处理，易于简化问题，其实，这是相当强的隐含假设，为此，本文在此调整、优化收益预测模式，以使得结论更一般化。

在投资实践中，BL模型通过加入主观观点的形式，改变收益及风险分布，本文中，已经验证了加入比特币后，收益预测更重要，为此，借助贝叶斯压缩思想，对收益预测方式进行调整，以 $\gamma$ 表示短期风险相对长期风险的增益倍数，资本市场经验告诉我们，资产的短期波动容易受市场突发情绪变化影响，而长期波动将众多情绪变化影响相互抵消，因此， $\gamma$ 系数一般大于1，笔者实证研究发现，当短期时间区段取值为30，而长期时间区段取值为60时，可以有效反映以上特征，当时间区段取值为其它值时，以上特征并没有显著改变，但是效果略差。因而，在原来使用过去30日收益预测未来再平衡时点收益时，引入长期收益预测值，且长期收益与短期收益占收益预测值的相对比例为 $(\gamma - 1)/\gamma = 1 - 1/\gamma$ ，即长期收益占比随 $\gamma$ 数值的增大而提升，显然，如前所述，当短期波动大时， $\gamma$ 值大，此时长期收益的占比更高，短期收益的占比低。在投资逻辑上具有合理性，即当短期市场波动大时，资产配置的目的是跨越波动周期，此时应以长期均衡风险及收益特性为配置基准。换个角度，也可以理解成是进行收益预测值的加权时，对短期高波动进行权重惩罚，对长期稳定波动进行权重奖励。具体计算公式可参见计量模型章节。

同理，调整收益预测方式后，进行资产配置研究，此时，本文设置对照组为基础模型，改进组合为改进收益预测方式的配置组合，对这两个投资组合在所有参数下进行百分比统计，发现改进投资组合的绩效明显更优，且 **sharpe** 值的改进更明显，这启示投资者，在资产配置中，特别是进行连续多期，且偏长期的资产配置时，需改进收益预测方式，使得预测结果能抵御资产短期噪声扰动带来的影响。具体结果如下所示：

表 11. 收益率压缩预测百分比统计

	Percent
$\Delta$ 收益率（年化）>0	61.75%
$\Delta$ 波动率（年化）>0	58.22%
$\Delta$ 夏普率（年化）>0	67.33%

## 5.4.2 比特币收益特性研究

### 5.4.2.1. 格兰杰因果检验(Granger causality Wald tests)

比特币收益特性角度，本文采用 **Granger** 因果检验方法检验比特币与其它资产在时间序列上是否存在相互因果关系。**Granger** 因果检验的核心思想是，如果 **x** 是 **y** 的原因，且不存在反向因果，则 **x** 过去值可以预测 **y** 未来值，反之则不然。

具体检验方法上，本文采用从整体上进行评估的 **Wald tests** 方法，它是一种外生性检验方法，可以选出应作为外生变量的变量。其原假设为检验原因项不是待检验结果项的原因，当 **P** 值很小时，拒绝原假设，此时，原因项为结果项的格兰杰原因。

由以下结果可知，仅仅在比特币与黄金之间体现出一定的因果关系，这种关系是单向的，且 **P** 值仅在 10%显著性水平上显著，整体而言，比特币与几大类资产之间较为独立，比特币既不是其它资产的格兰杰原因，也不是其它资产的格兰杰结果。

表 12. 格兰杰因果检验结果(Wald tests)

被解释变量	排除变量	chi2	df	Prob > chi2
标准普尔比特币指数	NYMEX 原油	.05214	1	0.819
标准普尔比特币指数	COMEX 黄金	2.8399	1	0.092
标准普尔比特币指数	美元指数	2.4006	1	0.121
标准普尔比特币指数	CRB 商品指数	.38608	1	0.534
标准普尔比特币指数	ALL	4.1828	4	0.382
NYMEX 原油	标准普尔比特币指数	.65818	1	0.417
COMEX 黄金	标准普尔比特币指数	.00059	1	0.981
美元指数	标准普尔比特币指数	.79436	1	0.373
CRB 商品指数	标准普尔比特币指数	1.4615	1	0.227

#### 5.4.2 2. 自相关性研究

在之前的研究中, 笔者发现加入比特币后, 资产配置组合的收益提升明显, 且收益提升幅度高于风险提升幅度, 即比特币给组合带来明显超额收益, 这项超额收益是否来自于自身的价格趋势呢? 同时考虑价格趋势和波动率群聚效应的模型为 GARCH 模型, 为简化问题, 以抓主要矛盾为出发点, 若能解析收益来源, 投资组合的特征即非常清晰。为此, 本研究采用自相关模型 (AR) 进行研究, 学者们一般通过 AIC 或者 BIC 等原则确定最优阶数, 为简化分析, 本论文仅分析一阶自相关效应。 $\epsilon_T$  为比特币价格剥离一阶自相关性后的资产收益率。

将剥离一阶自相关性后的比特币作为一类资产, 与其它资产进行资产配置, 其它参数设置与基础模型保持一致, Nav\_AR\_1 表示剔除比特币自相关性后的比特币资产配置组合, Nav 为加入比特币的资产组合, Nav\_D 为不包含比特币的资产组合。

可以发现，加入剥离比特币自相关性后的资产组合相对于没有加入比特币的资产组合，其收益及风险特性并没有发生大的变化，投资性价比基本保持一致。加入完整比特币的组合，其投资性价比明显更高，这充分说明，比特币给组合贡献的超额收益主要来自于其趋势的延续性，且这种效应在 2014 年-2022 年时间区段内具有独特的性质。具体投资结果如下表所示。

表 13. 控制比特币自相关性的资产配置组合业绩表现

	Nav_D	Nav	Nav_AR_1
收益率（年化）	11.61%	23.48%	10.33%
波动率（年化）	46.11%	74.64%	45.27%
夏普率（年化）	0.25	0.31	0.21

#### 5.4.3. 宏观因素影响

根据之前的分析，比特币具有与一般大类资产不一样的特性，但是从资金容量、全球资金流动等很多方面，又具有与一般大类资产类似的性质，在自上而下的投资配置体系中，这些大类资产价格均受宏观因子变化的影响，因此，可以考虑剥离宏观因素对比特币的影响，进而讨论比特币给投资组合带来的影响是否来自于其对宏观经济的敏感性。

上面的章节讨论了比特币与主要大类资产的相关性、因果关系，初步验证比特币与传统资产的风险收益特性存在差异，研究大类资产与宏观因素之间的关系是自上而下研究大类资产定价的方法，由于关于其它资产的相关研究众多，本节不再重复，重点对比特币的宏观定价逻辑进行探讨。

2020 年以后，工业增加值的变化和比特币价格变化的相关性明显提高，2020 年比特币价格的下跌和后面上涨与工业增加值变化趋势基本同步，即比特币受全球资产下跌和上

涨的共性作用，这和中国市场和全球市场融通有很大关系，比特币在中国资产配置中有其独特性，同时也具备一定的共性。

从资产价格变化的风险定价角度，本文试图用工业增加值（IAV）、M2 解释比特币的价格变化，发现比特币与宏观因子之间的关系并不显著，这说明比特币价格变化受自身特性的影响更大。

表 14. 比特币与 M2、工业增加值的关系

	(1)
	Return_m
IAV	0.004 (0.96)
M2	0.018 (0.63)
_cons	0.030 (0.78)
N	99
R2_a	-0.007

#### 5.4.4. 尾部风险评估

##### 5.4.4.1 资产收益率分布

2014 年起始到 2022 年 5 月 20 日期间，全球投资者经历很多次大事件，对大类资产价格造成重大影响，如 2014 年 10 月 WTI 石油价格暴跌、2014 年 10 月底美联储正式退出量化宽松、2015 年美元走强，油价继续下跌、2016 年英国脱欧，美国大选，美联储加息、2017 年美联储启动缩表、2018 年全球贸易战开打，2020 年新冠疫情开始蔓延、2022 年

俄乌战争爆发等。从本文选定的五大类资产看，以上资产均有 5% 以上的时间段收益率处于极端取值区间，说明以上资产的厚尾现象非常严重，本文以一种简单思路对这种收益率分布的厚尾现象进行研究。

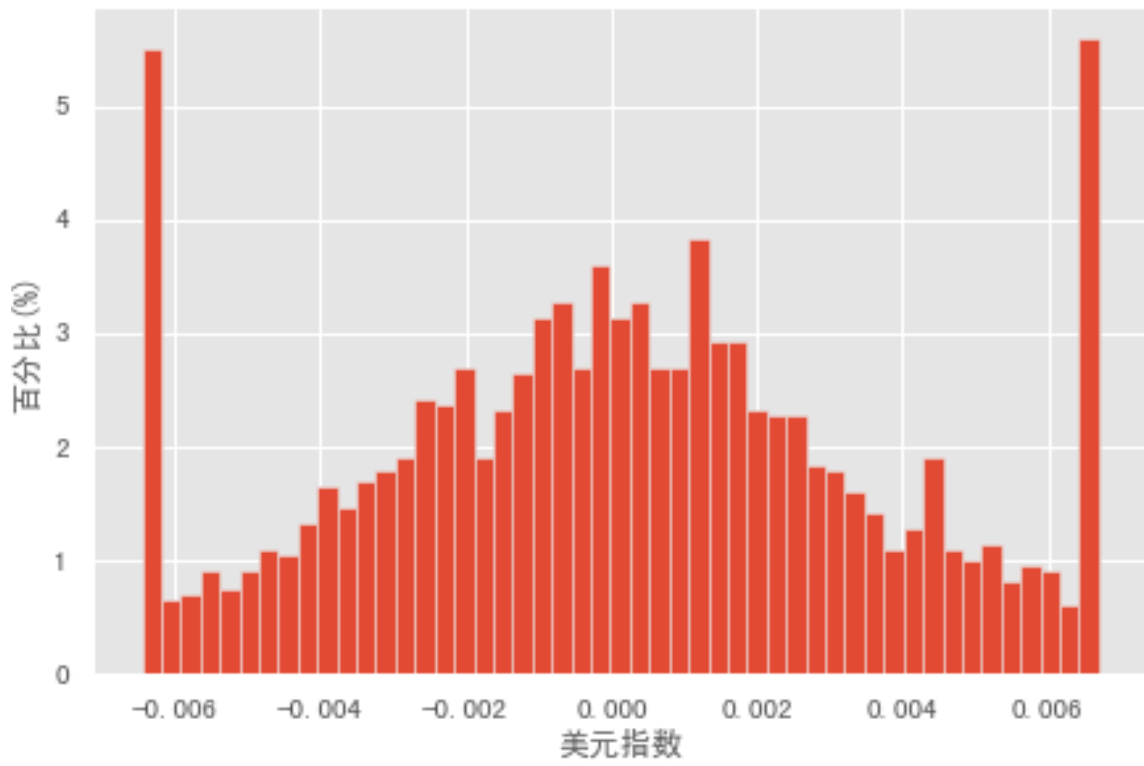
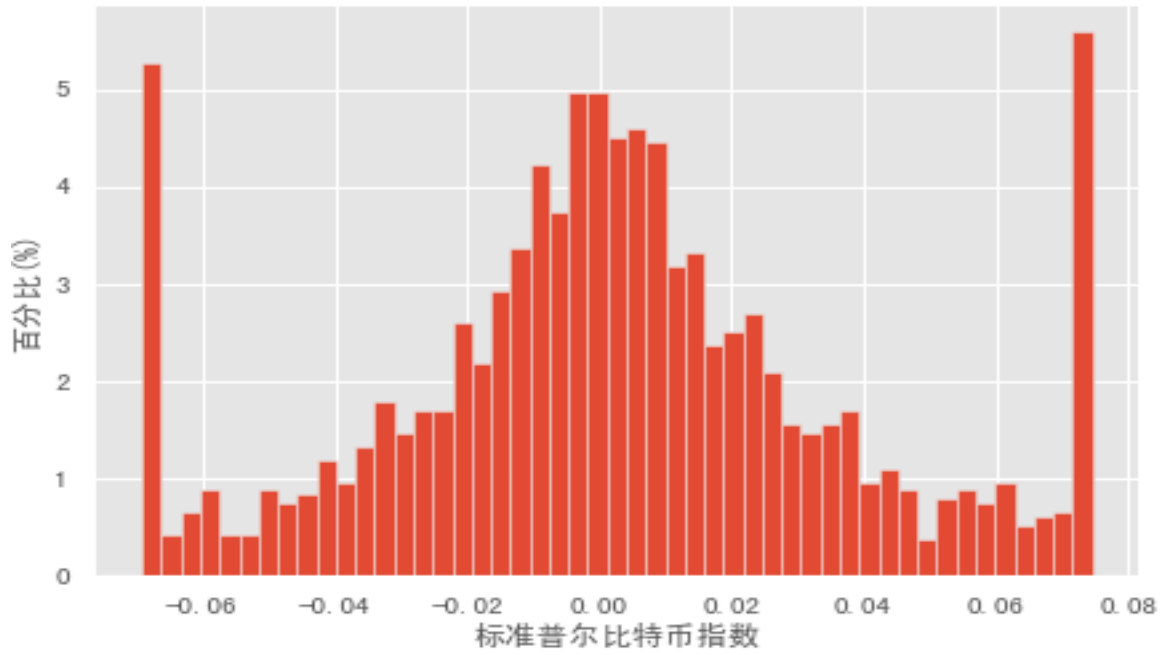


图 4. 资产日收益率分布

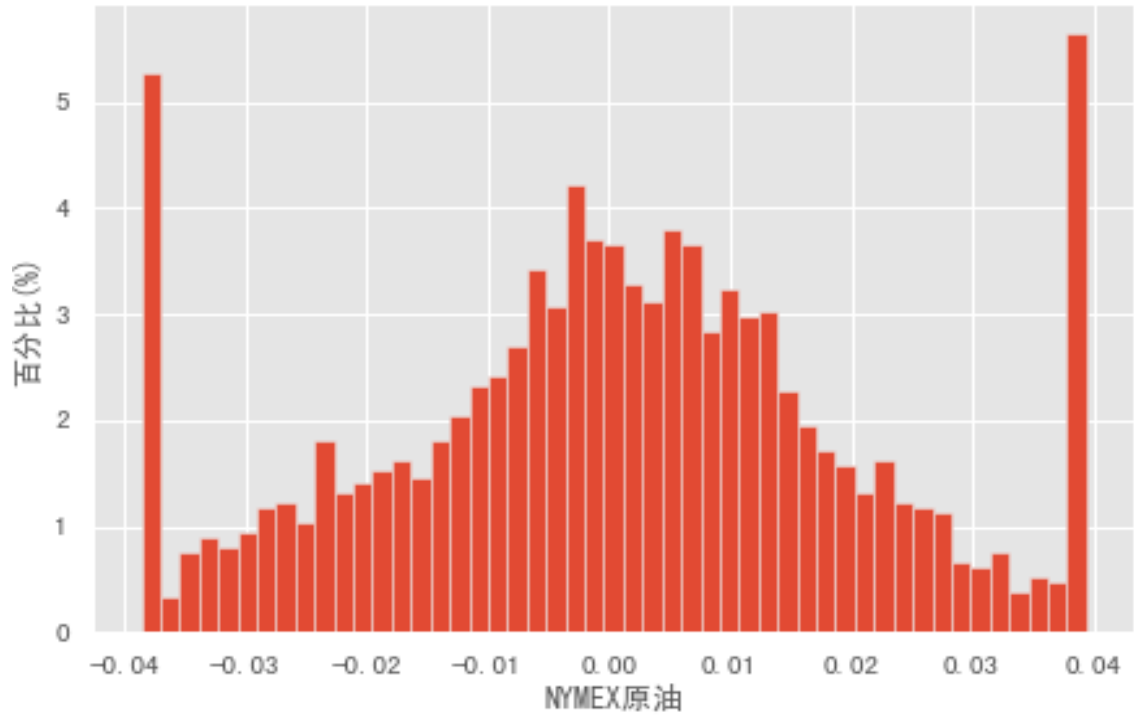
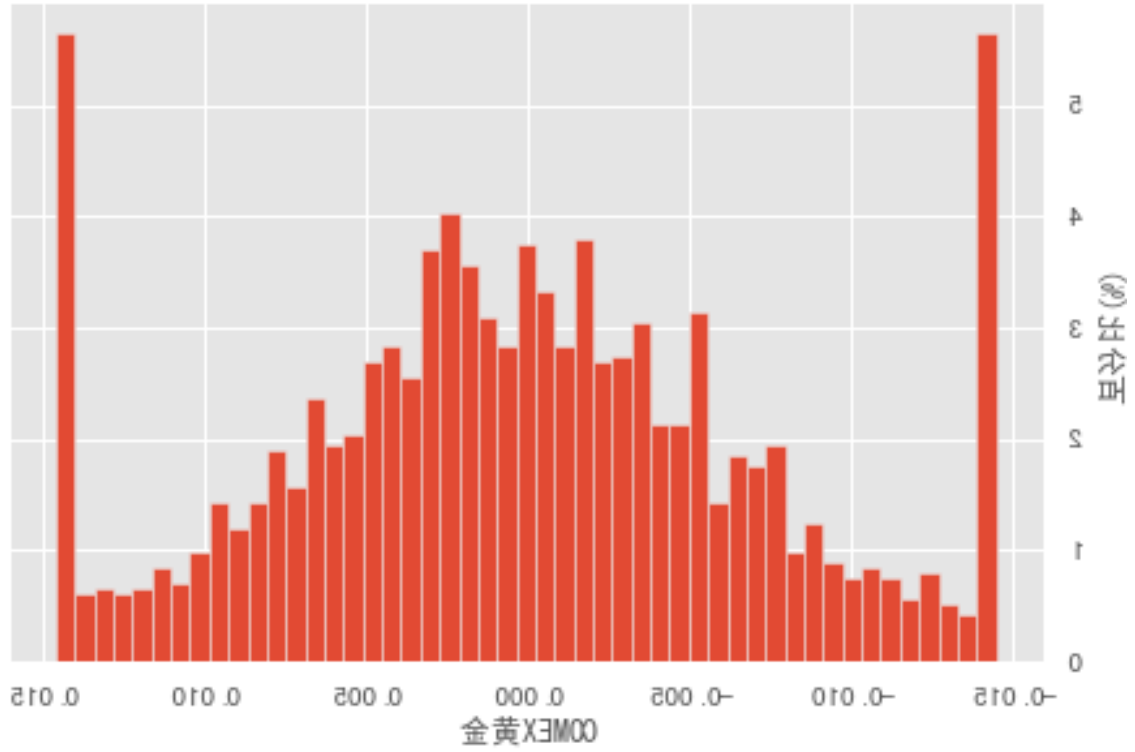


图 5. 资产日收益率分布 (续)

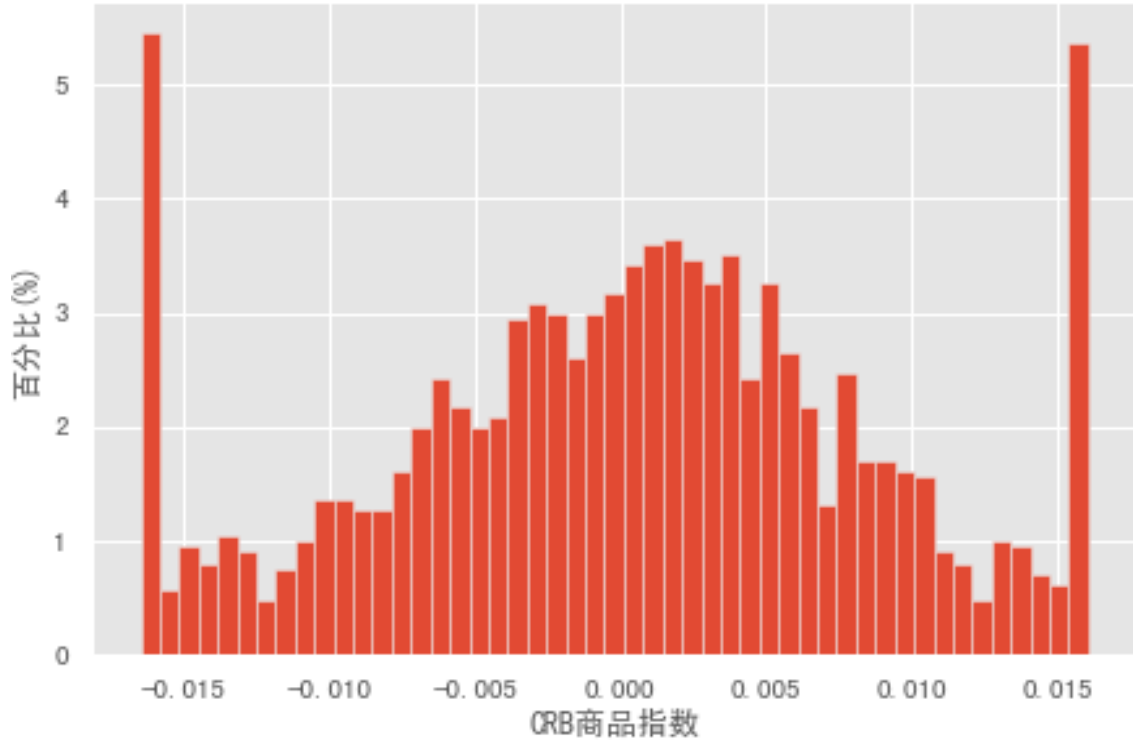


图 6. 资产日收益率分布（续）

#### 5.4.4.2 资产累计收益

比特币的收益率分布显示比特币的收益率位于极端值区间的概率非常高，为评估极端取值对比特币整体收益率的影响，本文构造了两个虚拟比特币资产，标准普尔比特币指数-为剔除 2014 年 1 月 1 日至 2022 年 5 月 20 日期间内，总共 2109 个交易日内的 105 个（比例为 5%）收益率最差的交易日期之后得到的收益率序列，从归一化净值起，在 2022 年 5 月 20 日的累计净值达到 2843550.69，增值高达 284 万倍，下图以标准普尔比特币指数-(次)表示。同理，在时间范围内剔除所有收益率最高的 105 个交易日，最终累计净值无限趋近于 0。当同时剔除收益率最大的 105 个交易日与收益率最小的 105 个交易日时，最终累计净值为 36.73，不做任何剔除的累计净值为 38.12。

从这些分析不难看出，比特币的超高净值受到收益率极端高与极端低的影响，但是两者对比特币最终表现出的综合影响基本相互抵消，说明比特币的最终收益率其实并不是取决于少数极端收益率值，而是跟比特币的内在且稳定的资产性质相关。

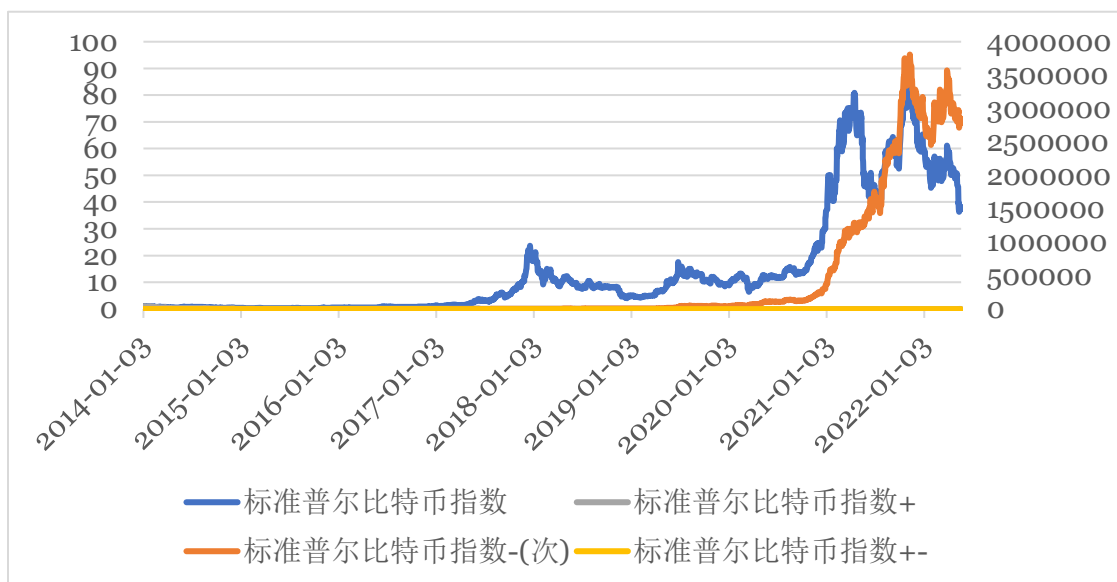


图 7. 各资产累计收益率走势

#### 5.4.4.3 宏观因素影响再探讨

之前的分析中，笔者从比特币整体收益率情况分析了比特币收益率与宏观因素的关系，在投资者的主观印象中，比特币的收益率应该与宏观因素密切相关，在比特币的极端收益率值附近，比特币的价格波动表现出极端收益，这大概率与宏观因素是不相关的，可能是比特币市场的政策冲击或者投资者情绪的极端变化导致，若从比特币的收益率序列中剔除以上收益率序列，构造一个假想的净值序列，比特币与宏观因素的关系是否就变得显著呢？

本节构造的虚拟比特币资产收益序列为比特币收益率序列同时剔除收益率最大的 105 个交易日与收益率最小的 105 个交易日之后的时间序列。从回归结果可以看出，虚拟构造的比特币资产与 IAV 的相关关系在 5% 阈值条件下显著，且虚拟构造的比特币与 M2 的关

系虽然仍不显著，但是 t 值有所提升。这说明比特币的极端尾部收益率掩盖了比特币与宏观因子之间的相关关系。

表 15. 比特币（虚拟）与 M2、工业增加值的关系

	(1)
	Return_m
IAV	0.005** (2.22)
M2	0.024 (1.31)
_cons	-0.002 (-0.07)
N	99
R2_a	0.047

#### 5.4.4.4 自相关性再探讨

同上理，剔除比特币的极端尾部收益率后，重整资产配置组合，以 Nav\_Adjust 表示没有极端收益率的资产配置组合，Nav\_Adjust\_AR\_1 为构造的没有极端收益率的比特币资产，且去掉自相关性后的组合。

从投资绩效看，Nav\_Adjust 组合的收益率相对于 Nav 组合的收益率略有下降，但是波动率下降更明显，组合夏普率提升明显。剔除极端收益后，比特币收益率序列的波动率下降明显，但是由于极端收益率分布较为对称，收益率下降并不明显，这导致加入比特币的投资组合呈现类似特征。而加入比特币后，在虚拟收益率的基础上进一步剔除自相关性时，收益率与波动率均有下降，且收益率下降的相对幅度更大，这表明虚拟组合依然具有

一定的趋势特征，且这种趋势特征的性价比较高，能对提升资产配置组合的夏普率起到一定作用。

表 16. 尾部收益率对资产配置绩效的影响

	Nav_D	Nav	Nav_AR_1	Nav_Adjust	Nav_Adjust_AR_1
收益率（年化）	11.61%	23.48%	10.33%	21.26%	7.13%
波动率（年化）	46.11%	74.64%	45.27%	53.21%	38.94%
夏普率（年化）	0.25	0.31	0.21	0.40	0.18

#### 5.4.5 本章小结

本章对于此次研究的资产选择及数据来源进行了说明，同时对各类资产特性展开了系统性分析，之后，建模研究了资产配置模型的效果，分析形成此类效果的原因，并进一步着重、全面分析了比特币的收益特性。总结有以下发现：

##### （1）基础模型实证

研究发现，加入比特币后，组合的收益增益非常明显，而不加入比特币的投资组合，风险收益特征与沪深 300 指数非常相似，沪深 300 指数除在少数年份表现优异以外，在其余大部分时间表现一般，难以满足对风险收益比要求很高的投资者的要求。且添加比特币后组合波动率为 74.64%，比特币在区间段内的年化波动率为 70.66%，比特币的波动率不仅低于同时期的资产组合波动率，还低于同期的沪深 300 股票指数波动率。

##### （2）参数枚举最优投资组合

均值方差模型最受投资者诟病的地方在于参数不稳定，本文采用参数枚举的方式进行研究，发现在最优投资组合投资选择下，加入比特币后，在 2014 年初到 2022 年 5 月 20 日时间范围内，平均而言，无论投资者怎么选择起始时间、采取何种方式预测收益及风险，

在多长时间范围内进行再平衡,投资组合均有 80%以上的概率可以实现收益及风险的提升,且收益提升幅度大于风险提升幅度。

### (3) 有效前沿改变评估

本文对加入比特币后,对实际有效前沿的改变,从事后评估角度进行研究,发现 $\Delta$ Sharpe 正向变动的比例为 71.24%,对之前的最优点分析形成了更一般化的支撑,即投资组合不仅是最优点这个局部范围内的性价比更优,而是有效前沿上,系统性的投资更优,这个结论具有极强的稳定性。

### (4) 收益率压缩预测

在资产配置中,特别是进行连续多期,且偏长期资产配置时,需改进收益预测模型,使预测结果能抵御资产短期噪声扰动带来的影响。

### (5) 比特币自相关性研究

加入剥离自相关性后的比特币的资产组合相对于没有加入比特币资产的组合,其收益及风险特性没有发生大的变化,投资性价比基本保持一致。加入完整比特币的组合,其投资性价比明显更高,这充分说明,比特币给组合贡献的超额收益主要来自于其趋势的延续性,且这种效应在 2014 年-2022 年时间区段内具有独特的性质。

### (6) 格兰杰因果检验

本文采用从整体上进行评估的 Wald tests 方法选出应作为外生变量的变量。研究发现仅仅在比特币与黄金之间体现出一定的因果关系,这种关系是单向的,且 P 值仅在 10%显著性水平上显著,整体而言,比特币与几大类资产之间较为独立,比特币既不是其它资产的格兰杰原因,也不是其它资产的格兰杰结果。

### （7）宏观因素影响

从资产价格变化的宏观风险定价角度，本文用工业增加值（IAV）、M2 解释比特币的价格变化，发现比特币与宏观因子之间的关系并不显著，这说明比特币价格变化受自身特性的影响更大。

### （8）尾部风险评估

从本文选定的五大类资产看，以上资产均有 5% 以上的时间段内收益率处于极端取值区间，说明以上资产的厚尾现象非常严重。比特币的超高净值受到收益率极端高与极端低的影响，但是两者对比特币最终表现出的综合影响基本相互抵消，说明比特币的最终收益率其实并不取决于少数极端收益率值，而是跟比特币的内在且稳定的资产性质相关。

在比特币与宏观因素关系的再评估中，若从比特币的收益率序列中剔除极端收益率序列，构造一个假想的净值序列，比特币与宏观因素的关系局部变得显著。

在比特币自相关性再探讨中，若从比特币的收益率序列中剔除极端收益率序列，构造一个假想的净值序列，比特币收益率序列的波动率下降明显，但是由于极端收益率分布较为对称，收益率下降并不明显，这导致加入比特币的投资组合呈现类似特征。而加入比特币后，在虚拟收益率的基础上进一步剔除自相关性时，收益率与波动率均有下降，且收益率下降的相对幅度更大，这表明虚拟组合依然具有一定的趋势特征，且这种趋势特征的价格比较高，能对提升资产配置组合的夏普率起到一定作用。

## 六、结论

### 6.1 主要结论

本次研究主要围绕比特币在资产配置中的作用展开，首先，从资产配置的角度探讨了比特币给投资组合带来的影响，以一个常见的基础配置模型为出发点，展示了典型资产配置策略的结果，进而讨论不同参数取值下，资产配置结果的可能差异，并从统计学角度总结出收益及风险角度的一般化特征。其次，本文进一步对比特币这类资产的典型特征进行分析，探究比特币良好收益特性的来源。研究发现总结为如下几点：

#### (1) 基础模型实证

研究发现，加入比特币后，组合的收益增益非常明显，而不加入比特币的投资组合，风险收益特征与沪深 300 指数非常相似，沪深 300 指数除在少数年份表现优异以外，在其余大部分时间表现一般，难以满足对风险收益比要求很高的投资者的要求。且添加比特币后组合波动率为 74.64%，比特币在区间段内的年化波动率为 70.66%，比特币的波动率不仅低于同时期的资产组合波动率，还低于同期的沪深 300 股票指数波动率。

#### (2) 参数枚举最优投资组合

均值方差模型最受投资者诟病的地方在于参数不稳定，本文采用参数枚举的方式进行研究，发现在最优投资组合投资选择下，加入比特币后，在 2014 年初到 2022 年 5 月 20 日时间范围内，平均而言，无论投资者怎么选择起始时间、采取何种方式预测收益及风险，在多长时间范围内进行再平衡，投资组合均有 80% 以上的概率可以实现收益及风险的提升，且收益提升幅度大于风险提升幅度。

#### (3) 有效前沿改变评估

本文对加入比特币后,对实际有效前沿的改变,从事后评估角度进行研究,发现 $\Delta$ Sharpe 正向变动的比例为 71.24%,对之前的最优点分析形成了更一般化的支撑,即投资组合不仅是最优点这个局部范围内的性价比更优,而是有效前沿上,系统性的投资更优,这个结论具有极强的稳定性。

#### (4) 收益率压缩预测

在资产配置中,特别是进行连续多期,且偏长期资产配置时,需改进收益预测模型,使预测结果能抵御资产短期噪声扰动带来的影响。

#### (5) 比特币自相关性研究

加入剥离自相关性后的比特币的资产组合相对于没有加入比特币资产的组合,其收益及风险特性没有发生大的变化,投资性价比基本保持一致。加入完整比特币的组合,其投资性价比明显更高,这充分说明,比特币给组合贡献的超额收益主要来自于其趋势的延续性,且这种效应在 2014 年-2022 年时间区段内具有独特的性质。

#### (6) 格兰杰因果检验

本文采用从整体上进行评估的 Wald tests 方法选出应作为外生变量的变量。研究发现仅仅在比特币与黄金之间体现出一定的因果关系,这种关系是单向的,且 P 值仅在 10%显著性水平上显著,整体而言,比特币与几大类资产之间较为独立,比特币既不是其它资产的格兰杰原因,也不是其它资产的格兰杰结果。

#### (7) 宏观因素影响

从资产价格变化的宏观风险定价角度，本文用工业增加值（IAV）、M2 解释比特币的价格变化，发现比特币与宏观因子之间的关系并不显著，这说明比特币价格变化受自身特性的影响更大。

#### （8）尾部风险评估

从本文选定的五大类资产看，以上资产均有 5% 以上的时间段内收益率处于极端取值区间，说明以上资产的厚尾现象非常严重。比特币的超高净值受到收益率极端高与极端低的影响，但是两者对比特币最终表现出的综合影响基本相互抵消，说明比特币的最终收益率其实并不取决于少数极端收益率值，而是跟比特币的内在且稳定的资产性质相关。

在比特币与宏观因素关系的再评估中，若从比特币的收益率序列中剔除极端收益率序列，构造一个假想的净值序列，比特币与宏观因素的关系局部变得显著。

在比特币自相关性再探讨中，若从比特币的收益率序列中剔除极端收益率序列，构造一个假想的净值序列，比特币收益率序列的波动率下降明显，但是由于极端收益率分布较为对称，收益率下降并不明显，这导致加入比特币的投资组合呈现类似特征。而加入比特币后，在虚拟收益率的基础上进一步剔除自相关性时，收益率与波动率均有下降，且收益率下降的相对幅度更大，这表明虚拟组合依然具有一定的趋势特征，且这种趋势特征的性价比较高，能对提升资产配置组合的夏普率起到一定作用。

## 6.2 缺陷与不足

第一，在数据时间长度上，由于比特币仅有 2014 年-2022 年的数据，数据跨越的时间周期不够长，导致在滚动进行资产配置时，枚举参数未必对所有情况都能进行有效覆盖，进而导致统计特征与实际情况不符合。第二，数据时间段没有跨越多轮宏观经济变化周期，

可能导致与宏观因素的回归分析结果存在偏误。第三，有效前沿变动评估时，本文采用随机抽样的方式进行，每次抽样进行 1000 次，受制于计算资源瓶颈，没有将以上过程再继续重复进行，以评估抽样本身的稳健性。第四，以上对于资产配置的研究，主要是基于数据进行的样本内量化分析，资产配置受宏观驱动，特别是宏观预期变动的影响，这类因素在数据中难以体现，可能导致模型结果与现实情况脱节。

## 参考文献

- Aharon D Y, Umar Z, Vo X V. Dynamic spillovers between the term structure of interest rates, bitcoin, and safe-haven currencies[J]. *Financial Innovation*, 2021, 7(1): 1-25.
- Allen D. The sharing economy [J]. *Institute of Public Affairs Review: A Quarterly Review of Politics and Public Affairs*, The, 2015, 67(3): 24-27.
- Al-Yahyaee K H, Mensi W, Yoon S M. Efficiency, multifractality, and the long-memory property of the Bitcoin market: A comparative analysis with stock, currency, and gold markets[J]. *Finance Research Letters*, 2018, 27: 228-234.
- Ang, A., R. Hodrick, Y. Xing, and X. Zhang. 2006. The cross-section of volatility and expected returns. *Journal of Finance* 61:259–99.
- Andrianto Y, Diputra Y. The effect of cryptocurrency on investment portfolio effectiveness[J]. *Journal of finance and accounting*, 2017, 5(6): 229-238.
- Avramov, D., 2004, “Stock Return Predictability and Asset Pricing Models,” *Review of Financial Studies*, 17, 699–738.
- Aysan A F, Khan A U I, Topuz H. Bitcoin and altcoins price dependency: Resilience and portfolio allocation in COVID-19 outbreak[J]. *Risks*, 2021, 9(4): 74.
- Balduzzi, P., and A. W. Lynch, 1999, “Transaction Costs and Predictability: Some Utility Cost Calculations,” *Journal of Financial Economics*, 52, 47–78.
- Banz, R. 1981. The relationship between return and market value of common stocks. *Journal of Financial Economics* 9:3–18.
- Barberis N. Investing for the long run when returns are predictable[J]. *The Journal of Finance*, 2000, 55(1): 225-264.
- Barry C B. Portfolio analysis under uncertain means, variances, and covariances[J]. *The Journal of Finance*, 1974, 29(2): 515-522.
- Bawa, V. S., S. Brown, and R. Klein, 1979, *Estimation Risk and Optimal Portfolio Choice*, North Holland, Amsterdam.
- Babaei G, Giudici P, Raffinetti E. Explainable artificial intelligence for crypto asset allocation[J]. *Finance Research Letters*, 2022: 102941.

- Bakry W, Rashid A, Al-Mohamad S, et al. Bitcoin and portfolio diversification: A portfolio optimization approach[J]. *Journal of Risk and Financial Management*, 2021, 14(7): 282.
- Baur D G, Hoang L. The Bitcoin gold correlation puzzle[J]. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 2021, 32: 100561.
- Bedi P, Nashier T. On the investment credentials of Bitcoin: A cross-currency perspective[J]. *Research in International Business and Finance*, 2020, 51: 101087.
- Beneki C, Koullis A, Kyriazis N A, et al. Investigating volatility transmission and hedging properties between Bitcoin and Ethereum[J]. *Research in International Business and Finance*, 2019, 48: 219-227.
- Berk, J. 1995. A critique of size related anomalies. *Review of Financial Studies* 8:275–86.
- Bhandari, L. 1988. Debt/equity ratio and expected common stock returns: Empirical evidence. *Journal of Finance* 43:507–28.
- Boudoukh, J., R. Michaely, M. Richardson, and M. Roberts. 2007. On the importance of measuring payout yield: Implications for empirical asset pricing. *Journal of Finance* 62:877–915.
- Bouoiyour J, Selmi R, Wohar M E. Safe havens in the face of Presidential election uncertainty: A comparison between Bitcoin, oil and precious metals[J]. *Applied Economics*, 2019, 51(57): 6076-6088.
- Bouri E, Das M, Gupta R, et al. Spillovers between Bitcoin and other assets during bear and bull markets[J]. *Applied Economics*, 2018, 50(55): 5935-5949.
- Brandt, Michael W. Estimating portfolio and consumption choice: a conditional Euler equations approach[J]. *Journal of Finance*, 1999, 54:1609- 1645.
- Brennan, Michael J., Eduardo S. Schwartz, and Ronald Lagnado. Strategic asset allocation[J]. *Journal of Economics Dynamics and Control*, 1997, 21: 1377- 1403.
- Campbell, John Y., Yeung Lewis Chan, and Luis M. Viceira. A multivariate model of strategic asset allocation[J]. *Journal of Financial Economics*, 2003, 67: 41- 80.
- Campbell, John Y. and Luis M. Viceira. 1999. "Consumption and Portfolio Decisions When Expected Returns Are Time Varying." *The Quarterly Journal of Economics* 114, 2: 433–495.

- Carino, David R. and William T. Ziemba. Formulation of the Russell-Yasuda Kasai financial planning [J]. *Operations Research*, 1998, 46: 433-449.
- Chan, L., N. Jegadeesh, and J. Lakonishok. 1996. Momentum strategies. *Journal of Finance* 51:1681-713.
- Chuen D L E E K, Guo L, Wang Y. Cryptocurrency: A new investment opportunity?[J]. *The journal of alternative investments*, 2017, 20(3): 16-40.
- Conlon T, McGee R. Safe haven or risky hazard? Bitcoin during the COVID-19 bear market[J]. *Finance Research Letters*, 2020, 35: 101607.
- Choi, J. J., D. Laibson, B. C. Madrian, and A. Metrick, 2001, "Defined Contribution Pensions: Plan Rules, Participant Decisions, and the Path of Least Resistance," NBER working paper 8655
- Chowdhury A. Is Bitcoin the "Paris Hilton" of the currency world? Or are the early investors onto something that will make them rich?[J]. *The Journal of Investing*, 2016, 25(1): 64-72.
- Chopra, V. K., 1993, "Improving Optimization," *Journal of Investing*, 8, 51-59.
- Cheng Q, Liu X, Zhu X. Cryptocurrency momentum effect: DFA and MF-DFA analysis[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2019, 526: 120847.
- Cheah J E T, Luo D, Zhang Z, et al. Predictability of bitcoin returns[J]. *The European Journal of Finance*, 2022, 28(1): 66-85.
- Cremers, K. J. M., 2002, "Stock Return Predictability: A Bayesian Model Selection Perspective," *Review of Financial Studies*, 15, 1223-49.
- Cochrane, J. 1991. Production-based asset pricing and the link between stock returns and economic fluctuations. *Journal of Finance* 46:209-37.
- Cooper, M., H. Gulen, and M. Schill. 2008. Asset growth and the cross-section of stock returns. *Journal of Finance* 63:1609-52.
- Davis, J., E. Fama, and K. French. 2000. Characteristics, covariances, and average returns: 1929 to 1997. *Journal of Finance* 55:389-406.
- Dierksmeier C , Seele P , Greenwood M , et al. Cryptocurrencies and Business Ethics. 2018.

- Fang L, Bouri E, Gupta R, et al. Does global economic uncertainty matter for the volatility and hedging effectiveness of Bitcoin?[J]. *International Review of Financial Analysis*, 2019, 61: 29-36.
- Frost, P. A., and J. E. Savarino, 1986, "An Empirical Bayes Approach to Efficient Portfolio Selection," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 21, 293–305.
- Gandhi P, Lustig H, Plazzi A. Equity is cheap for large financial institutions[J]. *The Review of Financial Studies*, 2020, 33(9): 4231-4271.
- Gandal, Neil, JT Hamrick, Tyler Moore, and Tali Oberman, "Price Manipulation in the Bitcoin Ecosystem," *Journal of Monetary Economics*, 2018, 95, 86–96.
- Ghabri Y, Guesmi K, Zantour A. Bitcoin and liquidity risk diversification[J]. *Finance Research Letters*, 2021, 40: 101679.
- Henriques I, Sadorsky P. Can bitcoin replace gold in an investment portfolio?[J]. *Journal of Risk and Financial Management*, 2018, 11(3): 48.
- Hung N T. Co-movements between Bitcoin and other asset classes in India[J]. *Journal of Indian Business Research*, 2021.
- Ibbotson, Roger G., and Paul D.Kaplan. Does asset allocation policy explain 40, 90, or 100 percent of performance? [J].*Financial Analysts Journal*, 2000, 56 (January/February) :26-33
- Jagannathan, R., and T. Ma, 2003, "Risk Reduction in Large Portfolios: Why Imposing the Wrong Constraints Helps," *Journal of Finance*, 58, 1651–1684.
- Ji Q, Bouri E, Gupta R, et al. Network causality structures among Bitcoin and other financial assets: A directed acyclic graph approach[J]. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 2018, 70: 203-213.
- Jobson, J. D., and R. Korkie, 1980, "Estimation for Markowitz Efficient Portfolios," *Journal of the American Statistical Association*, 75, 544–554.
- Jorion, P., 1985, "International Portfolio Diversification with Estimation Risk," *Journal of Business*, 58, 259–278.
- Jorion, P., 1986, "Bayes-Stein Estimation for Portfolio Analysis," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 21, 279–92.

- J.P. Morgan Unlocking Economic Advantage with Blockchain A guide for asset managers [EB/OL]. <https://www.oliverwyman.com>
- Johannes, M., N. Polson, and J. Stroud, 2002, "Sequential Optimal Portfolio Performance: Market and Volatility Timing," Working Paper, Columbia University
- Kallberg, J.G., R.W.White, and W.T.Ziemba. Short term financial planning under uncertainty [J]. *Management Science*, 1982, 28:670-682.
- Kandel, S., and R. F. Stambaugh, 1996, "On the Predictability of Stock Returns: An Asset-Allocation Perspective," *Journal of Finance*, 51, 385–424 Motivation Objective Methodology Results Conclusion.
- Kang S H, Yoon S M, Bekiros S, et al. Bitcoin as hedge or safe haven: evidence from stock, currency, bond and derivatives markets[J]. *Computational Economics*, 2020, 56(2): 529-545.
- Kajtazi A, Moro A. The role of bitcoin in well diversified portfolios: A comparative global study[J]. *International Review of Financial Analysis*, 2019, 61: 143-157.
- Kreuser J L, Sornette D. Bitcoin bubble trouble[J]. Forthcoming in *Wilmott Magazine*, 2018: 18-24.
- Kim, T. S., and E. Omberg, 1996, "Dynamic Nonmyopic Portfolio Behavior," *Review of Financial Studies*, 9, 141–161.
- Kumaresan R, Bentov I. How to Use Bitcoin to Incentivize Correct Computations[C] *Computer and Communications Security*. ACM, 2014.
- Li Y, Jiang S, Wei Y, et al. Take Bitcoin into your portfolio: a novel ensemble portfolio optimization framework for broad commodity assets[J]. *Financial Innovation*, 2021, 7(1): 1-26.
- Liang, N., and S. Weisbenner, 2002, "Investor Behavior and the Purchase of Company Stock in 401(K) Plans – The Importance of Plan Design," NBER working paper 9131.
- Lyandres, E., L. Sun, and L. Zhang. 2008. The new issues puzzle: Testing the investment-based explanation. *Review of Financial Studies* 21:2825–55.
- Lynch, Anthony W. Portfolio choice and equity characteristics: characterizing the hedging demands induced by return predictability [J]. *Journal of Financial Economics*, 2001, 62:67-130.

- Liu W. Portfolio diversification across cryptocurrencies[J]. *Finance Research Letters*, 2019, 29: 200-205.
- Liu F, Li Y, Li B, et al. Bitcoin transaction strategy construction based on deep reinforcement learning[J]. *Applied Soft Computing*, 2021, 113: 107952.
- Mahmoudi M. Evaluating the Impact of Bitcoin on International Asset Allocation using Mean-Variance, Conditional Value-at-Risk (CVaR), and Markov Regime Switching Approaches[J]. *arXiv preprint arXiv:2205.00335*, 2022.
- MacKinlay, A. C., and L. Pastor, 2000, "Asset Pricing Models: Implications for Expected Returns and Portfolio Selection," *Review of Financial Studies*, 13, 883–916.
- Markowitz H M. Portfolio selection [J]. *Journal of Finance*, 1952, 7: 77-91.
- Melanie S. *Blockchain: Blueprint for a new economy* [M]. O'Reilly Media, Inc., 2015.
- Mensi W, Al-Yahyaee K H, Kang S H. Structural breaks and double long memory of cryptocurrency prices: A comparative analysis from Bitcoin and Ethereum[J]. *Finance Research Letters*, 2019, 29: 222-230.
- Merton, Robert C. Lifetime portfolio selection under uncertainty: the continuous time case [J]. *Review of Economics and Statistics*, 1969, 51:247, 257.
- Merton, R.C. Optimum consumption and portfolio rules in a continuous-time model [J]. *Journal of Economic Theory*, 1971, 3: 373-413.
- Mikhaylov A, Sokolinskaya N, Lopatin E. Asset allocation in equity, fixed-income and cryptocurrency on the base of individual risk sentiment[J]. *Investment Management & Financial Innovations*, 2019, 16(2): 171.
- Moore T, Christin N. *Beware the middleman: Empirical analysis of Bitcoin-exchange risk*[C]//*International conference on financial cryptography and data security*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013: 25-33.
- P´astor, ˇL., 2000, "Portfolio Selection and Asset Pricing Models," *Journal of Finance*, 55, 179–223.
- P´astor, ˇL., and R. F. Stambaugh, 2000, "Comparing Asset Pricing Models: An Investment Perspective," *Journal of Financial Economics*, 56, 335–81
- Platanakis E, Urquhart A. Should investors include bitcoin in their portfolios? A portfolio theory approach[J]. *The British accounting review*, 2020, 52(4): 100837.

- Ram A J. Bitcoin as a new asset class[J]. *Meditari Accountancy Research*, 2018.
- Stavroyiannis S. Value-at-risk and related measures for the Bitcoin[J]. *The Journal of Risk Finance*, 2018.
- Su C W, Qin M, Tao R, et al. Is the status of gold threatened by Bitcoin?[J]. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 2020, 33(1): 420-437.
- Symitsi E, Chalvatzis K J. The economic value of Bitcoin: A portfolio analysis of currencies, gold, oil and stocks[J]. *Research in International Business and Finance*, 2019, 48: 97-110.
- Satoshi Nakamoto. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [EB/OL]. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Schroder, Mark and Costis Skiadas. Optimal consumption and portfolio selection with stochastic differential utility [J].*Journal of Economic Theory*, 1999, 89: 68-126.
- Shen D, Urquhart A, Wang P. Bitcoin intraday time series momentum[J]. *Financial Review*, 2022, 57(2): 319-344.
- Skiadas, C., and M. Schroder, 1999, “Optimal Consumption and Portfolio Selection with Stochastic Differential Utility,” *Journal of Economic Theory*, 89, 68–126.
- Swan M. Melanie Swan[M]//*Blockchain: Blueprint for a New Economy*. 2015.
- Thomas, J., and X. Zhang. 2011. Tax expense momentum. *Journal of Accounting Research* 49:791–821
- Vardar G, Aydogan B. Return and volatility spillovers between Bitcoin and other asset classes in Turkey: Evidence from VAR-BEKK-GARCH approach[J]. *EuroMed Journal of Business*, 2019.
- Wachter, Jessica A. Portfolio and consumption decisions undemean-reverting returns:An exact solution for complete markets [J].*Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2002, 37:63-91.
- Xia,Yihong. Learning about predictability: the effects of parameter uncertainty on dynamic asset allocation [J].*Journal of Finance*, 2001, 56:205-246.
- Yae J, Tian G Z. Sequential Learning, Asset Allocation, and Bitcoin Returns[J]. *Asset Allocation, and Bitcoin Returns (July 23, 2021)*, 2021.

- Zeng T, Yang M, Shen Y. Fancy Bitcoin and conventional financial assets: Measuring market integration based on connectedness networks[J]. *Economic Modelling*, 2020, 90: 209-220.
- Zhang, L. 2005. The value premium. *Journal of Finance* 60:67-103.
- Zhang J, He Q. Dynamic cross-market volatility spillover based on MSV model: evidence from Bitcoin, Gold, Crude Oil, and stock markets[J]. *Complexity*, 2021, 2021.
- Zhang Y J, Bouri E, Gupta R, et al. Risk spillover between Bitcoin and conventional financial markets: An expectile-based approach[J]. *The North American Journal of Economics and Finance*, 2021, 55: 101296.
- Zhu P, Zhang X, Wu Y, et al. Investor attention and cryptocurrency: Evidence from the Bitcoin market[J]. *PLoS One*, 2021, 16(2): e0246331.
- 柏建成,何田,高增安,李霞飞.数字货币会将风险传染给传统金融市场吗?——基于方向性溢出指数动态变化的研究[J].*财经论丛*,2020(10):44-54.DOI:10.13762/j.cnki.cjlc.2020.10.004.
- 丁晓蔚,高淑萍.虚拟货币:金融及舆情风险管理探讨[J].*现代传播(中国传媒大学学报)*,2018,40(01):133-139.
- 李嘉弘,李平.COVID-19 疫情期间比特币与中国金融市场主要资产的关系研究[J].*管理评论*,2021,33(11):286-297.DOI:10.14120/j.cnki.cn11-5057/f.2021.11.002.
- 林小驰,胡叶倩雯.关于区块链技术的研究综述[J].*金融市场研究*, 2016 (2) :97-109.
- 刘凌晨,程宏宇.区块链金融理论与应用进展综述[J].*管理现代化*,2020,40(05):111-113.DOI:10.19634/j.cnki.11-1403/c.2020.05.026.
- 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方法[J].*广东财经大学学报*,2015,30(03):30-40.
- 陆宇萌.数字加密货币价格波动研究——以比特币为[J].*大众投资指南*,2020(02):253-254.
- 明雷,吴一凡,熊熊,于寄语.比特币价格泡沫检验、演化机制与风险防范[J].*经济评论*,2022(01):96-113.DOI:10.19361/j.er.2022.01.07.
- 吴金旺,顾洲一,申睿.比特币价格波动实证分析及对主权数字货币的启示[J].*浙江金融*,2020(09):14-24.

- 唐燕,彭选华.比特币现货市场与期货市场的风险溢出效应——基于动态 CoVaR 模型的研究[J].武汉金融,2020(09):25-31.
- 石奕磊.比特币价格波动特点与投资价值研究——基于事件研究法与 GARCH 模型[J].财会通讯,2020(14):143-147.DOI:10.16144/j.cnki.issn1002-8072.2020.14.030.
- 孙立坚,杜建徽.数字货币和分布式记账技术对我国货币金融政策的启示[J].上海金融,2017(06):3-9.DOI:10.13910/j.cnki.shjr.2017.06.001.
- 袁勇,王飞跃.区块链技术发展现状与展望[J].自动化学报, 2016, 42(04):481-494.  
DOI:10.16383/j.aas.2016.c160158.
- 王晟.区块链式法定货币体系研究[J].经济学家,2016(09):77-85.DOI:10.16158/j.cnki.51-1312/f.2016.09.009.
- 赵婷婷.经济政策不确定性、投资者情绪与比特币价格波动[J].商业文化,2021(12):128-129.
- 赵岳.区块链技术的发展前景与监管应对[J].金融会计,2016(08):55-57.