

# 金融安全、国家利益与外汇储备优化管理<sup>①</sup>

罗素梅<sup>1</sup>, 周光友<sup>2</sup>, 曾 瑶<sup>2</sup>

(1. 上海财经大学金融学院, 上海 200433; 2. 复旦大学经济学院, 上海 200433)

**摘要:** 本文以金融安全与国家利益为视角, 首先根据外汇储备需求理论, 将外汇储备划分为金融安全储备和国家利益储备。其次, 尝试性地引入安全第一准则, 构建基于金融安全的外汇储备优化配置模型。再次, 通过对理论模型求解和数值模拟, 测算出外汇储备的金融安全规模和国家利益规模, 并对其进行优化配置。研究表明, 当前我国可将65%左右的外汇储备用于满足金融安全, 而其余35%左右可用于实现国家利益。本文认为, 外汇储备作为国家金融资产, 应主要用于维护国家金融安全和实现国家战略利益及经济利益。外汇储备可通过对接“一带一路”战略、支持人民币国际化和支持企业“走出去”, 以及促进对外直接投资等国家战略, 实现国家利益的最大化, 同时在这个过程中自动“冲消”过多的外汇储备。因此, 当前外汇储备管理中, 外汇储备过多过少的问题已不是讨论的重点, 管理部门也不用主动抑制外汇储备增长, 而更应关注如何提高其使用效率。

**关键词:** 外汇储备; 金融安全; 国家利益; 安全第一准则; 优化管理

**中图分类号:** F830.2   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2017)12-0001-18

## 0 引言

中国人民银行发布的最新数据显示, 截止2017年8月, 我国外汇储备余额达3.09万亿美元, 并稳居世界各国之首。毫无疑问, 充足的外汇储备在抵御金融风险, 调节国际收支平衡, 稳定汇率及提高我国国际信誉等方面发挥着不可替代的作用。但外汇储备并非多多益善, 相反, 过多的外汇储备不仅会增加持有成本, 而且会使我国经济面临较高的宏观风险, 甚至威胁经济金融安全。随着近年来国际金融危机的频繁发生, 传染性逐步增强, 对金融安全的冲击也越来越大, 外汇储备在维护国家金融安全方面功不可没, 它所发挥的特殊作用已被大多数国家认识。同时, 外汇储备功能也从原来的主要满足交易性需求逐渐演变为满足金融安全需求和国家利益需求, 因此对外汇储

备的管理也提出了更高的新要求。当前, 我国正处于新一轮经济转型期, 随着国家“一带一路”战略的实施, 金砖国家开发银行(简称金砖银行)和亚洲基础设施投资银行(简称亚投行)的成立, 为外汇储备的运用开拓了新途径, 从而也为外汇储备的管理提供了新思路。外汇储备作为国家重要的金融资产, 如何在保证外汇储备基本需求的同时, 充分发挥其维护金融安全和国家利益的特殊作用, 科学合理地对外汇储备进行动态优化管理, 提高外汇储备使用效率, 并主动对接国家“一带一路”、支持企业“走出去”和人民币国际化等国家战略, 最终达到外汇储备保值增值和实现国家利益目标就显得非常重要。因此, 在我国经济新常态下, 研究外汇储备的使用与金融安全、国家利益的关系是一个全新的视角, 也是外汇储备管理的新尝试。本文的研究旨在探寻外汇储备管理与金融

<sup>①</sup> 收稿日期: 2015-12-27; 修订日期: 2017-09-06.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71573170; 71573050); 上海市哲学社会科学规划项目(2015BJB003).

作者简介: 罗素梅(1975—), 女, 云南楚雄人, 博士, 讲师. Email: luosumei@shufe.edu.cn

安全和国家利益的内在联系,在外汇储备维护金融安全和实现国家利益的同时提高自身的使用效率,所以研究此问题具有重要的理论及现实意义。

然而,遗憾的是已有研究大多将关注点集中在外汇储备适度规模测度、币种结构选择、资产结构优化和外汇储备持有风险的度量等方面,而从金融安全和国家利益角度研究外汇储备优化管理的文献鲜见。事实上,外汇储备作为国家金融资产,其使用也应主要为国家服务。为此,本文以我国经济转型和持有高额外汇储备并面临不断贬值为背景,以金融安全和国家利益为视角,尝试性地引入安全第一准则,构建基于金融安全的外汇储备最优化配置模型,求解出外汇储备的金融安全规模和国家利益规模,并对其进行优化配置。同时

揭示外汇储备与金融安全和国家利益之间的相互关系和内在逻辑,旨在为我国外汇储备管理提供新思路。

## 1 文献综述

外汇储备的管理是一个常谈常新且经久不衰的话题,对它的研究可谓由来已久。相关的研究主要集中在外汇储备币种结构选择、资产结构优化及资产组合两个方面。而安全第一准则是本文主要借鉴和改进的模型,因此也会将其进行概述。

### 1.1 外汇储备币种结构选择

在国外,在币种结构选择的研究方面,最有代表性的主要有风险分散理论、海勒奈特模型及杜利模型三种,他们的观点可总结为表 1。

表 1 国外外汇储备币种结构优化主要理论

Table 1 The main theories of currency structure optimization of foreign exchange reserve

相关理论	代表作者	主要观点
风险分散理论	Markowitz <sup>[1]</sup> 和 Tobin <sup>[2]</sup>	该理论认为可将外汇储备视为一种金融资产,并可通过资产分散来降低风险,各种持有货币的风险与收益状况决定了某种货币在外汇储备中的比例,而其他因素并不需要考虑。
海勒奈特模型	Heller 和 Knight <sup>[3]</sup>	研究发现,汇率安排和贸易收支结构是决定一国外汇储备币种结构的主要因素,而经济开放度、经济总量与币种结构的相关性可以忽略不计。
杜利模型	Dooley 等 <sup>[4]</sup>	研究认为,在外汇储备币种结构的影响因素中,汇率安排、外债支付流量和贸易流量是决定外汇储备币种结构的主要因素。

此后, Roger<sup>[5]</sup> 的研究发现外汇储备货币结构变化主要与外汇市场公开市场干预有关,而不是资产组合的结果。Hatase 和 Ohnuk<sup>[6]</sup> 构筑了一个既同传统文献一致又反映了新近理论进展的模型,结果显示贸易规模和外债币种结构是决定外储币种结构的主要因素。Pietro 等<sup>[7]</sup> 研究了外汇储备多元化和“过度特权”对全球宏观经济的影响。

与此同时,国内学者在外汇储备币种结构优化研究方面也做了一些有益的尝试。盛柳刚和赵洪岩<sup>[8]</sup> 估计了 2000 年~2006 年中国外汇储备的收益率、币种结构和 2003 年后流入中国的热钱数量。张斌和王勋<sup>[9]</sup> 通过计算中国外汇储备的名义收益率和真实收益率分析外汇储备的资产结构风险。周光友和赵思洁<sup>[10]</sup> 对外汇储备币种结构进行了优化。宫健等<sup>[11]</sup> 认为影响外汇储备增速的诸宏

观变量中,实际有效汇率对外汇储备增速的影响体现出显著的非对称与非线性特征,从而影响外汇储备的规模和结构。

### 1.2 外汇储备资产配置与投资组合

在外汇储备资产配置与投资组合的研究方面, Lyons<sup>[12]</sup> 认为,新兴经济体或资源出口国高额的外汇储备积累,并以主权财富基金的形式在全球范围内投资是国家资本主义在全球的延伸,其目的是为了发展的稳定和本国经济的安全,将外汇储备在全球范围内进行战略配置,控制与本国经济命脉息息相关的战略物资、重点企业、关键技术等,以免因国际经济政治形势变化给本国带来的冲击,从而积极谋求在国际竞争中的主动性。Aizenman 和 Glick<sup>[13]</sup> 认为,由于政府财政部门是主权财富基金的所有人,作为国民财富的代理机构,对主权财富基金的投资应遵循效用最大化原

则,而外汇储备资产也应在风险相对较高的国外资产中进行分散化配置。Knill 等<sup>[14]</sup>在检验主权财富基金投资中双边政治关系作用的基础上,认为主权财富基金的投资决策至少部分地来自非金融动机。Gonçalo Pina<sup>[15]</sup>研究了外汇储备和全球利率之间的关系。

何帆和张明<sup>[16]</sup>认为中国应该进行外汇储备的资产调整,降低投资于美国国债的比率,提高投资于美国股权、美国机构债和企业债,以及黄金的比率。谢平和陈超<sup>[17]</sup>的研究发现,主权财富基金的投资有大量转向风险资产,从美元资产转向非美元资产,从组合投资向战略投资转变,同时强化战术资产配置策略寻找短期趋势的预期超额回报。陈克宁和陈彬<sup>[18]</sup>认为主权财富基金的透明度会影响外汇储备的资产配置效率。刘澜飏和张靖佳<sup>[19]</sup>通过刻画中国外汇储备对外投资的“循环路径”,构建了包括央行、金融市场和实体经济的斯塔克尔伯格及古诺模型,进而模拟出中国外汇储备对外投资对本国经济的间接贡献、合意的外汇储备投资组合,以及最优外汇储备投资规模。罗素梅等<sup>[20]</sup>对我国超额外汇储备资产进行了多目标优化配置研究,认为对超额外汇储备资产进行优化配置时应实行“积极型”投资管理策略,将其投资于“长期性、战略性、高回报”的金融资产或其他资产,以实现经济利益和战略利益的最大化。曾燕和黄金波<sup>[21]</sup>基于均值-AS 模型研究了正态分布和一般分布下的资产配置问题。

### 1.3 安全第一准则

Markowitz<sup>[22]</sup>的均值-方差分析思想奠定了现代证券投资组合理论的基础,但由于风险度量 and 静态分析的局限性,后续的许多学者试图将 Markowitz 标准模型扩展成动态模型以及选用更为合理的风险度量。但由于风险的不可加性限制了动态规划算法的使用,Chen 等<sup>[23]</sup>也指出求解多阶段均值-方差模型是十分困难的事情。针对方差风险度量的这些局限性,近年来提出了许多与往不同的风险度量方法,如绝对偏差、半方差、安全第一准则、VaR、CVaR 等。其中 Roy<sup>[24]</sup>首创提出的安全第一准则理论对风险的概念却是有截然不同的描述方式,并首创了安全第一准则概念,他认为投资者在做投资决策时,首要考虑的是避免

某种“灾难”状况的发生。因而投资者会从这个考虑出发进行资产配置,目标是让这种状况发生的概率达到最小。Roy 的安全第一准则具有深远的影响。Pyle 等<sup>[25]</sup>总结了安全第一准则的三种形式。Li 等<sup>[26]</sup>将 Roy 的安全第一模型推广到了多期的情形,并给出了投资组合的解析最优解。Chiu 和 Li<sup>[27]</sup>则将 Roy 的安全第一准则概念拓展到资产负债管理领域,分析综合考虑资产和负债端的安全性时的最优资产组合。

易江和李楚霖<sup>[28]</sup>给出了安全第一准则多期投资组合问题的一种计算方法。李仲飞和姚京<sup>[29]</sup>考虑了 B-S 型金融市场中,基于安全第一准则的,连续时间情况下的动态投资组合决策。王秀国和周荣喜<sup>[30]</sup>则综合讨论了连续时间,安全第一准则三种形式要求下最优的投资组合策略。鲁万波等<sup>[31]</sup>根据我国保险业保险投资各方面的法律法规对经典安全第一准则进行改进,实证模拟并计算了对应破产水平下的投资组合和有限边界。

### 1.4 简要评价

综上所述,已有的相关研究在多个方面有了突破,并取得了很多有价值的成果,也是本文研究的重要基础,但还存在一些不足:1) 已有的研究大多集中在对外汇储备适度规模的测度,币种结构的选择及资产优化配置上,而很少从外汇储备作为国家金融资产的角度考虑,将外汇储备用于实现国家战略。2) 已有研究也没有充分认识到外汇储备在维护金融安全和国家利益中的重要作用,而这是外汇储备功能演变的趋势,但以此为视角的研究相对缺乏。3) 安全第一准则对投资人的隐形前提设定与外汇储备管理当局投资目标高度一致,而以往文献并没有揭示两者之间的天然联系。为此,本文以外汇储备实现国家金融安全与战略利益为目标,首先,引入外汇储备需求理论,将外汇储备划分为交易性需求、预防性需求、保证性需求和投资性需求等层次,进而将外汇储备分为金融安全储备和国家利益储备两大部分。其次,尝试性地引入安全第一准则,构建基于安全第一的外汇储备最优化配置模型。最后,在安全性约束下,对模型进行最优化求解,得出外汇储备的金融安全规模和国家利益规模,为外汇储备的优化管理提供理论依据和运

作参考。

## 2 外汇储备的多层次需求与功能演变

本文认为,一国对外汇储备的需求可将其分为刚性需求和弹性需求、直接需求和间接需求、主动需求和被动需求等几种类型。但无论是哪种需求,其目的都是为了实现一国的金融安全和国家利益。在此,本文从金融安全和国家利益的角度来分析外汇储备的多层次需求。

### 2.1 外汇储备的多层次需求分析

把一国的外汇储备需求看作是该国对其他国家货币的需求,因此可引用货币需求理论来分析一国的外汇储备需求。在此,本文参考周光友和罗素梅<sup>[32]</sup>的划分方法,结合我国现阶段的实际情况,把外汇储备需求分为交易性需求、预防性需求、保证性需求和投资性需求。

#### 2.1.1 交易性需求

他主要包括维持正常进口支付、FDI 利润回流、外债本息偿付(短期内到期外债)、居民用汇等需求。随着中国经济的发展,中国居民可支配收入经历了大幅增长,由此产生了对进口商品日益增长的需求,对进口支付流动性提出了更高的要求。长期以来,中国一直是外商投资的乐土。稳定的政治环境和高速发展的经济使得中国仍然是备受外商投资青睐的国家。因此可以预计 FDI 利润回流需求在未来几年将保持一个相对稳定的增速。同时,我国外债规模也随之扩大,尤其是短期外债上升速度加快,外债的这些变化趋势增加了我国外债还本付息的压力。这就要求有充足的外汇储备来满足这些需求。

#### 2.1.2 预防性需求

如果说交易性需求更侧重流动性的话,预防性需求则侧重安全性,他要求一国外汇储备持有水平必须能保证一定时间内的外债偿付,不至于发生主权违约。这主要体现在以下几个层面:一是一国持有的外汇储备水平最低必须足以支付下一年将到期支付的外债总量;二是一国政府持有外汇储备主要出于审慎性动机,并且预防性审慎动

机是中央银行持有国际储备的主要原因;三是一国大量积累外汇储备主要用以防止国家由于国际资本市场的波动而遭受金融危机;四是对于采用有管理的浮动汇率制的国家,特别是当其同时拥有一个脆弱的银行体系和大规模的货币错配时,积累外汇储备到一定程度有助于避免金融动荡。因此,外汇储备的预防性需求是非常重要的。

#### 2.1.3 保证性需求

如果说预防性需求是从实质上降低一国受国际金融环境的传导而发生金融危机的风险,那么保证性需求则更多是从增强国内和国际社会对一国经济和金融实力的信心,以及对国家外汇体系稳定和信用偿付的保证。保证性需求从这个意义上来看并非为核心储备需要,但在经济金融全球化和资本高度流动的背景下,保证性需求的满足对于震慑潜在的外汇制度攻击是有很有效的。例如香港在遭遇货币狙击时,由于中国庞大的外汇储备做后备支持,最终狙击失败。国际货币投机者在考虑货币狙击对象时,外汇储备存量的重要性就凸显出来。因此,若保证性需求不能得到满足,也会给一国造成极大的风险,本文将将其纳入灾难性水平 C 的考量之中。

#### 2.1.4 投资性需求

这部分需求可以看成是因被动持有的多额外汇储备而产生的增值需求,本文将将其视为实现国家利益的需求,即主要用于满足战略利益需求和经济利益需求。

### 2.2 金融安全和国家利益需求

根据以上分析,又在上述外汇储备划分层次的基础上把这些需求归类为商品交易需求、金融交易需求、战略利益需求及经济利益需求等不同层次。其中,将商品交易需求和金融交易需求视为满足一国日常需要的外汇储备需求,它是一种“刚性”需求,并将其视为维护一国金融安全的外汇储备需求,所以把这部分储备称为金融安全储备。同理,将战略利益需求和经济利益需求都视为“投资性”需求,并将其视为实现一国国家利益的外汇储备需求,所以把这部分储备称为国家利益储备。可用图 1 更清楚直观地表示外汇储备各需求层次之间的关系。

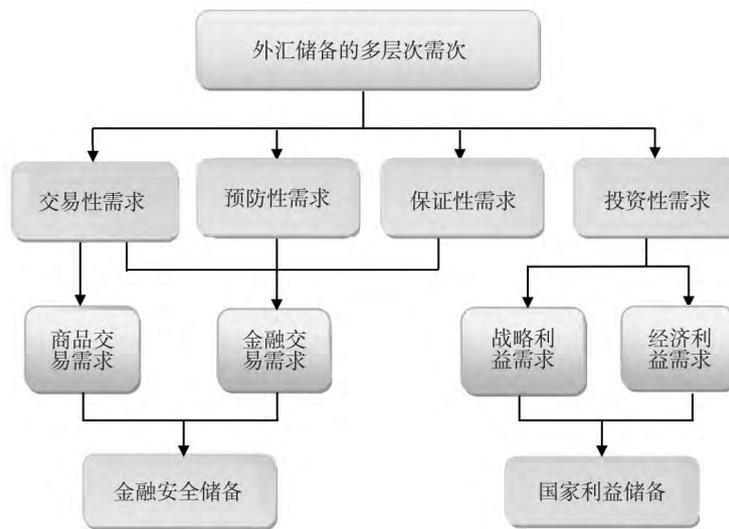


图 1 外汇储备的多层次需求

Fig. 1 The multi-level demand of foreign exchange reserves

在此，金融安全需求是指满足商品交易需求和金融交易需求的外汇储备总和，具体包括满足交易性需求、预防性需求和保证性需求的外汇储备。本文认为如果一国外汇储备能满足该国的国际商品交易和国际金融交易的用汇需求，那么发生金融危机的可能性很小，该国金融安全基本是有保证的。而国家利益需求是指满足金融安全需求后的外汇储备需求，包括实现国家战略利益和国家经济利益的外汇储备投资需求，具体包括战略性投资和收益性投资需求两部分。

同时，随着外汇储备功能的演变，外汇储备在维护一国金融安全和国家利益的作用已经被越来越多的国家所认识，金融安全和国家利益的内涵也进一步延伸。可将其界定为狭义的金融安全和广义的金融安全。其中，狭义的金融安全是指外汇储备主要用于满足一国的预防性需求和保证性需求，并不包括商品交易需求，而广义的金融安全指的是外汇储备同时满足商品交易需求和金融交易需求。同时，狭义的国家利益是指将外汇储备用于满足投资性需求时，只满足一国的经济利益需求，比如投资国际金融市场、房地产市场和进行另类投资以获得经济收益。而广义的国家利益是指外汇储备除了实现一国的经济利益外，还应充分发挥其国家金融资产的优势，实现国家的战略利益，比如支持我国企业走出去，对接国家的“一带一路”战略，实现国家长期的战略利益。因此，广义

的国家利益应包括国家战略利益和国家经济利益两部分。接下来的分析都是基于广义的金融安全和广义的国家利益展开。

综上所述，本文把外汇储备划分为金融安全储备和国家利益储备，其中，金融安全储备主要由中央银行进行运作和管理，而国家利益储备又可以划分为战略利益和经济利益储备两类，并可根据各类储备的管理目标成立各种主权财富基金（如丝路基金、储蓄基金、战略发展基金等）进行相应的投资管理。本文重点研究的内容是在外汇储备多层次需求分析的基础上，尝试性地引入安全第一准则理论，构建基于安全第一的外汇储备最优配置模型。根据维护金融安全需求的储备中各部分储备的实际需求，反向测算出我国金融安全储备和国家利益储备的比例，并初步提出国家利益储备的投资管理方向。

### 2.3 外汇储备的功能演变

外汇储备的功能演变主要分为几个阶段，1960年代初，国际经济交往主要以进出口贸易为主，外汇储备的功能相对单一，主要用于满足进口的需求。1960年代后半期，由于国际经济交往的日益频繁，影响外汇储备的因素也越来越多，其功能也由单一功能向多功能演变。20世纪60年代以后，外汇储备强调持有国的成本和收益，其功能主要表现在调节国际收支，增强一国调节国际收支逆差的能力上。1980年代后，外汇储备功能主

要用于吸收和减弱一国对外交易中产生的波动，从而一国外汇储备的功能主要是应对该国外汇收支的波动。进入 20 世纪 90 年代，金融危机、债务危机及货币危机的频发引起了世界各国的广泛重视，一国持有外汇储备的动机正在从原来的主要出于对外交易动机转变为预防性审慎动机。外汇储备的功能也主要是用于应对金融危机、债务危机及货币危机。因此，对外汇储备的管理也提出了更高的要求。

### 3 理论模型

#### 3.1 模型设计

目前理论界关于外汇储备结构优化研究主要采用资产组合理论 MV 模型，在考虑中央银行特殊需要的各种约束条件下，以组合方差最小和预期收入最大作为组合目标来计算最优的外汇储备构成。但 MV 模型侧重收益 - 风险和均值 - 方差分析，没有充分考虑外汇储备的安全性和流动性因素。安全性应该是最重要的考虑因素，预期收益的大小考虑的是投资者的心理满足程度，而在外汇储备这一特殊资产管理方面，管理者首要关注的应该是如何使储备水平低于警戒值的概率最小，其次才考虑收益。Bassat 和 Gottlieb<sup>[33]</sup> 中的模型考虑了一国耗尽外汇储备，发生主权违约会导致的经济混乱和失败后果。应用于外汇储备管理中，管理当局最希望的是避免可能的经济混乱和失败，可以想象其直接和显性的社会成本是巨大的，更不必说由此造成的长远和隐性的负面影响，是没办法对后果进行准确估计的。因此将安全第一准则应用于外汇储备管理中，可以让管理当局从可能的经济损失计算中解脱出来，集中于如何避免灾难状况发生。为此，本文在外汇储备多层次需求分析的基础上，尝试性的将安全第一准则投资理论引入到外汇储备管理中，构建基于安全第一的外汇储备最优化配置模型。

根据 Roy<sup>[24]</sup> 首次提出的概念，安全第一准则可表达为

$$\min Pr(W_1 < C) \tag{1}$$

其中  $W_1$  为考察期终端财富或回报水平， $C$  为灾难性水平。其后，Kataoka<sup>[34]</sup> 推导出安全第一准则的

另一个表达式，在数学上应表达为

$$\begin{aligned} &\max C \\ &s. t. Pr(W_1 < C) \leq \alpha \end{aligned} \tag{2}$$

其中  $\alpha$  取决于投资者对灾难发生概率的承受度。Telser<sup>[35]</sup> 基于无风险资产的存在可能消除最小化灾难发生概率的假设，提出了结合最大化预期收益的安全第一准则概念，即

$$\begin{aligned} &\max \mu \\ &s. t. Pr(W_1 < C) \leq \alpha \end{aligned} \tag{3}$$

安全第一准则的上述三种表达方式并无本质上的不同，他们的出发点都是将保证灾难性状况发生的概率尽可能小作为前提，只是每种表达方式对于灾难发生概率的容忍度不一。第一种方式可称为最小化  $\alpha$  安全第一准则，其致力于最小化灾难性状况的发生，是安全第一准则最直观也是最严格的表现形式。在无风险资产存在的情况下，有可能出现这样一种结果：将组合全部配置为无风险资产的回报大于灾难性水平时，该安全第一准则表达形式显示组合最优配置是 100% 的无风险资产。该表达形式的优点是能严格保证“安全性”缺点是当上述情况出现时，最小化  $\alpha$  并不能使组合实现最优化。而以中国目前庞大的外汇储备规模来看，可以相信，若将其全部配置成无风险资产，其收益也会大于外汇储备需要。但这并不意味着就应该任由外汇储备坐享其成，忽视其巨大的增值潜力。第二种方式可称为最大化  $C$  安全第一准则，相对于最小化  $\alpha$  准则给定  $C$  最小化灾难发生概率，这种表达方式给定灾难发生一定的容忍度，在给定风险承受水平下（例如 1% 的发生概率限制下）最大化灾难性回报水平。该表达方式的进步之处在于对灾难发生概率这一条件限制的适当放松，使其能将安全性与其他目标结合起来。第三种表达方式可称为最大化  $\mu$  安全第一准则，其给定  $C$  和  $\alpha$ ，在保证灾难发生概率小于容忍度  $\alpha$  的条件下，最大化预期收益。该表达方式兼顾安全性与收益性，是本文理想的安全第一准则表达模型。存在的问题是，当  $C$  和  $\alpha$  给定时，可能不存在组合配置能使灾难发生概率小于容忍度  $\alpha$ ，这个问题是前两种表达方式中不存在的。基于中国外汇储备规模巨大，应该足以避免这一问题，因此本文选择第三种表达式作为安全第一准则的表现

形式.

### 3.1.1 灾难性水平 $C$ 的定义

外汇储备的需求具有多层次性,最基本的层次是满足进出口贸易支付、短期外债偿付和资本流动需要.此外还必须维持足够的规模来保证国家金融安全、在当前汇率制度下维护汇率相对稳定、偿付长期外债、充当经济实力信号等功能.根据模型的定义, $C$ 应该是满足这些基本功能的外汇储备水平.他直接受到进出口规模、外债规模、汇率制度、经济发展水平和金融稳定性等因素的影响.一旦外汇储备规模小于 $C$ 就不能满足基本需求,将导致外汇市场的动荡,进而危及国内经济和金融稳定.而这正是要极力避免的状况.安全性始终是外汇储备管理的第一原则,因此在谋求外汇储备增值的同时,灾难性水平 $C$ 的限制约束至关重要. $C$ 按意义来说应为充分性水平,当外汇储备水平不够充分时,首先是无法满足保证性需求,降低对国家金融稳定的信心;储备水平更低会无法满足预防性需求,从而在实质上增加发生金融和经济危机的风险;当低于金融安全储备水平时,则会造成外汇体系的运转问题,出现偿付性危机,对一国的国际信誉造成严重打击.灾难性水平无法精确估计,但可以根据过往研究来估算其大概范围.本文选用 Jeanne 和 Ranciere 中的充分性标准,即当储备水平为 GDP 的 8%~9% 时,外汇储备规模是充分的.

### 3.1.2 置信水平 $\alpha$ 的选择

$\alpha$  的大小是相对的,但一般而言这个概率应该是个极小值.为了达到避免灾难性状况的目的,小于 5% 在统计学意义上来说才足够小.后文将会分析,当  $\alpha$  变化时,即对灾难性状况发生概率的容忍度变化时,可能会造成最优配置的变化及对外汇储备整体收益和风险的影响.

## 3.2 模型推导

$X_{ij}$  为分配在第  $i$  种货币计值的  $j$  类资产上的外汇储备资金,  $x_{ij}$  为该资产上配置的资金比重,  $x_{ij} = X_{ij} / \sum_{j=1}^m X_{ij}$ ,  $i=0, \dots, n$  表示各货币种类,其中设定 0 代表美元计值资产,  $j=0, 1, \dots, m$ , 表示各资产种类,其中设定 0 代表国债及类似风险和收益的低风险资产.其他为相对高风险高收

益资产.  $r_{ij}$  为各资产收益率,假设其近似服从均值是  $R_{ij}$ , 方差是  $\sigma_{ij}^2$  的正态分布(本文因模型推导的复杂性和目标模型模拟求解上存在困难,所以假设各资产收益率近似的服从正态分布).收益率期望列向量记为  $R$ , 协方差矩阵记为  $\Omega$ .

假设外汇当局决定最优配置比重时采取阶段决策:根据安全第一准则下的效用最大化原则,外汇管理当局决定外汇储备中划分为金融安全储备的比重,将金融安全储备之外的部分托管给主权财富基金等市场化机构进行管理.托管基金在给定外汇储备托管规模下谋求最大化收益.安全第一准则要求总的外汇储备小于给定  $C$  的概率小于置信水平  $\alpha$ ,同时金融安全储备规模也有底线约束,保证外汇支付系统的流动性.即

$$\begin{aligned} \max U &= E(W_1) = E(W_{1s} + W_{1r} + \Delta W) \\ &= E(W_{0s}(1+r_s) + W_{0r}(1+r_p) + \Delta W) \\ &= E(W_0(1+r_w) + \Delta W) \end{aligned} \quad (4)$$

s. t.

$$Pr(W_1 < C) \leq \alpha \quad (5)$$

$$W_{0s} \geq C_s \quad (6)$$

其中  $W_{0s} = sW_0$ ,  $W_{0r} = (1-s)W_0$ , 则  $r_w = sr_s + (1-s)r_p$ .

3.2.1 在给定外汇储备管理规模  $W_{0r}$  的前提下,托管基金根据以下原则选择有效边界

$$\begin{aligned} \max E(W_{1r}) &= E(W_{0r}(1+r_p)) \\ &= \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}(1+r_{ij}) \\ &= W_{0r}(1 + \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}(1+r_{ij})) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\min var(w_{1r})$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} = W_{0r} \quad (8)$$

在第一阶段  $W_{0r}$  为既定值,该最大化问题相当于

$$\max \mu = E(r_p) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}r_{ij} \quad (9)$$

$$\min \sigma^2 = var(r_p) \quad (10)$$

s. t.

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (11)$$

即马科维茨的均值-方差组合模型求解,据此求

得有效边界

$$\mu = \sqrt{d \times \sigma^2 - d/c} + a/c \quad (12)$$

其中  $a, b, c, d$  均为常量:  $a = I^T \Omega^{-1} R, b = R^T \Omega^{-1} R, c = I^T \Omega^{-1} I, d = bc - a^2 > 0$  代入原方程得到

$$E(W_{1r}) = W_{0r} \times (1 + a/c) + \sqrt{d \times \sigma^2 (W_{1r}) - W_{0r}^2 \times d/c} \quad (13)$$

### 3.2.2 根据进口和支付外债稳定货币比重配置金融安全储备 $W_{0s}$

$$W_{0s} = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n X_{ij} \quad (14)$$

因为金融安全储备  $W_{0s}$  主要为满足进出口外汇支付和短期外债偿付需要,需保持高度的流动性,因此该部分储备主要以货币性存款等货币类资产形式存在,在本模型中假设  $j=0$  为该资产类别.金融安全储备中各国货币比重按进出口贸易比重及外债货币比重进行配置.目前,对于美元、欧元、日元和英镑这四种国际自由兑换货币,我国与英国的进出口贸易往来额度较小,因此主要考虑美元、欧元和日元三种货币资产.

根据国际金融市场近年的实际情况及动向,可初步假定我国的金融安全储备面临的汇率风险较小.由于美联储已经结束量化宽松政策并开启了加息周期,基于政策转向和市场预期,美元逐渐走强.而我国持有的金融安全储备被定义为货币性外汇资产,其中美元资产占比较高.由于货币类资产的风险主要为汇率风险,在考察期内随着美元贬值趋势的扭转,我国外汇储备尤其是金融安全储备部分面临的汇率风险会进一步降低.同时,考虑到金融安全储备中的资产均为短期流动性资产,不断被消耗和补充.虽然汇率更新频繁,但中央银行可以通过掉期等协议规避汇率风险,因此,可以合理假设构成金融安全储备的货币类资产为无风险或低风险资产,则  $r_s$  可视为常量.

### 3.2.3 根据效用最大化和安全第一准则选择合适的金融安全储备和国家利益储备比重,该最大化问题可转化为

$$\max E(r_w) = s \times r_s + (1 - s) \times E(r_p) \quad (15)$$

s. t.

$$Pr(W_1 < C) \leq \alpha \quad (16)$$

$$s \geq C_s/W_0 \quad (17)$$

接下来需要求解最优  $s$  和有效边界上的最优.

## 3.3 模型拓展

### 3.3.1 拓展至多期的基本模型

借鉴王秀国和周荣喜<sup>[30]</sup>的模型,假设市场上存在  $n+1$  种资产,所有资产都可在投资期  $[0, T]$  内连续交易,其中无风险资产为 0,其余为风险资产,他们的价格变动过程分别服从微分方程

$$dp_0(t) = p_0(t) r(t) dt, p_0(0) = p_0 \quad (18)$$

$$dp_i(t) = p_i(t) [b_i(t) dt + \sum_{j=1}^n \sigma_{ij}(t) dB_j(t)], p_i(0) = p_i, i = 1, \dots, n \quad (19)$$

其中  $r(t) > 0$  为无风险资产的收益率,  $b_i(t) > r(t)$  为资产  $i$  的瞬时期望收益率(漂移项),  $\sigma_{ij}(t)$  为资产  $i$  的瞬时标准差(扩散项).  $B_i = (B_1(t), \dots, B_n(t))^T$  为定义在概率空间  $(\Omega, F, P)$  上的  $n$  维标准布朗运动.假定  $t \in [0, T], \sigma_i = (\sigma_{ij}(t))_{n \times n}$  可逆,从而市场是完全的.令

$$r_t = r(t), b_t = (b_1(t), \dots, b_n(t))^T, e = (1, \dots, 1)^T \quad (20)$$

仍假定投资者的初始财富为  $W_0$ , 设  $x_t = (x_1(t), \dots, x_n(t))^T$  为时刻  $t$  投资于风险资产的比例,则投资于无风险或低风险资产的比例为  $p - x_t^T e$ . 如果对任意  $t \in [0, T]$ , 则财富过程  $W_t$  满足

$$dW_t = W_t \{ (x_t^T (b_t - r_t e) + r_t) dt + x_t^T \sigma dB_t \} \quad (21)$$

### 3.3.2 基于安全第一准则的多期动态投资组合模型

针对本文所选择的安全第一准则的第三种表达方式(即最大化  $\mu$  安全第一准则),就是给定  $C$  和  $\alpha$ ,在保证灾难发生概率小于容忍度  $\alpha$  的条件下,最大化预期收益.这一准则也可以进一步表述为:财富  $W_t$  小于给定灾难性水平  $C$  的概率小于  $\alpha$  的情况下,追求期望终端财富最大化,即

$$\max E(w_T) \quad \text{s. t. } Pr(W_T < C) \leq \alpha \quad (22)$$

本文构建的基于安全第一的外汇储备资产最优配置模型就可以拓展为安全第一准则下的多期动态投资组合模型.记

$$\begin{aligned} \xi_t &= x_t^T (b_t - r_t e) + r_t \delta_t = x_t^T \sigma_t \\ k &= \ln \frac{C}{W_0} - \int_0^T r_t d_t \end{aligned} \quad (23)$$

令  $Y_t = \ln W_t$ , 则易证

$$Y_T \sim N(m, s^2)$$

其中  $m = Y_0 + (\xi_t - \frac{1}{2} \|\delta_t\|^2) d_t$ ,  $s = \sqrt{\int_0^T \|\delta_t\|^2 d_t}$ ,  $Y_0 = \ln W_0$ ,  $\Phi(\cdot)$  为标准正态分布函数.

假定  $C$  满足: 如果  $\|\theta\|_T > C_a$ ,  $(\|\theta\|_T + C_a)^2 - 2k \geq 0$ ; 如果  $\|\theta\|_T \leq C_a$ ,  $k \leq 0$ . 则对于期望终端财富最大化目标模型的最优解为

$$x_t^* = \frac{\varepsilon^*}{\|\theta\|_T} (\sigma_t \sigma_t^T)^{-1} (b_t - r_t e) \in A \quad (24)$$

其中

$\varepsilon^* = \|\theta\|_T + C_a + \sqrt{(\|\theta\|_T + C_a)^2 - 2k}$ ,  $C_a$  为标准正态分布的  $\alpha$ -分位数, 而相应的最优期望相对终端财富 (即安全第一准则下的多期动态投资组合模型) 为

$$E(W_T) = W_0 \exp(\varepsilon^* \|\theta\|_T + \int_0^T r_t d_t) \quad (25)$$

相应的  $P(W_T \leq C) = \alpha$ .

以上多期动态投资组合模型求解过程如下:

由于  $E(W_T) = \exp(\int_0^T \xi_t d_t)$ , 所以求解期望终端财富最大化目标模型转化为求解

$$\begin{aligned} \max_{x \in A} & \left( \int_0^T \xi_t d_t \right) \\ \text{s. t.} & \int_0^T \left( \xi_t - \frac{1}{2} \|\delta_t\|^2 \right) d_t + \\ & C_a \sqrt{\int_0^T \|\delta_t\|^2 d_t} - \ln C + Y_0 \geq 0 \end{aligned} \quad (26)$$

即求解

$$\max_{\varepsilon \geq 0} \max_{x \in A_\varepsilon} \int_0^T x_t^T (b_t - r_t e) d_t + \int_0^T r_t d_t \quad (27)$$

s. t.

$$\int_0^T x_t^T (b_t - r_t e) d_t - \frac{1}{2} \varepsilon^2 + C_a \varepsilon - k \geq 0 \quad (28)$$

也可转化为求解

$$\max_{\varepsilon \geq 0} \varepsilon \|\theta\|_T + \int_0^T r_t d_t \quad (29)$$

s. t.

$$-\frac{1}{2} \varepsilon^2 + (\|\theta\|_T + C_a) \varepsilon - k \geq 0 \quad (30)$$

其最优解为

$$\varepsilon^* = \|\theta\|_T + C_a + \sqrt{(\|\theta\|_T + C_a)^2 - 2k} \quad (31)$$

最优值为

$$\varepsilon^* \|\theta\|_T + \int_0^T r_t d_t \quad (32)$$

且  $\varepsilon^*$  使得约束条件  $P(W_T \leq C) = \alpha$  等号成立. 如果将  $\varepsilon^*$  的值代入式 (25) 中, 则得到最优期望相对终端财富为

$$E(W_T) = W_0 \exp(C_a \|\theta\|_T + \|\theta\|_T \varepsilon^* + \int_0^T r_t d_t + \|\theta\|_T \sqrt{(\|\theta\|_T + C_a)^2 - 2k}) \quad (33)$$

根据以上模型求解结果可知, 对于同一灾难性水平  $C$ , 给定的  $\alpha$  越大, 即风险越大,  $C_a$  越大, 对应的  $\varepsilon^*$  越大, 从而投资于风险资产的比例越大, 最优期望终端财富  $E(W_T)$  也越大. 对于同一风险水平  $\alpha$ , 给定灾难性水平  $C$  越大, 对应的  $\varepsilon^*$  越小, 从而投资于风险资产的比例越小, 最优期望终端财富  $E(W_T)$  也越小.

只有当给定的灾难性水平  $C$  满足条件,  $\|\theta\|_T > C_a$ ,  $(\|\theta\|_T + C_a)^2 - 2k \geq 0$ ,  $\|\theta\|_T \leq C_a$ ,  $k \leq 0$ , 则安全第一准则下的期望终端财富最大化目标模型才存在最优解.

### 3.4 最优化模型求解

将构成金融安全储备的货币类资产看成是无风险或低风险资产, 则  $r_s$  可视为常量. 货币类资产的风险主要为汇率风险, 但考虑到金融安全储备中的资产均为短期流动性资产, 且在考察期内不断被消耗和补充, 汇率更新频繁, 且中央银行可以通过掉期等协议固定汇率, 消除汇率风险, 由此可以合理假设金融安全储备中的货币类资产为无风险或低风险资产, 则  $r_w \sim N(s \times r_s + (1-s) \times E(r_p), (1-s)^2 \text{var}(r_p))$ .

如图 2 所示, 出发于纵轴上  $(0, r_s)$  点与第一步求解出的有效边界相切的直线构成新的有效区域的左边界; 该点与有效边界的最大均值点连接的直线构成右边界; 由于本模型假设不允许卖空, 新的有效区域的上边界由上述切点右段的原有效边界构成,  $\sigma(r_w) = (1-s) \times \sigma(r_p)$ ,  $\Pr(W_1 < C) \leq \alpha$  相当于

$$E(r_w) + F^{-1}(\alpha) \times \sigma(r_w) \geq \frac{C - \Delta W}{W_0} - 1 \quad (34)$$

其中  $F(\cdot)$  为  $r_w$  的概率累积分布函数. 因  $\alpha$  为极小概率, 本文估计  $F^{-1}(\alpha)$  应为负值. 随着对  $\alpha$  的要求增加, 表示对灾难发生可能的容忍程度降低. 其中切线斜率求解如下

$$\mu = \sqrt{d \times \sigma^2 - d/c} + a/c \tag{35}$$

$$\mu = K \times \sigma + r_s \tag{36}$$

求解得出  $K = \sqrt{c \times (r_s - a/c)^2 + d}$ , 切点  $A$  坐标为

$$\left( \frac{\sqrt{c \times (r_s - a/c)^2 + d}}{a - c \times r_s}, \frac{a}{c} + \frac{d}{a - c \times r_s} \right) \tag{37}$$

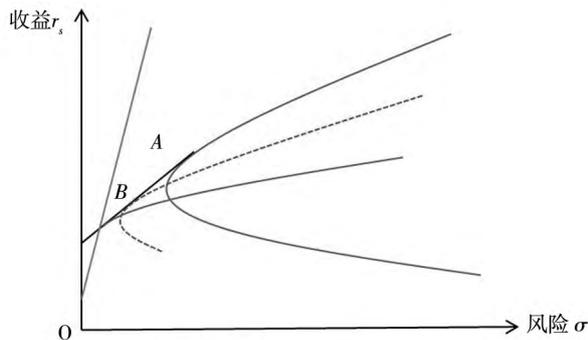


图2 有效边界

Fig. 2 Efficient frontier

假定  $a/c > r_s$ , 即风险资产有效边界的最小方差点收益大于无风险资产收益.

因为  $E(r_p) > r_s$ ,  $E(r_w)$  是  $s$  的减函数, 而  $s$  有  $s \geq C_s/W_0$  这个硬约束, 因此可以推知, 若存在满足安全第一约束的最优解, 该最优解  $s^*$  必定满足  $s^* = C_s/W_0$ . 将其代入能得到最优解集

$$\mu = \sqrt{d \times \sigma^2 - (1 - s^*)^2 \times d/c} + (1 - s^*) \times a/c + s^* \times r_s \tag{38}$$

相对原有效边界, 最优解集表现为上部边界曲线曲度收窄, 且向左下方移动, 直线段距离变短至新切点. 上部边界斜率逐渐减小, 至无穷处达到最小值  $\sqrt{d}$ . 新切点  $B$  的坐标为

$$\left[ (1 - s^*) \times \frac{\sqrt{c \times (r_s - a/c)^2 + d}}{a - c \times r_s}, s^* \times r_s + (1 - s^*) \times \frac{a}{c} + \frac{(1 - s^*) \times d}{a - c \times r_s} \right] \tag{39}$$

因此最优化相当于求解安全第一条件与最优解集的交点

$$\mu = \sqrt{d \times \sigma^2 - (1 - s^*)^2 \times d/c} + (1 - s^*) \times$$

$$a/c + s^* \times r_s = \frac{C - \Delta W}{W_0} - 1 - F^{-1}(\alpha) \times \sigma \tag{40}$$

将  $(1 - s^*) \times a/c + s^* \times r_s$  记为  $H$ ,  $\frac{C - \Delta W}{W_0} - 1$  记

为  $J$ . 在图上表示,  $H$  即为最优解集线上的最小方差点的纵坐标,  $J$  为安全第一约束线的纵截距. 得到二次方程式

$$(d - F^{-1}(\alpha)^2) \times \sigma^2 + 2 \times (J - H) \times F^{-1}(\alpha) \times \sigma - (1 - s^*)^2 \times d/c - (J - H)^2 = 0 \tag{41}$$

$$\Delta = (J - H)^2 + (d - F^{-1}(\alpha)^2) \times (1 - s^*)^2 / c \tag{42}$$

### 3.5 分类讨论求解

在图 2 中, 安全第一约束线与切线  $\mu = \sqrt{c \times (r_s - a/c)^2 + d} + d \times \sigma + r_s$  存在交点, 其横坐标为

$$\frac{J - r_s}{\sqrt{c \times (r_s - a/c)^2 + d} + F^{-1}(\alpha)} \tag{43}$$

$$J = r_s \tag{44}$$

安全第一约束线的斜率为  $-F^{-1}(\alpha)$ . 分别对  $-F^{-1}(\alpha) > k$ ,  $-F^{-1}(\alpha) = k$  和  $-F^{-1}(\alpha) < k$  三种情况进行分类求解. ②

若  $-F^{-1}(\alpha) \leq \sqrt{d}$ , 由图 2 可见, 新有效集上的点右端都在安全第一约束线的上方, 最优点理论上应为其中最大值.

$$J \geq H \tag{45}$$

若  $-F^{-1}(\alpha) \geq \sqrt{d}$ , 则安全第一约束线与曲线段没有交点, 说明新的有效集中没有满足安全第一约束的配置, 外汇储备规模严重低于需求.

若  $-F^{-1}(\alpha) < \sqrt{d}$ , 则由图 2 可见, 新有效集上的点右端在安全第一约束线的上方, 最优点理论上应为其中最大值.

综合上述讨论结果, 可以得到以下结论:

当  $-F^{-1}(\alpha) \leq \sqrt{d}$  时, 所有情况中, 除  $J \geq H$  时, 新有效集曲线段的右端在安全第一约束线的上方, 这表示极端风险配置反而是安全的. 而这在实际中是几乎不可能出现的结果, 因此在本文中不对此进行讨论.

最优解的分析结果随着  $J$  的变化而不同.

② 限于篇幅, 分类求解的详细过程省略.

$J = \frac{C - \Delta W}{W_0} - 1$ . 在  $W_0$  给定的情况下, 随着  $C$  的增加、 $\Delta W$  的降低,  $J$  上升, 安全第一约束线向上移动.

### 3.6 最优解影响因素分析

#### 3.6.1 灾难容忍度 $\alpha$

对  $\alpha$  的选择体现了管理当局对于风险的容忍度, 其直接影响的是安全第一约束线的斜率. 风险容忍度越低,  $\alpha$  越高, 从而  $-F^{-1}(\alpha)$  越大, 安全第一约束线就越陡峭.

考虑  $J$  与  $H$  和  $r_s$  之间的相对大小关系, 最优解在相应范围内随着安全第一约束线斜率的变化而不同. 当  $J = r_s$  时,  $-F^{-1}(\alpha)$  从  $\sqrt{d}$  逐渐增大, 会导致最优解中托管基金的配置逐渐从高风险向低风险移动; 当  $-F^{-1}(\alpha)$  增加至高于  $\sqrt{c \times (r_s - a/c)^2 + d}$  后, 安全第一准则要求将所有外汇储备以无风险资产持有, 即分配给托管基金进行风险投资的比重为 0.

当  $J < r_s$  时,  $-F^{-1}(\alpha)$  从  $\sqrt{d}$  逐渐增大, 同样会导致最优解中托管基金的配置逐渐从高风险向低风险移动; 当  $-F^{-1}(\alpha)$  增加至高于  $K_d$  后, 托管基金的配置构成不再变化, 即所谓的市场组合. 而斜率再增加会导致最优配置中减少分配给托管基金的资金比重, 将更多资产配置成无风险资产.

当  $r_s < J < H$  时,  $-F^{-1}(\alpha)$  从  $\sqrt{d}$  逐渐增大, 也会导致最优解中托管基金的配置逐渐从高风险向低风险移动; 当  $-F^{-1}(\alpha)$  增加至  $\sqrt{\frac{c \times (J - H)^2}{(1 - s^*)^2} + d}$  后, 会出现无最优解的情况, 即当前所有可能配置都不能满足安全第一的要求.

当  $J \geq H$  时,  $-F^{-1}(\alpha)$  大于  $\sqrt{d}$ , 也是无最优解.

#### 3.6.2 安全储备 $C_s$

其中主要组成部分为满足预防性需求、短期到期外债偿付、FDI 利润回流等需求, 以保证支付的高流动性. 这部分储备在考察期内会作为资金逐渐被支付出去, 波动不算大, 受季节性影响, 基本趋势可以预测. 同时在对前一部分最保守测算的基础之上, 在金融安全储备中还增加一部分预防性资产作为安全垫付. 一是出于预防性动机, 缓

冲一部分  $\Delta W$  和进口支付等基本需求的预期外冲击; 二是可以避免考察期内, 由于前一部分和  $\Delta W$  资金流入之间流动性匹配和规模差距之间导致的, 由盈余储备被迫向金融安全储备资产类转化而产生的过大转换成本. 后一部分金融安全储备应与  $\Delta W$  的波动方差成正比. 随着国际资本流动的复杂化和中国对外贸易形势的结构性调整, 相对于以往, 应适时增加该部分金融安全储备的比重, 以达到缓冲的效果.

#### 3.6.3 外汇储备增量 $\Delta W$

主要表现在贸易顺差缩小或逆转, 资本流入骤停的发生对最优结果的影响. 基本模型中设定为外生变量, 取决于国家的宏观经济政策, 且基本上保持总量的稳定和货币比重的稳定. 资本流入骤停的发生可能导致资本项目净流入额大幅逆转, 从而使  $W_1$  小于灾难水平  $C$  的概率增大. 在此基础上可以改善  $C$  的定义, 将其包含资本流入骤停可能发生的规模和概率.  $C$  本身和经常项目的波动性成正比关系.

#### 3.6.4 灾难性水平 $C$

和  $\Delta W$  一样, 直接影响安全第一约束线的截距.  $C$  的增加表示对外汇储备需要的提高, 安全第一约束线整体上移, 反映到结果上, 则从图 2 中可以看到, 最优配置会从高风险向相对低风险配置.

#### 3.6.5 外汇储备总规模 $W_0$

安全第一模型与经典二次型效用函数  $U = E(r_w) - A \times \sigma^2(r_w)$  最优化的区别在于前者更为直观, 避免了抽象的风险厌恶指标判定, 能更准确地分析各因素变动对最优解的影响. 此外当总规模变大,  $C_s$ 、 $C$  相对不变时, 安全第一模型相对配置更多比重的风险资产, 而二次型效用忽略了该总量影响.

## 4 数值模拟

因为我国的外汇储备币种结构中, 美元资产占据绝对大份额, 外汇储备深受美国市场波动影响. 对适当减持美元资产, 分散币种配置的理论和数据检验均有丰富的研究文献探讨, 因此本文的数值模拟部分主要聚焦于探讨投资工具结构的变化, 且以持有最大份额的美元资产为例. 但考虑到

金融危机对美元资产收益率的影响颇大,为了更全面和准确的刻画金融危机的影响,本文选取2006年至2015年的10年数据,其中包括了2008年金融危机对各类资产收益率的影响情况.这样使数值模拟更接近现实,也更能说明外汇储备对维护金融安全的重要性.目标模型如下

$$\max E(r_w) = s \times r_s + (1 - s) \times E(r_p) \quad (46)$$

s. t.

$$Pr(W_1 < C) \leq \alpha \quad (47)$$

$$s \geq C_s / W_0, S \geq C_s / W_0 \quad (48)$$

#### 4.1 托管基金的有效边界模拟

首先对托管基金的有效边界进行数值模拟.中国持有的美元储备资产类别主要包括国债、机

构债、公司债和股票等四种类型.图3为2005年12月31日~2015年12月31日,10年的美元标的资产名义收益率变化情况,其中短期国债采用三个月国债收益率,长期国债采用10年期国债收益率作为代表,企业债采用Aaa公司债收益率,而机构债由于数据来源的限制,本文根据王永中<sup>[36]</sup>的数据处理方法,用美国20年期地方政府债券利率来代替.此外,由于地方政府债券是利息收入免税的,在10%的利息税条件假设下,将20年期地方政府债券利率上调10%成为含税利率.股票收益率采用道琼斯工业指数计算而得.债券数据均为日收益率数据,来源于Wind数据库.他们的变化趋势如图3所示.



图3 标的资产收益率变化情况

Fig.3 Object of return on assets

使用 Matlab 可以得到托管基金的有效边界,如图4所示.

#### 4.2 总模型参数设定和数据处理

对总模型的各项参数选取代表变量并进行数据处理,数据均来源于 Wind 数据库和中国人民银行.

金融安全储备  $C_s$ . 根据本文定义该变量为满足包括商品贸易需求、预防性需求和外债偿付需求等商品交易和金融交易的外汇储备需求.而由于当前交易性需求中最主要的成分是进口支付需求,因而代表变量选用我国三个月进口额.具体数据选取2006年~2015年的月度进口额数据,求

其算术平均值,并乘以3.

金融安全储备收益率  $r_s$ , 根据本文定义,其应为各储备货币按进口比重进行配置的相应无风险收益率.进口比重计算方法在理论模型中已有描述.各币种无风险收益率均采用三个月国债收益率代替,具体数据分别采用2006年~2015年的日均年化收益率,求其均值,并按进口比重进行加权,得到总的收益率.

外汇储备总规模  $W_0$ . 该变量直接采用中国人民银行公布的外汇储备总规模数据,其中不包括黄金储备.该数据为2006年~2015年12月底的时点数据平均值.

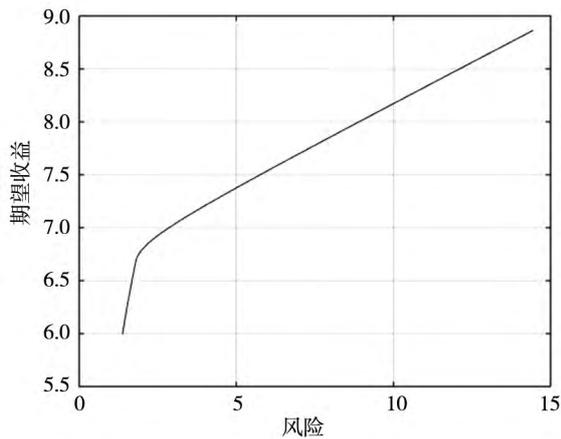


图 4 托管基金有效边界

Fig. 4 Trust fund efficient frontier

灾难性水平  $C$ , 该变量的选取涉及到整体下行风险的把握, 非常关键. 本文定义该水平为满足交易性、预防性和保证性需求的外汇储备水平. 交易性需求可根据进口额和外债确定, 预防性需求

则可表示为与  $\Delta W$  的波动相关. 三种需求中, 只有保证性需求最难量化, 也无法根据各自需求进行加总. 因此, 本文从整体法出发, 根据文献综述中的最优化规则选用 GDP 的 9% 作为近似替代. 该数据为 2006 年 ~ 2015 年第四季度末的时点数据平均值.

灾难容忍度  $\alpha$ , 该变量从 0 到 5% 变化, 体现对下行风险的忍受能力, 因为外汇储备关系宏观经济稳定, 因此对风险容忍度的限制比一般显著性检验中要求的要更高.

外汇储备增量  $\Delta W$ , 根据定义该变量应为经常项目和资本金融项目的差额之和, 当前我国这两项常呈现双顺差的局面. 数据选用经常和资本项目季度平均差额, 因为这项指标波动性较大, 因此本文选择 2006 年到 2015 年的所有季度数据, 求其均值.

以上各项指标参数可综合如表 2 所示.

表 2 各项参数计算表

Table 2 Parameters computation sheet

参数名称	参数代码	计算依据	计算结果
金融安全储备	$C_s$	根据定义选用三个月进口额	3 608.29 亿美元, $S^* = 12.95\%$
外汇储备总规模	$W_0$	2006 年 ~ 2015 年 12 月底的时点数据平均值	27 274.55 亿美元
外汇储备增量	$\Delta W$	经常和资本项目季度平均差额	945.93 亿美元
灾难性水平	$C$	根据最优化规则选用 9% GDP 作为近似替代	6 276.677 9 亿美元 (用即期汇率折算)
灾难容忍度	$\alpha$	灾难容忍度的限制较为严格, 设定为从 0 到 5% 变化	0 ~ 5%
储备收益率	$r_s$	根据进口篮子货币比重计算: 选取美元、欧元、日元三种货币, 因欧元、日元所用范围有限, 因此进口篮子比重设定为 80.32%, 11.4%, 8.28%. 三种货币在过去 12 个月的平均无风险收益率分别为 (以 3 个月国债利率计算): 0.05% 0.09% 0.06%	收益率为 0.054 5%
截距	$J$	安全第一约束线的截距	-0.80

### 4.3 模拟结果分析

根据正态分布的一些基本数据特征: 正态分布函数曲线下 68.26% 的面积在均值左右一个标准差范围内, 则左侧风险为 15.8%. 95.45% 的面积在均值左右两个标准差的范围内, 则左侧风险为 2.27%. 99.73% 的面积在均值左右三个标准差的范围内, 则左侧风险为 0.1%, 在统计意义上

已经足够小. 因此可以设定  $F^{(-1)}(\alpha) = E(r_w) - \theta\sigma[r_w]$ .  $\theta = \theta(\alpha)$  随着对  $\alpha$  的要求增加,  $\theta$  在取值范围内增长, 表示对灾难发生可能的容忍程度降低. 由于  $\alpha$  最高达到 5%, 查阅标准正态分布表可得,  $\theta$  对应最小值约为 1.65, 所以  $\theta \in [1.65, 3]$  对应不同  $\theta$  值的金融安全约束下的有效边界如图 5 所示.

因此安全第一约束线可以表示为

$$\mu \geq \frac{\theta\alpha^2 + J}{1 + \theta} \quad (49)$$

从图 5 的显示结果可看到 随着  $\theta$  的增加,最优解向无风险方向移动. 当  $\theta = 1.65$  时  $\alpha = 5\%$ . 可以根据图示估计最优配置的收益率近似为 7.5% 将其代入 Matlab 条件限制中,可以得到资产组合的近似最优配置权重,进一步计算整理得

到金融安全储备的比例为 64.5%,主要用于满足商品交易和金融交易,从而维护我国的金融安全;国家利益储备的比例为 35.5%,主要用于支持国家发展战略和实现国家经济利益,这部分可通过建立多层次的主权财富基金来实现. 因为主要是对结构配置改善方向进行分析,这部分对最优配置结果采用近似估计的方法,精确的求解可参考上一部分的理论模型求解.

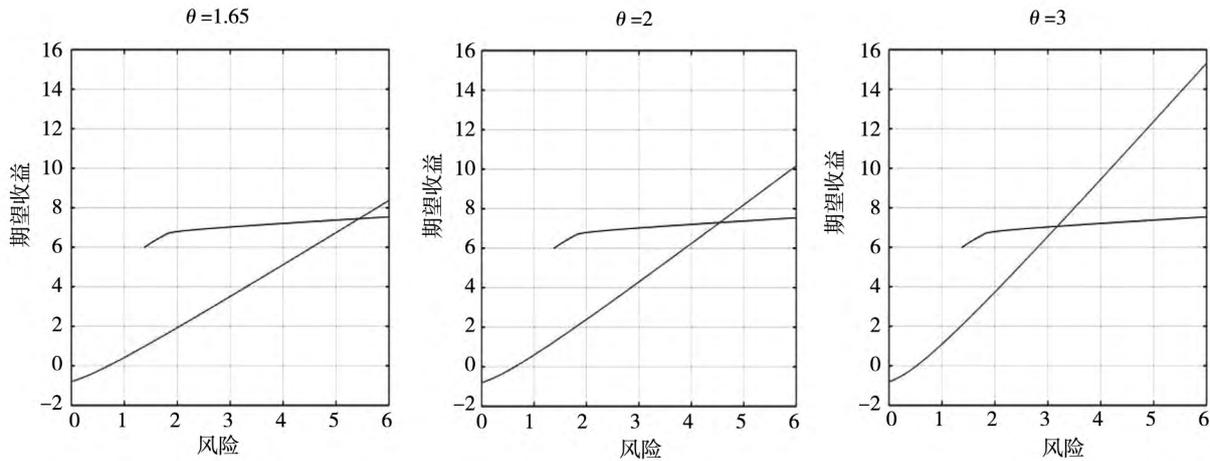


图 5 金融安全约束下的有效边界

Fig. 5 Efficient frontier under financial security constraints

对于预防性、保证性需求以及外生波动大小的不同理解,主要会影响安全第一约束线的截距. 若在上述考虑基础上,增加保证性需求,或对外生波动规模的预测,则  $J$  会增大,具体对收益和风险的影响是最优解向无风险方向移动,如图 6 清楚的显示了安全第一约束线的截距  $J = -0.8$ ,  $J = 1.8$ ,  $J = 3.8$  时的均值方差有效边界.

对模拟结果的进一步分析发现,如果以 2015 年底我国持有 3.3 万亿美元巨额外汇储备计算,在金融危机及人民币贬值预期的背景下,未来将把 65% 左右即 2.1 万亿美元左右的外汇储备用来满足交易性需求,防范金融风险的功能,这充分反映了金融危机影响下外汇储备维护金融安全的特殊作用,也与本文的理论分析相吻合. 而将外汇储备的 35% 左右即约 1.2 万亿美元用于支持企业“走出去”和进行对外直接投资(ODI),实现国家的战略利益,同时将部分超额外汇储备进行基金化和市场化运作,将其投资于全球资本市场,追求财富效用的最大化,从而实现国家的经济利益.

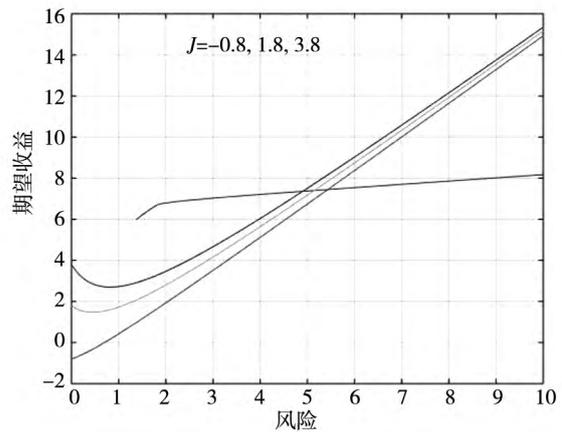


图 6 均值方差有效边界

Fig. 6 Mean-variance efficient frontier

并且,当前我国对外汇储备的管理应重点关注国家利益储备的管理,将国家利益储备进一步划分为国家战略利益储备和国家经济利益储备,并可分别成立主权财富基金进行进一步优化管理. 其中,国家战略储备可用以对接国家战略,如支持国家“一带一路”、支持企业“走出去”、支持人民币

国际化等,以实现国家战略利益最大化。而国家经济利益储备则可投资于高收益的金融产品或另类资产,进行积极的全球投资组合,使投资收益最大化,实现外汇储备保值增值的目标。

## 5 结束语

### 5.1 主要结论

总结全文,可得出以下主要结论:

1) 我国的外汇储备可划分为金融安全储备和国家利益储备。当前中国的外汇储备明显过剩,并面临较高的持有成本,可将外汇储备划分为交易性需求、预防性需求、保证性需求和投资性需求等层次,进而将外汇储备分为金融安全储备和国家利益储备两大部分。前者主要用于满足商品交易和金融交易需求,进而维护国家金融安全;而后者主要用于支持国家发展战略和全球投资,从而实现国家战略利益和经济利益。

2) 理论研究表明,基于安全第一准则的最优化资产配置模型能很好的解释外汇储备在维护国家金融安全中的重要作用。根据外汇储备总规模、金融安全储备要求、灾难性水平和灾难容忍度等参数,可反向测算出金融安全储备和国家利益储备的最优比例,进而测算出外汇储备的金融安全规模和国家利益规模。

3) 最优化配置模型求解及数值模拟结果显示,65%左右的外汇储备配置为无风险或低风险资产,以满足金融安全需求。而35%左右的外汇储备资产可通过成立各种主权财富基金(如成立“丝路基金”、储蓄基金、战略发展基金)等方式来实现国家的战略利益和经济利益。

### 5.2 对策建议

基于上述分析,本文提出当前我国外汇储备优化管理的几点对策建议:

1) 充分发挥外汇储备维护金融安全,支持人民币国际化的特殊作用。

本文认为一国的外汇储备若能同时满足国际商品贸易、国际金融交易(包括维持本币汇率稳定和保证市场信心等外汇需求)需求时,该国一般不会发生对外支付危机和金融市场剧烈波动,也就是说外汇储备充足的国家,发生主权信用危

机的可能性很小,从这个角度可认为该国的金融是安全的。因此,外汇储备在维护金融安全中的特殊作用已经被大多数国家所认识。特别是在国际金融危机频繁发生,传染性越来越强,以及我国加快金融开放,但人民币还不是主要国际储备货币的情况下,这种作用更显得尤为重要,甚至不可替代。为此,在我国加快推进人民币国际化过程中,应充分重视充足的外汇储备能提振国际市场信心和提供主权信用保证,进而支持人民币国际化方面的特殊作用,并最终维护国家的金融安全与稳定。

2) 对接国家战略,实现国家战略利益。

中国经济正处于新一轮的转型发展时期,对外开放进一步深化,“一带一路”等全球发展战略正在实施。外汇储备作为国家金融资产,理应服务于国家重大经济发展战略,具体可根据各项战略实施过程中的实际外汇资金需求及外汇储备战略投资部分的优化管理要求,支持国家“一带一路”战略,支持我国企业“走出去”和对外直接投资(OFDI)等,从而实现国家战略利益目标。所以,在中国经济新常态下,可充分利用金砖国家开发银行(金砖银行)和亚洲基础设施投资银行(亚投行)等国际金融机构,来参与我国的长期性、战略性的外汇储备投资管理,实现国家战略利益。

3) 对经济利益储备投资组合管理,追求国家经济利益最大化。

针对国家利益储备中的经济利益储备部分,应该进行更加积极的全球投资组合管理,追求国家长期经济利益最大化。具体可通过扩大外汇储备的投资范围和优化外汇储备的资产结构。一是可根据该部分资产配置的策略和目标,选择不同国家不同货币的金融资产和非金融资产。二是丰富外汇储备资产类别的同时,优化资产结构权重。将外汇储备配置于股权资产、债权资产,以及房地产、对冲基金等另类资产,形成一个全球资产组合,并由专门的机构代表国家对资产组合进行优化管理,最终实现国家的长期经济利益。

4) 建立健全多层次的经营管理机构,推行外汇储备的基金化管理。

建立合理高效的经营管理机构是外汇储备管理的组织保障。由于我国的外汇储备规模巨大,仅

靠单一的机构管理外汇储备已经显得力不从心,管理效率也难以提高.建议中央银行、外汇管理局、财政部、亚投行、金砖银行、国开行、主权财富基金公司等各部门共同参与我国的外汇储备管理.而且各部门既要建立职责明确的风险承担机制,又要相互制约、相互监督和相互协调,共同进行外汇储备的全面风险管理.因此应对我国外汇

储备的管理机构进行部门设置、职能定位等系统设计,建立健全多层次的经营管理机构.针对不同层次、不同目标的外汇储备资产要在统筹规划的前提下,进行分门别类的经营管理.同时,可针对实现国家经济利益部分的外汇储备,进行基金化管理,由几家基金公司进行市场化运作,以追求收益最大化为主要投资目标.

#### 参 考 文 献:

- [1]Markowitz H M. Portfolio selection[J]. Finance, 1952, 7(1): 77-91.
- [2]Tobin J. The interest-elasticity of transactions demand for cash[J]. The Review of Economics and Statistics, 1956, 38(3): 241-247.
- [3]Heller H R, Knight M. Reserve currency preferences of central banks[J]. Essays in International Finance, 1978, 131(10): 1-23.
- [4]Dooley M, Lizondo J S, Mathieson D. The Currency Composition of Foreign Exchange Reserves[R]. Washington: USA, IMF Staff Papers, 1989, 36(2): 385-434.
- [5]Roger S. The Management of Foreign Exchange Reserve[R]. Basel: Switzerland BIS Economics Papers, 1993, No. 38
- [6]Hatase M, Ohnuk I. Did the structure of trade and foreign debt affect reserve currency composition? Evidence from interwar Japan[J]. European Review of Economic History, 2009, 13(3): 319-347.
- [7]Pietro Cova, Patrizio Pagano, Massimiliano Pisani. Foreign exchange reserve diversification and the “exorbitant privilege”: Global macroeconomic effects[J]. Journal of International Money and Finance, 2016, 67: 82-101.
- [8]盛柳刚,赵洪岩. 外汇储备收益率、币种结构和热钱[J]. 经济学(季刊), 2007, (4): 1255-1276.  
Sheng Liugang, Zhao Hongyan. Yields and currency composition of foreign reserves and hot money in China[J]. China Economic Quarterly, 2007, (4): 1255-1276. (in Chinese)
- [9]张斌,王勋. 中国外汇储备名义收益率与真实收益率变动的影响因素分析[J]. 中国社会科学, 2012, (1): 62-75, 207.  
Zhang Bin, Wang Xun. An analysis of the determinants of the changes in China's foreign exchange reserves' nominal and real rates of return[J]. Social Sciences in China, 2012, (1): 62-75, 207. (in Chinese)
- [10]周光友,赵思洁. 外汇储备币种结构风险测度及优化[J]. 统计研究, 2014, (3): 68-75.  
Zhou Guangyou, Zhao Sijie. Risk measurement of currency composition of foreign exchange reserves and optimization[J]. Statistical Research, 2014, (3): 68-75. (in Chinese)
- [11]宫健,高铁梅,张泽. 汇率波动对我国外汇储备变动的非对称传导效应——基于非线性 LSTARX-GARCH 模型[J]. 金融研究, 2017, (2): 84-100.  
Gong Jian, Gao Tiemei, Zhang Ze. Asymmetric conduction effect of exchange rate fluctuation on China's foreign exchange reserves: Based on nonlinear LSTARX-GARCH model[J]. Journal of Financial Research, 2017, (2): 84-100. (in Chinese)
- [12]Lyons G. State capitalism: The rise of sovereign wealth funds[J]. Journal of Management Research, 2007, 7(3): 119-146.
- [13]Aizenman J, Glick R. Sovereign wealth funds: Stylized facts about their determinants and governance[J]. International Finance, 2009, 12(3): 351-386.
- [14]Knill A, Pril M, Lee Bong-Soo, et al. Bilateral political relations and the impact of sovereign wealth fund investment[J]. Journal of Corporate Finance, 2011, 18(1): 108-123.
- [15]Gonçalo Pina. International reserves and global interest rates[J]. Journal of International Money and Finance 2017, 74: 371-385.

- [16]何帆,张明. 中国应对信用货币风险能力远逊欧美[N]. 第一财经日报,2006-06-21(B06).  
He Fan,Zhang Ming. China's ability to deal with credit money risk is far from Europe and America[N]. China Business News,2006-06-21(B06). (in Chinese)
- [17]谢平,陈超. 论主权财富基金产生的理论逻辑[J]. 经济研究,2009,(2): 45-50.  
Xie Ping,Chen Chao. On the theoretical logic of sovereign wealth fund[J]. Economic Research,2009,(2): 45-50. (in Chinese)
- [18]陈克宁,陈彬. 主权财富基金的透明度与信息披露[J]. 证券市场导报,2011,(5): 17-22.  
Chen Kening,Chen Bin. Transparency and information disclosure of sovereign wealth funds[J]. Securities Market Herald,2011,(5): 17-22. (in Chinese)
- [19]刘澜飏,张靖佳. 中国外汇储备投资组合选择——基于外汇储备循环路径的内生性分析[J]. 经济研究,2012,(4): 137-148.  
Liu Lanbiao,Zhang Jingjia. Investment portfolio selection of China's foreign exchange reserves: An endogenous analysis based on the circular path of foreign exchange reserves[J]. Economic Research,2012,(4): 137-148. (in Chinese)
- [20]罗素梅,赵晓菊. 超额外汇储备的多目标优化及投资组合研究[J]. 财经研究,2015,(1): 107-117.  
Luo Sumei,Zhao Xiaoju. Research on multi-objective optimization and portfolio of excessive foreign exchange reserves[J]. Journal of Finance and Economics,2015,(1): 107-117. (in Chinese)
- [21]曾燕,黄金波. 基于均值-AS模型的资产配置[J]. 管理科学学报,2016,19(2): 95-108.  
Zeng Yan,Huang Jinbo. Asset allocation based on mean-AS model[J]. Journal of Management Sciences in China,2016,19(2): 95-108. (in Chinese)
- [22]Markowitz H. Portfolio selection[J]. The Journal of Finance,1952,7(1): 77-91.
- [23]Chen A H Y,Jen F C,Zions S. The optimal portfolio revision policy[J]. Journal of Business,1971,44: 51-61.
- [24]Roy A D. Safety first and the holding of assets[J]. Econometrica,1952,20(3): 431-449.
- [25]Pyle D H,Turnovsky S J. Safety-first and expected utility maximization in mean-standard deviation portfolio analysis[J]. The Review of Economics and Statistics,1970,52(1): 75-81.
- [26]Li D,Chan T F,Ng W L. Safety-first dynamic portfolio selection[J]. Dynamics of Continuous,Discrete and Impulsive Systems,1998,4: 585-600.
- [27]Chiu M C,Li D. Asset-liability management under the safety-first principle[J]. Journal of Optimization Theory and Applications,2009,143(3): 455-478.
- [28]易江,李楚霖. 用安全第一标准选择多期风险资产组合[J]. 管理工程学报,2001,15(3): 60-62.  
Yi Jiang,Li Chulin. Selection of multi-period risk portfolio with safety first criterion[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management,2001,15(3): 60-62. (in Chinese)
- [29]李仲飞,姚京. 安全第一准则下的动态资产组合选择[J]. 系统工程理论与实践,2004,(1): 41-45,75.  
Li Zhongfei,Yao Jing. Dynamic portfolio selection under safety first criterion[J]. System Engineering: Theory and Practice,2004,(1): 41-45,75. (in Chinese)
- [30]王秀国,周荣喜. 安全第一准则下的动态投资组合[J]. 管理评论,2010,(12): 20-27.  
Wang Xiuguo,Zhou Rongxi. Dynamic portfolio under the safety-first criterion[J]. Business Review,2010,(12): 20-27. (in Chinese)
- [31]鲁万波,陈雷,石旻. 安全第一准则下的改进型保险资金投资组合研究[J]. 管理工程学报,2017,(1): 149-154.  
Lu Wanbo,Chen Lei,Shi Min. Research on improved insurance fund investment portfolio under safety first criterion[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management,2017,(1): 149-154. (in Chinese)
- [32]周光友,罗素梅. 外汇储备最优规模的动态决定[J]. 金融研究,2011,(5): 29-41.  
Zhou Guangyou,Luo Sumei. The dynamic decision of the optimal scale of foreign exchange reserves[J]. Journal of Finance Research,2011,(5): 29-41. (in Chinese)
- [33]Ben-Bassat A,Gottlieb D. Optimal international reserves and sovereign risk[J]. Journal of International Economics,1992,33: 345-362.

- [34] Kataoka S. A stochastic programming model[J]. *Econometrica* ,1963 ,( 31) : 181 – 196.
- [35] Telser L G. Safety first and hedging[J]. *Review of Economic Studies* ,1956 ,23( 1) : 1 – 16.
- [36] 王永中. 中国外汇储备的构成、收益与风险[J]. *国际金融研究* ,2011 ,( 1) : 44 – 52.
- Wang Yongzhong. Composition , profit and risk of China ’ s foreign exchange reserves [J]. *Studies of International Finance* , 2011 ,( 1) : 44 – 52. ( in Chinese)

## Financial security , national interests , and optimal management of foreign exchange reserves

LUO Su-mei<sup>1</sup> , ZHOU Guang-you<sup>2</sup> , ZENG Yao<sup>2</sup>

1. School of Finance , Shanghai University of Finance and Economics , Shanghai 200433 , China;
2. School of Economics , Fudan University , Shanghai 200433 , China

**Abstract:** This paper is based on the perspective of financial security and national interests. Firstly , according to the theory of foreign exchange reserves demand , foreign exchange reserves are divided into financial security reserves and national interest reserves. Secondly , the paper introduces the safety first criterion and constructs the foreign exchange reserve optimization model based on the financial security. Thirdly , by calculating the theoretical model and numerical simulation , the financial security scale and the national interest scale of the foreign exchange reserves are calculated , and the allocation of the foreign exchange reserves is optimized. The paper shows that China can use about 65% of its foreign exchange reserves to meet the financial security , while the remaining 35% can be used to achieve national interests. This paper agrees that foreign exchange reserves , as the national financial assets , should be mainly used to safeguard national financial security and achieve national strategic interests and economic interests. By docking “The Belt and Road” strategy , foreign exchange reserves can support the internationalization of the RMB and the enterprises to “go out” , as well as the promotion of foreign direct investment and national strategy , to achieve the maximization of national interests. At the same time , excessive foreign exchange reserves can be reduced automatically. Therefore , in the current foreign exchange reserves management , the scale of the foreign exchange reserves is not the focus of discussion. The management departments should not actively curb the growth of foreign exchange reserves , but should pay more attention to how to improve their efficiency.

**Key words:** foreign exchange reserves; financial security; national interest; safety first; optimal management