

信息化水平对银行资金链牛鞭效应影响的仿真分析

王 晔

中国建设银行南京分行人力资源部, 江苏 南京
Email: wangyenj1988@163.com

收稿日期: 2021年6月15日; 录用日期: 2021年7月30日; 发布日期: 2021年8月6日

摘 要

通过构建有无信息反馈机制的银行资金存量系统动力模型, 对比分析了信息及时性、充分性和完备性对银行资金链“牛鞭效应”的影响。主要结论如下: 1) 信息获取越及时, 信息量越充分, 信息移动平均期越长, 越有利于降低“牛鞭效应”; 从整体看, 信息及时性的作用显著高于信息充分性的影响。2) 资金需求比库存资金的波动更小, 提高信息及时性和充分性的交互作用对需求波动的弱化效果更为显著, 将大大降低各级网点和整个银行资金体系的“牛鞭效应”。3) 提高银行资金链上某一环节的信息完备性会显著降低该环节的“牛鞭效应”, 对下游无影响, 有可能造成上游环节“牛鞭效应”的扩大, 但依然有助于从整体上降低银行资金系统的“牛鞭效应”。

关键词

银行资金链, 牛鞭效应, 信息及时性, 信息充分性, 信息完备性

Simulation Analysis of the Influence of Informationization Level on Bullwhip Effect in Bank Funds Chain

Ye Wang

Human Resources Department, Nanjing Branch of China Construction Bank, Nanjing Jiangsu
Email: wangyenj1988@163.com

Received: Jun. 15th, 2021; accepted: Jul. 30th, 2021; published: Aug. 6th, 2021

Abstract

By constructing a dynamic model of the bank funds chain system with or without information feedback mechanism, the effects of timeliness, adequacy and completeness of information on inventory levels and demand are compared and analyzed. The main conclusions are as follows: 1) The more timely or adequate the information in each link of the bank funds chain, the more beneficial it is to reduce the “bullwhip effect”; and the effect of information timeliness is significantly higher than adequacy. 2) The fluctuation of demand is smaller than fund inventory, and the interaction between them has a more significant weakening effect on demand fluctuations, which will greatly reduce the “bullwhip effect” in all links and the entire bank fund chain. 3) Improving the completeness of information will significantly reduce the “bullwhip effect” of that link, not affect the downstream, may increase the “bullwhip effect” of the upstream, but will still help reduce the “bullwhip effect” of the bank fund chain as a whole.

Keywords

Bank Fund Chain, Bullwhip Effect, Information Timeliness, Information Adequacy, Information Completeness

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 问题提出

“牛鞭效应”本是供应链管理的基本理论。随着产品内分工的发展，产品供应链被切分为若干环节由独立的厂商分工生产，各厂商之间形成上下游关系，从供给的角度，各厂商需要从供应链上游购入半成品，经加工后再出售给下游环节；但从需求的角度，消费市场决定产成品的需求量，进而决定下游厂商的半成品需求量，并进一步逆向传递给上游厂商。市场需求信息在沿着供应链向上游不断传递的过程中，不确定性增加，导致实际需求被逐级放大的现象，就是供应链管理中常见的“牛鞭效应”。随着金融体系的发展，银行的层级结构也日渐凸显，目前中国的主要银行，基本都遵循设立总部，在各省市设立分行，再在城镇各区域设置支行的网点化经营模式。在资金调配的过程中，同样经历由基层支行获取市场资金需求，通过资金链回溯到省市分行和银行总部的过程，上级银行同样面临着准备金配置数额的不确定性。因此，本文尝试利用供应链“牛鞭效应”的分析方法，探究银行资金链的“牛鞭效应”，为提高银行资金链体系效率、降低资金配置风险提供理论支撑和政策参考。

目前国内外针对“牛鞭效应”的分析主要集中在供应链方面，一般分为两大类：一是证明和测度“牛鞭效应”的存在性和效应大小。例如 Serman (1989) [1]基于对啤酒游戏的决策者行为分析，验证了供应链中“牛鞭效应”的存在，Burbidge (1983) [2]则从产业升级的动态性视角，就“牛鞭效应”产生的内在动力机制进行了分析和解释。王玉燕等(2019) [3]、习怡衡等(2019) [4]基于各环节分配机制、决策机制和信息共享机制等，设计了量化“牛鞭效应”的测度指标；二是探究影响“牛鞭效应”的影响因素，并结合相关因素提出削弱“牛鞭效应”的优化方案。例如 Rodrigues 等(2010) [5]探究了生产效率、工序进度等因素的影响，并指出调整产品的生产周期有利于降低“牛鞭效应”。Sila (2001) [6]则从供应链库存与运输协调匹配的角度，分析了 VMI 对“牛鞭效应”的影响，计算了最优补货频数和频率，Tang (2011) [7]从供应链服务化水平的角度，对服务能力影响供应链“牛鞭效应”的作用进行了模拟优化。

针对供应链“牛鞭效应”的研究基本公认信息化水平是造成“牛鞭效应”的主要原因，因此加强信息化建设有助于降低“牛鞭效应”。这一思路可被充分应用在银行资金链体系的效率研究之中。目前研究认为，提升信息化水平至少包含三方面的信息化建设：一是提高信息获取效率，例如 Van (2010) [8] 探究了信息获取效率和及时性在双方议价过程中的战略效应。二是增加有效信息，Guan (2015) [9] 通过构建二级信息披露模型，探究了有效信息披露对总体收益的影响，指出质量是影响链条分散或集成模式选择的关键因素。三是强化信息共享，Abrahamsson 等(2003) [10] 分析了信息合作平台对提升企业物流管理绩效的意义，指出构建信息共享平台为产品网络的核心控制中心，有助于提升经营管理的整体效率。近年来，越来越多的研究强调环节间信息交换和系统性信息共享，对于促进业务整合、提高上下游关联质量和整体生产经营绩效具有重要意义(Cao *et al.*, 2011 [11]; Prajogo, 2012 [12])。

综上所述，大量研究已然指出了供应链“牛鞭效应”的影响因子并分析了信息化等因素对影响“牛鞭效应”大小的作用机制。但将供应链“牛鞭效应”理论应用在银行资金链体系上的研究非常罕见，更鲜有直接聚焦信息及时性、充分性和完备性对银行资金链“牛鞭效应”具体影响和作用差异的研究。本文从造成“牛鞭效应”的核心因素信息化水平入手，构建了银行资金链的系统动力模型并设计了测度“牛鞭效应”的指标。分析了信息及时性、充分性和完备性对“牛鞭效应”的作用差异。本文希望对优化银行资金链信息化水平，针对性降低各环节或整体资金链的“牛鞭效应”提供一定的参考价值。

2. 模型构建

2.1. 银行资金链“牛鞭效应”的指标构建

对于存在资金供给方和需求方的上下级银行资金链模型，假设下级银行资金储备受上级支配调拨，下级银行向上级银行汇报实际资金需求。此外，假设资金链不受到其他外部干扰，不考虑同业拆借等同级资金影响。在 $t (t \in (-\infty, +\infty))$ 时间，下级银行以历史信息为基础，考虑款项批拨的时间延迟 t_0 ，对 $t+t_0$ 时间的市场需求进行预测。在 t 时刻向上级银行发出资金量为 Q_t 的需求申请。下级银行针对 Q_t 的决策，需要考虑的关键因素是实际资金需求和现有及预计需要的资金在库量。一般情况下，出于简化资金统计与核算问题的考虑，下级银行需要提前准备一定资金量的“安全库存” [13]。至少为资金拨付延时 t_0 期间内所需要的资金准备。而单位时间内的库存准备则由下级银行对市场实际资金需求的估计决定。以 I_t 表示 t 时刻下级银行的存货准备量， \hat{D}_t 表示 t 时刻预测的未来单位时间内对资金的期望需求，设定下级银行资金准备量与单位时间期望需求之间的函数关系如下式(1)所示：

$$I_t = t_0 \hat{D}_t + k \varepsilon_t \quad (1)$$

假设下级银行以移动平均法进行资金需求预测，不考虑无效信息干扰，其所获取的信息越充分，纳入考量范围的历史数据越多，移动平均期也就越长。以 p 个单位时间作为预测下一时刻资金期望需求的移动平均期，可得下级银行 t 时刻预测的未来单位时间内资金期望需求 \hat{D}_t 的计算式如下式(2)所示。

$$\hat{D}_t = \frac{1}{p} \sum_{i=0}^{p-1} d_{t-i} \quad (2)$$

上式(1)、(2)中， t_0 表示为保证安全库存而提前申请资金的时间， ε_t 为与其他因素相关的预期扰动项， k 为扰动系数， d_{t-i} 为 t 时刻前置 i 个单位时间在 $(t-i)$ 时刻的实际资金需求。一般情况下，可认为 $E(\varepsilon_t) = 0$ 。由此求得 t 时刻下级银行的期望资金在库量 \hat{I}_t 如下式(3)所示：

$$\hat{I}_t = t_0 \hat{D}_t = \frac{t_0}{p} \sum_{i=0}^{p-1} d_{t-i} \quad (3)$$

根据式(2)、(3)可得下级银行向上级银行提出的资金申请量 Q_t 满足：

$$Q_t = \hat{I}_t - (\hat{I}_{t-1} - d_{t-1}) = t_0 \left(\frac{\sum_{i=0}^{p-1} d_{t-i}}{p} - \frac{\sum_{i=0}^{p-1} d_{t-i-1}}{p} \right) + d_{t-1} = \left(1 + \frac{t_0}{p} \right) d_{t-1} - \frac{t_0}{p} d_{t-1-p} \quad (4)$$

假设资金需求为稳定需求，即资金需求变化只与自身变化相关，得资金需求 d_t 的一阶自相关函数如下式(5)所示：

$$d_t = a + \rho d_{t-1} + \xi_t \quad (5)$$

其中， ρ 表示前后两期市场资金需求的相关系数， ξ_t 为 t 期扰动项， a 为常数项。由此进一步求得之间的自相关关系如下式(6)所示：

$$d_t = a \sum_{i=0}^{p-1} \rho^i + \rho^p d_{t-p} \quad (6)$$

由式(6)可知，在实际资金需求稳定的条件下， d_t 与 d_{t-p} 服从相同分布， $\text{Var}(d_t) = \text{Var}(d_{t-p})$ ，且 $\text{cov}(d_{t-i}, d_{t-i-p}) = \rho^p \text{Var}(d_t)$ 。根据式(4)求 Q_t 的方差可得：

$$\begin{aligned} \text{Var}(Q_t) &= \left(1 + \frac{t_0}{p} \right)^2 \text{Var}(d_t) - 2 \frac{t_0}{p} \left(1 + \frac{t_0}{p} \right) \text{cov}(d_{t-1}, d_{t-1-p}) + \left(\frac{t_0}{p} \right)^2 \text{Var}(d_t) \\ \text{Var}(Q_t) &= \left(1 + \frac{2t_0}{p} + \frac{2t_0^2}{p^2} \right) \text{Var}(d_t) - \left(\frac{2t_0}{p} + \frac{2t_0^2}{p^2} \right) \rho^p \text{Var}(d_t) \\ \text{Var}(Q_t) &= \left[1 + \left(\frac{2t_0}{p} + \frac{2t_0^2}{p^2} \right) (1 - \rho^p) \right] \text{Var}(d_t) \end{aligned} \quad (7)$$

在两级银行系统中，下级银行资金申请量 Q_t 与实际资金需求 d_t 之间的方差之比为：

$$BE = \frac{\text{Var}(Q_t)}{\text{Var}(d_t)} = \left[1 + \left(\frac{2t_0}{p} + \frac{2t_0^2}{p^2} \right) (1 - \rho^p) \right] \quad (8)$$

上式 BE 表示下级银行资金申请量 Q_t 对实际资金需求 d_t 扰动的放大程度，也就是资金需求逐级放大的程度，反映“牛鞭效应”的作用程度。在 $(1 - \rho^p) \geq 0$ 条件下， $BE \geq 1$ ，表示银行资金链中存在“牛鞭效应”。 BE 越大，表示银行资金链的“牛鞭效应”作用越显著。

若进一步将二级银行资金链模型扩展为多级，在基本假设一致的情况下，各相邻环节 m 与 $m+1$ 之间的“牛鞭效应”为 $BE_{m,m+1}$ ，因此，在多级银行体系中(假设有 n 级)，银行资金链总体的“牛鞭效应”为 $\prod_{m=1}^{n-1} BE_{m,m+1}$ 。

2.2. 银行资金链存流量动力系统的构建

在上述研究的基础上，为进一步探究信息化水平对银行资金链“牛鞭效应”的影响，基于系统动力学的存流量模型，设置银行总行、省市分行、地区支行三级银行资金链动力系统。并分别针对信息及时性、信息充分性和信息完备性设定相应影响因子。在无反馈机制条件下，设定三级银行资金链动力系统如下图 1 所示。引入反馈机制，修改三级银行资金链系统如图 2 所示。

图 1 与图 2 的主体部分模拟了目前中国主要银行资金调配的核心流向系统：即在某经济政治中心设立总部，在各省市行政区设立分行，再进一步深入到城镇或城市辖区设立支行进行网络化经营。资金调配则遵循由基层支行了解市场资金需求信息，再传递给省市分行最后回溯到银行总部。而各级网点则均存在根据历史信息估算预期资金需求，进而设置一定程度准备金以应对需求波动的情况。图 1 和图 2 详细模拟了上述流程，同时，为保证模型设定的合理性，本文利用 Vensim 软件对模型进行了 model check，并通过了逻辑检验。

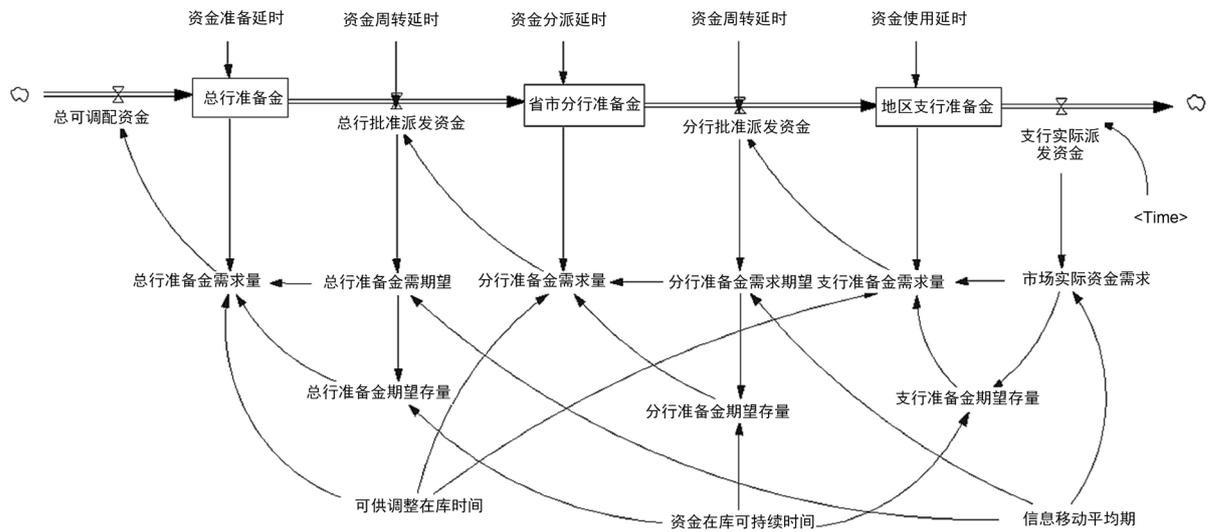


Figure 1. Capital chain deposit flow dynamic system without feedback mechanism
图 1. 无反馈机制的资金链存量动力系统

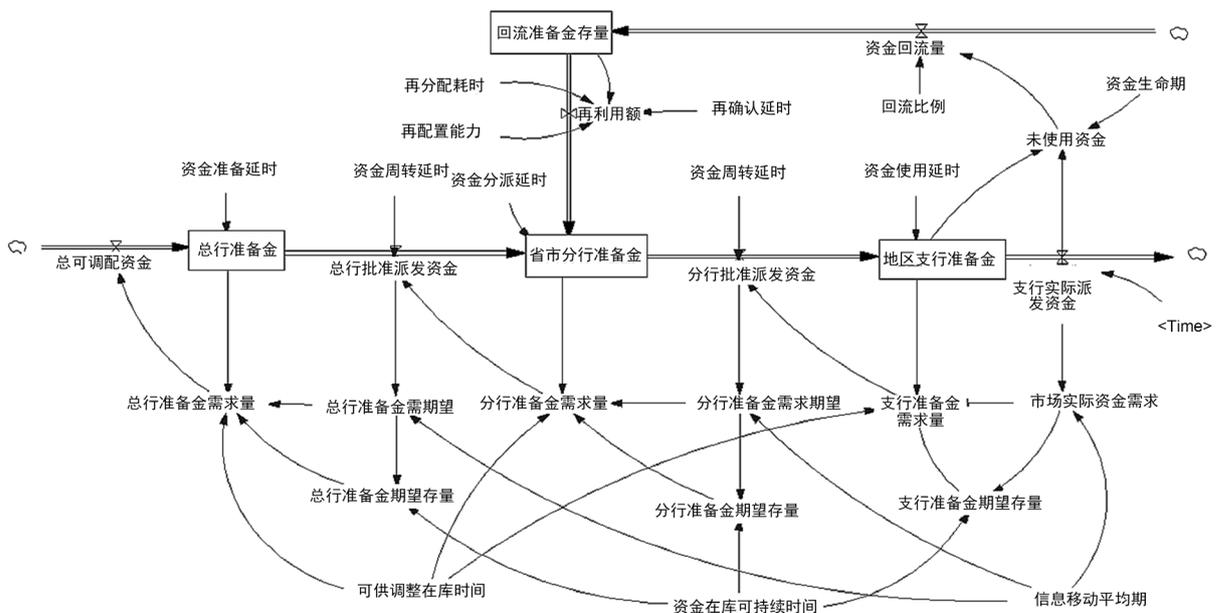


Figure 2. Capital chain deposit flow dynamic system with feedback mechanism
图 2. 存在反馈机制的资金链存量动力系统

针对反馈机制的创新说明如下：设定省市分行为核心研究对象，在不存在信息反馈机制的一般条件下，如图 1，资金链上各级银行信息不共享，省市分行仅考虑总行的资金拨付和向地区支行的资金拨付量，这样就忽略了一种情况，那就是地区支行未利用而在一定时间后退还省市分行的部分，由于存在时间滞后，这部分资金会损失一定时间价值，并对省市分行的资金决策造成显著影响。在资金链各环节信息存在共享的条件下，为对比一条资金链中信息完备水平对不同环节和整个银行体系“牛鞭效应”的影响，图 2 特意针对省市分行设定了信息反馈机制，省市分行的资金库存受地区支行资金回流的影响，从而决定其资金决策的制定。通过设定是否存在反馈机制的银行资金链存量动力系统，对比信息反馈机制存在与否的各级银行资金和需求情况，有助于深入探究信息完备性对银行资金链“牛鞭效应”的影响。

此外，信息及时性反映的是各级银行获取信息的速率，对应的是可供调整资金存量的时间，信息获取越及时，越有利于根据信息情况调整资金储备，从而有更充分的准备应对资金需求变化。信息充分性反映的是银行所能获取的有效信息量，对应的是信息移动平均期。银行在决策时纳入考量范围的信息量越多，信息移动平均期越长，表示银行通过对更长时间内的信息进行综合分析，可以得到更有效的决策。信息完备性反映的是银行所能获取整个资金链全部信息的程度，可以通过是否设置信息反馈机制来模拟。

3. 仿真分析

根据图 1、图 2 的动力系统模型进行仿真检验，函数设定及参数设置详见附录。通过调整“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”，基于对银行资金链各级资金存量 and 实际需求量变动的图像和方差比，探究信息及时性和信息充分性对资金链“牛鞭效应”的影响；再通过对比有无信息反馈机制条件下各级银行资金存量和需求变动，分析信息完备性对资金链“牛鞭效应”的影响。同时对比变动型和波动型需求函数的仿真结果，验证结论的稳健性。

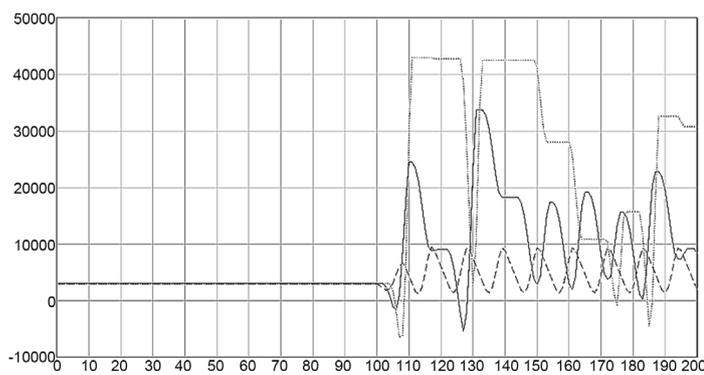
3.1. 无反馈机制的资金链“牛鞭效应”

3.1.1. 基于突变型资金需求函数的分析

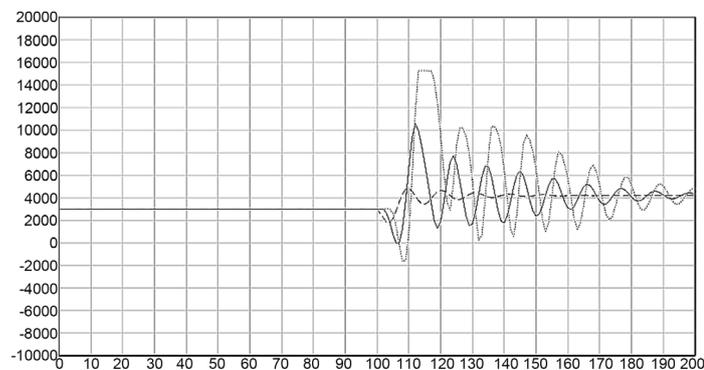
基于图 1 的存流量模型，设定时间范围为(0,200)，各级银行资金库存的初始量为 3000，设定突变型资金需求函数为 $1000 + \text{IF THEN ELSE}(\text{time} \geq 100, 400, 0)$ ，表示在第 100 期之前，资金需求量为稳定值 1000，在 100 期之后突然增加了 400 的需求量。

1) 信息及时性对资金链“牛鞭效应”的影响

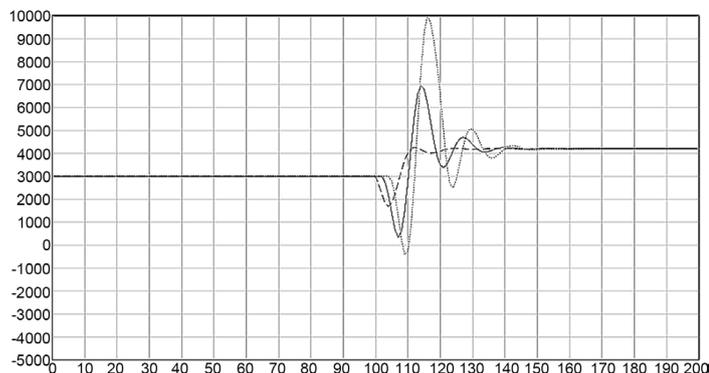
针对反映信息及时性的“可供调整在库时间”，分别设定参数值为 1、2、3，在其他参数设定不变的情况下，绘制资金链各级银行准备金水平的波动图像如图 3 所示。



(a)



(b)



(c)

注：各分图参数设定详见表1。各图中点线为总行资金存量、实线为省市分行资金存量、虚线为地区支行资金存量。各图中横坐标均表示时间(周)，纵坐标表示模拟资金量。请注意各图中纵轴的取值不同。下同。

Figure 3. The impact of timeliness of abrupt demand information on reserve changes under no feedback mechanism
图 3. 无反馈机制下基于突变型需求信息及时性对准备金变动的影响

由图3可知，当可供调整在库时间延长时，资金链各环节银行的资金存量波动幅度不断减小，且实现新的稳定值的时间期越短。而分别比较各图中总行、省市分行和地区支行资金存量波动情况可知，无论在哪个可供调整在库时间水平下，总行在库资金波动都明显高于省市分行，进而显著高于地区支行的在库资金波动。此外，在需求脉冲作用下，地区支行最先表现在库资金波动，其次是省市分行，最后是总行，并以同样的顺序表现在库资金的稳定值。上述结果表明，资金链各环节银行对市场信息获取越及时，可供调整资金储备的准备时间越长，资金策略调整的准备越充分，资金需求脉冲的影响就越小。不仅可以降低冲击的波动程度，还可以尽快实现新的资金储备稳定值；与此同时，资金需求的突然变化是通过资金链由下向上依次传递的，随着传递的时间延迟，波动被不断放大，形成“牛鞭效应”，而提高信息的及时性，或者说，延长银行可供调整资金储备的准备时间，有利于降低“牛鞭效应”。

2) 信息充分性对资金链“牛鞭效应”的影响

针对反映信息充分性的“信息移动平均期”，分别设定参数值为4、5、6，在其他参数设定不变的条件下，绘制资金链各环节银行准备金的波动图像如图4所示。

由图4可知，当信息移动平均期延长时，资金链各环节银行的资金储备波动幅度不断减小，仅以第一次总行储备金波动的最大值为例，图4(a)中超过18,000，图4(b)中超过15,000，而在图4(c)中则不足14,000，但实现新的稳态的时间差异并不明显，在实验中的200期内并未形成新的稳定库存，且与图3相比，信息移动平均期的影响不如可供调整在库时间的作用显著。而与图3类似的是，一方面，无论在哪个信息移动平均期水平下，总行储备金波动都明显高于省市分行的储备波动，又显著高于地区支行；另一方面，在需求脉冲作用下，同样是地区支行最先表现储备金波动，其次是省市分行，最后是总行。由此可见，在决策时可纳入考量范围的信息量越多，能充分考虑到的信息时间范围越长，越有利于银行做出正确的资金决策，资金需求脉冲的影响就越小，但信息充分性的这一作用没有信息及时性表现的那么明显。同样，随着需求变动沿着资金链由下向上传递且波动被不断放大，为降低资金链的“牛鞭效应”，延长信息移动平均期，为银行提供决策参考的更多信息，有助于从各个资金链环节和整条资金链等多个方面同时降低“牛鞭效应”。

根据图3、图4，结合理论模型对“牛鞭效应”的定量指标设定的分析，整理不同“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”水平下资金链各环节需求的方差水平，同时计算各环节以及整体资金链“牛鞭效应”如表1所示。

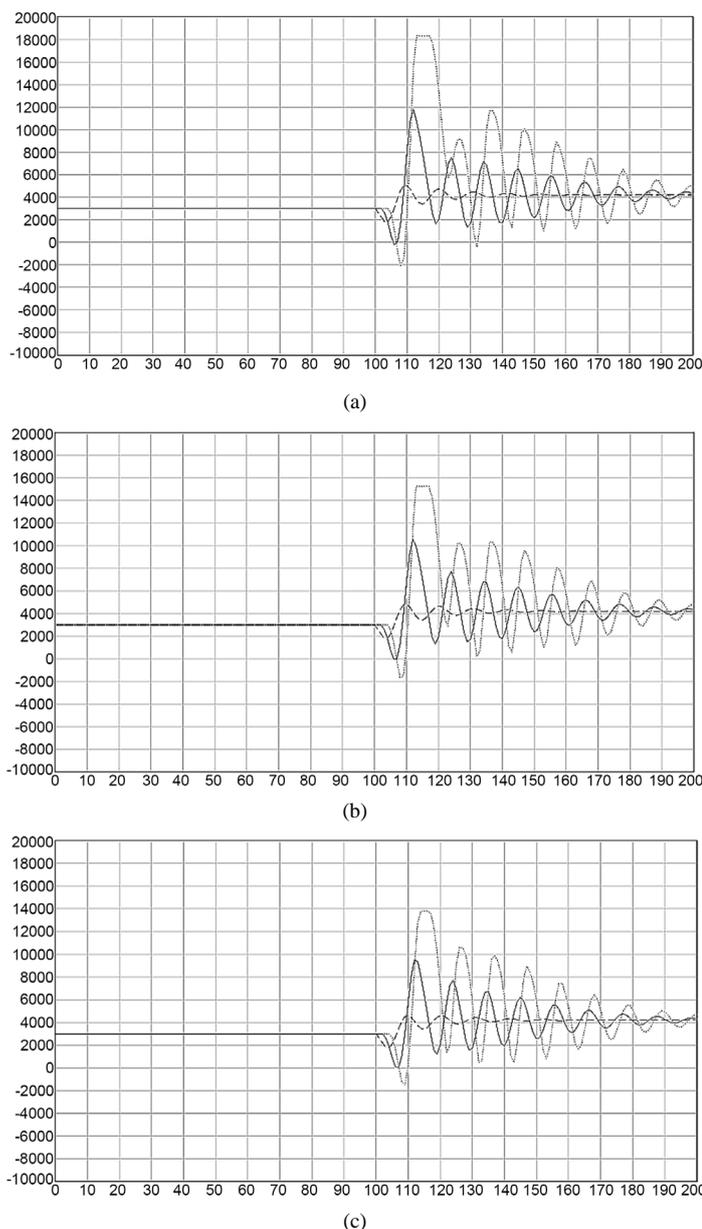


Figure 4. The impact of sufficient information based on abrupt demands on reserve changes under no feedback mechanism
图 4. 无反馈机制下基于突变型需求信息充分性对准备金变动的影响

Table 1. Change table of information timeliness impact of sudden changes in demand without feedback mechanism
表 1. 无反馈机制下突变型需求的信息及时性影响变动表

指标名称	图 3(a)	图 3(b), 图 4(b)	图 3(c)	图 4(a)	图 4(c)	
参数设置	可供调整在库时间	1	2	3	2	2
	信息移动平均期	5	5	5	4	6
变量方差	省市分行需求方差	4,217,930.0990	419,679.7586	108,497.0428	475,454.3160	376,696.8576
	总行需求方差	11,553,512.3597	1,210,637.4220	268,495.2432	1,505,944.0373	1,030,552.1833
	实际资金需求方差	39,999.0099	39,999.0099	39,999.0099	39,999.0099	39,999.0099
	地方支行需求方差	1,257,209.8495	59,706.0750	49,992.7790	63,061.7617	57,454.9734

Continued

	BE-SM	31.4310	1.4927	1.2499	1.5766	1.4364
牛鞭效应	BE-MM	3.3550	7.0291	2.1703	7.5395	6.5564
	BE-CM	2.7391	2.8847	2.4747	3.1674	2.7358
	BE	288.8450	30.2667	6.7125	37.6495	25.7644

其中，BE-SM、BE-MM、BE-CM 分别表示总行、省市支行和地方支行的“牛鞭效应”水平，BE 为资金链整体的“牛鞭效应”水平。结合理论模型对式(8)及多级资金链情况的相关分析，上述各指标计算公式如下：

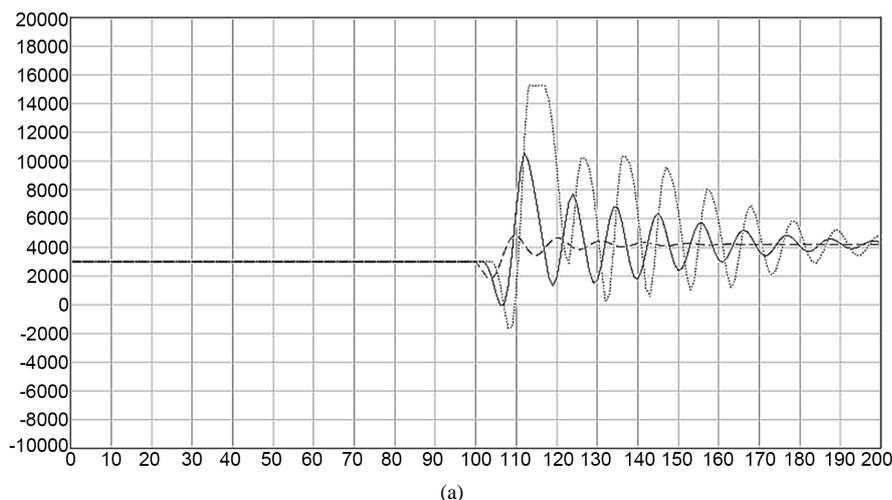
$$BE-SM = \frac{Var(\text{总行需求量})}{Var(\text{省市分行需求量})}; \quad BE-MM = \frac{Var(\text{省市分行需求量})}{Var(\text{地方支行需求量})}$$

$$BE-MM = \frac{Var(\text{地方支行需求量})}{Var(\text{实际资金需求量})}; \quad BE = (BE-SM)(BE-MM)(BE-CM)$$

对比表 1 中各列参数设定变动下资金链各环节及整体牛鞭效应的计算结果可知，基于定量分析的研究结果依然可以充分佐证上文对图像的论述。提高信息的及时性和充分性，延长“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”，都有利于从整体上降低资金链的“牛鞭效应”，这主要是通过降低经地方支行和省市分行的“牛鞭效应”所导致的，对于中间环节的省市分行而言，延长“信息移动平均期”的确稳定地降低了省市分行的“牛鞭效应”，但延长“可供调整在库时间”对降低其“牛鞭效应”的作用却是在波动下降的。这是由于省市分行会同时受到上下级的双重影响，因此具有更大的不稳定性。

3.1.2. 基于周期型资金需求函数的分析

为进一步论证上述结论的准确性，同时探究信息及时性和充分性对银行资金链“牛鞭效应”的协同影响，基于图 1 的存流量模型，修改周期性资金需求函数为 $1000[1 + \sin(\text{time})]$ ，表示资金需求在 1000 的平均基准水平下以正弦函数形态呈周期性波动。同时调整“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”，分别设定二者为 1、4 和 3、6，在其他参数设定不变的条件下，绘制资金链各银行资金存量和需求量的波动图像如图 5、图 6 所示。同样汇报参数和资金链“牛鞭效应”指数如表 2 所示。



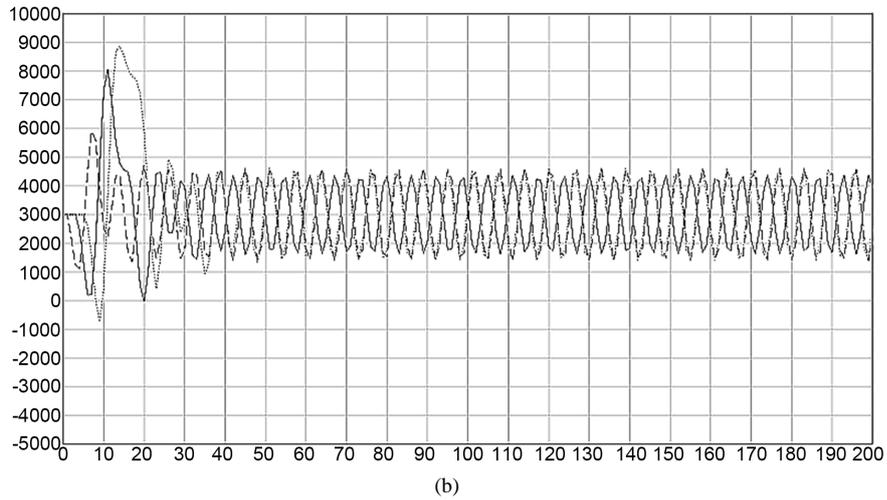


Figure 5. The impact of timeliness and adequacy of information based on periodic demand function on reserves under no feedback mechanism

图 5. 无反馈机制下基于周期型需求函数信息及时性和充分性对准备金的影响

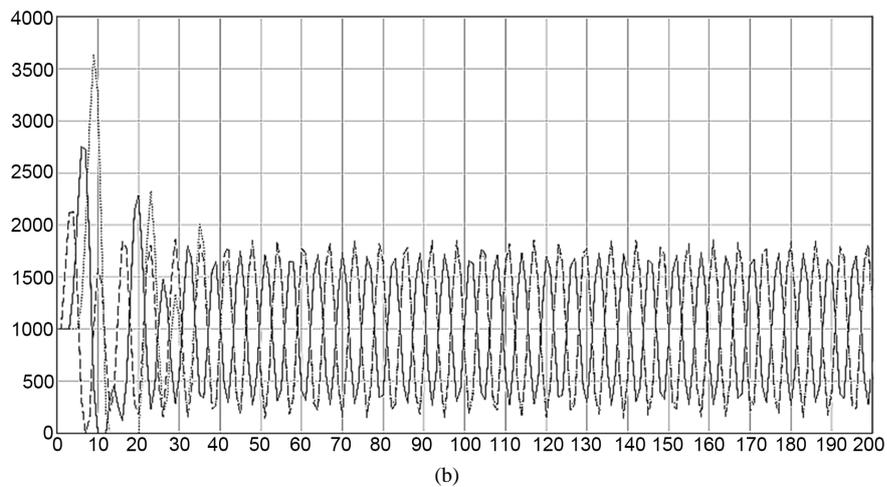
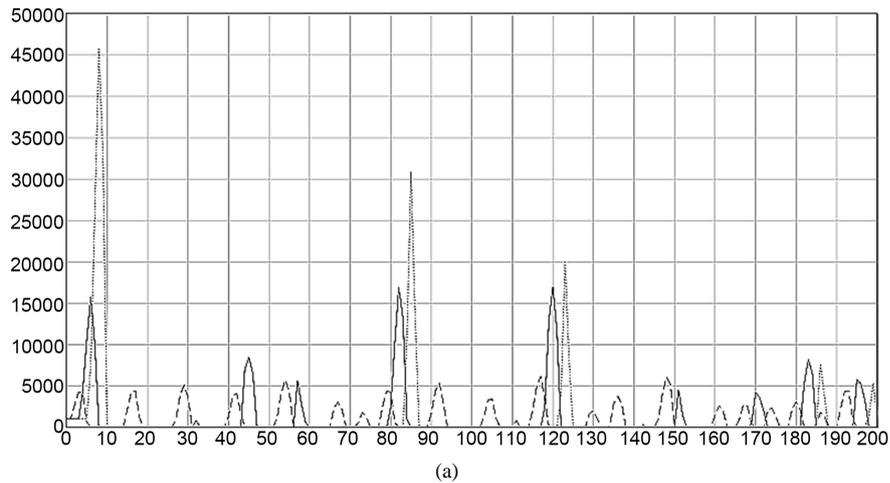


Figure 6. The impact of the timeliness and adequacy of periodic market information on changes in capital demand under no feedback mechanism

图 6. 无反馈机制下基于周期型市场信息及时性和充分性对资金需求变动的的影响

Table 2. Change table of information timeliness and sufficiency impact of periodic changes in demand without feedback mechanism**表 2.** 无反馈机制下基于周期型需求的信息及时性和充分性影响变动表

指标名称		图 5(a)、图 6(a)	图 5(b)、图 6(b)
关键参数设置	可供调整在库时间	1	3
	信息移动平均期	4	6
变量方差	省市分行需求方差	9,430,831.8895	324,097.1914
	总行需求方差	27,444,223.4853	430,795.8272
	实际资金需求方差	500,089.5486	500,089.5486
	地方支行需求方差	2,519,382.3427	372,884.1438
牛鞭效应指数	BE-SM	5.0379	0.7456
	BE-MM	3.7433	0.8692
	BE-CM	2.9101	1.3292
	BE	54.8786	0.8614

结合上述信息可知，调整资金需求函数并未从实质上改变前文的研究结论，提高信息及时性和信息充分性，延长“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”，均可降低资金链“牛鞭效应”，且信息及时性的作用显著高于信息充分性的影响。此外，对任何资金链环节的银行，相对于准备金额度而言，实际资金需求的波动较小，换句话说，是需求波动进一步放大了准备金波动。而在信息及时性和信息充分性的交互作用下，对需求波动的弱化效果显著高于对准备金波动的弱化效果。此外，信息及时性和充分性的交互作用大大降低了资金链上各级银行的“牛鞭效应”，对整条资金链的影响由于叠加作用表现的更为显著。

3.2. 存在反馈机制的资金链“牛鞭效应”

3.2.1. 基于突变型资金需求函数的分析

基于图 2 存流量模型，与图 1 一致，设定时间范围为(0,200)，各级银行准备金初始量为 3000，设定突变型资金需求函数为 $1000 + IF \text{ THEN } ELSE(time \geq 100, 400, 0)$ 。

针对反映信息及时性的“可供调整在库时间”对资金链“牛鞭效应”的影响，分别设定“可供调整在库时间”参数值为 1、2、3，在其他参数设定不变的条件下，绘制资金链各环节准备金水平的波动图像如图 7 所示。针对反映信息充分性的“信息移动平均期”对资金链“牛鞭效应”的影响，分别设定“信息移动平均期”参数值为 4、5、6，在其他参数设定不变的条件下，绘制资金链各级银行准备金水平的波动图像如下图 8 所示。并进一步整理不同参数设置下，各需求量方差水平和资金链“牛鞭效应”指数如表 3 所示。

通过对图 7、图 8 和表 3 与图 3、图 4 和表 1 的对比分析表明，首先，在针对省市分行引入反馈机制后，信息及时性和充分性对资金链“牛鞭效应”的作用并未发生显著变化，与无反馈机制下得到的研究结论基本一致。不再赘述，需要进一步说明的是，一方面，在可供调整在库时间和信息移动平均期均不变的条件下，引入反馈机制明显降低整条资金链的牛鞭效应水平，且主要是由省市分行牛鞭效应显著下降所引起的。另一方面，针对各级银行，当省市分行获取下级地区支行完备信息时，省市分行的“牛鞭效应”被显著地降低了，对被获取信息的下级地区支行的“牛鞭效应”并无影响，而对上游总行而言，“牛鞭效应”在某些条件下被放大，在某些条件下也存在削弱的情况。这是由于省市分行取得更为完备的信息后，会由于地区支行资金回流而降低省市分行对总行的资金需求。如果总行无法预测这一反馈机制，在资金回流较大的情况下，总行的“牛鞭效应”被放大。

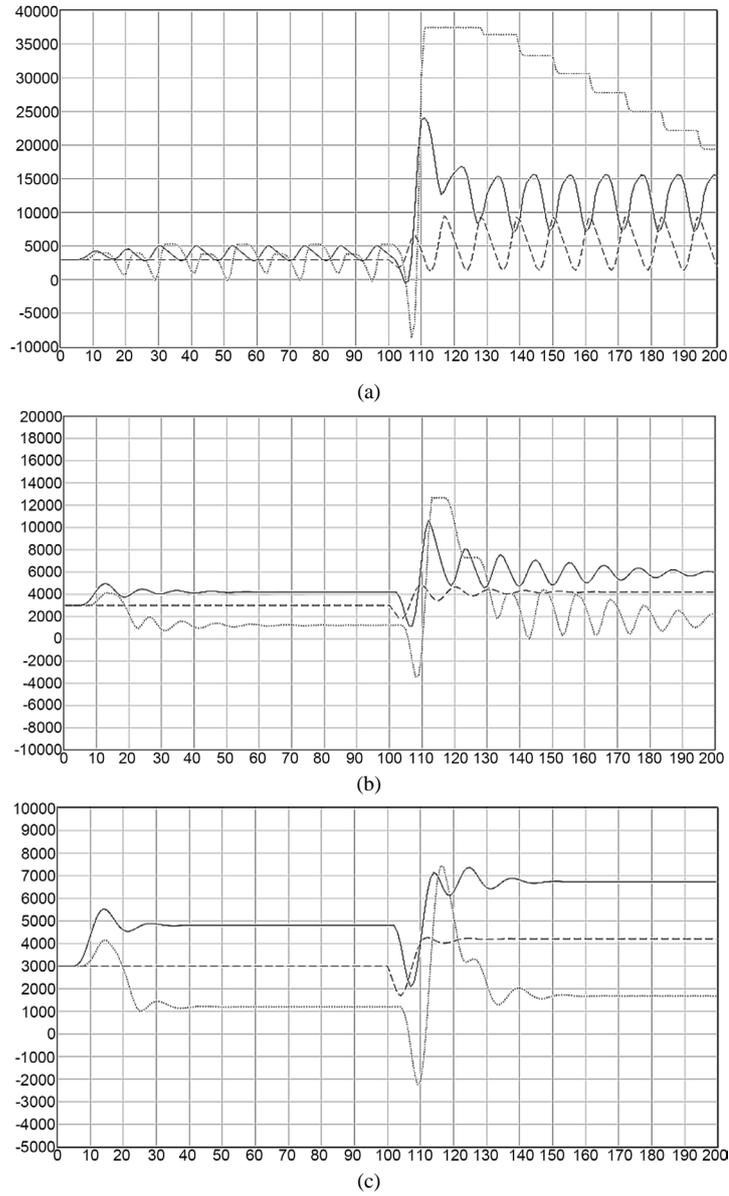
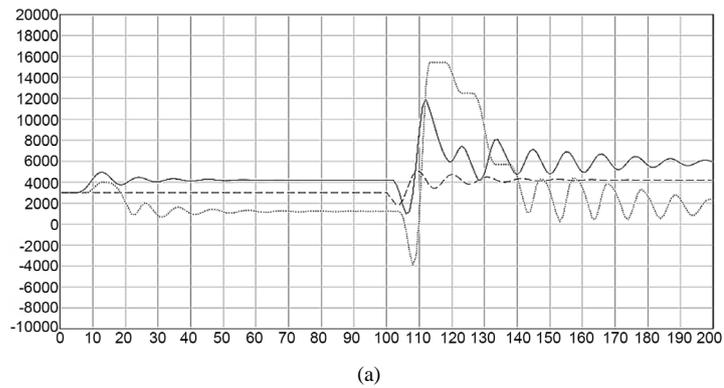


Figure 7. The impact of timeliness of information based on abrupt demand function on reserve changes under feedback mechanism

图 7. 反馈机制下基于突变型需求函数信息及时性对准备金变动的影响



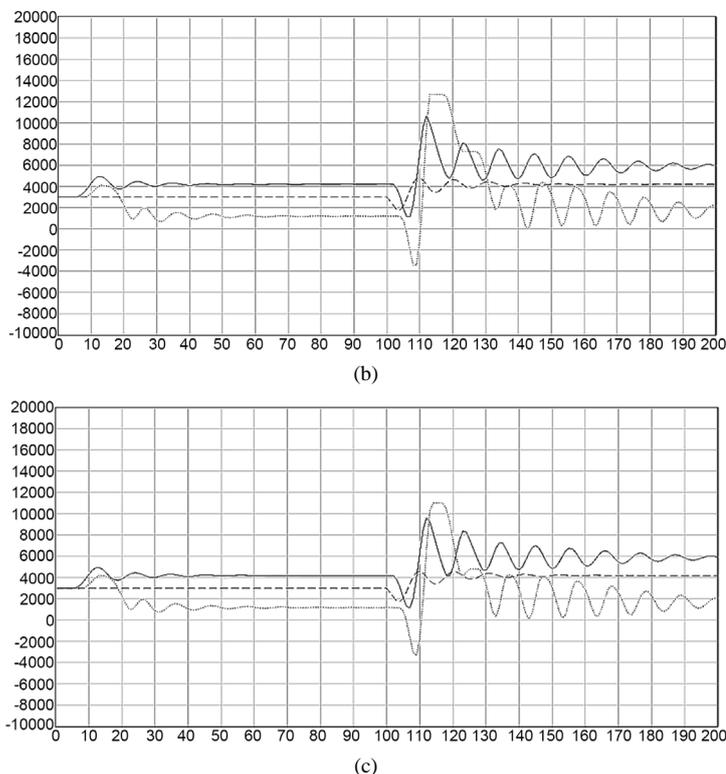


Figure 8. The impact of sufficient information based on abrupt demand function on reserve changes under feedback mechanism

图 8. 反馈机制下基于突变型需求函数信息充分性对准备金变动的影响

Table 3. Change table of information timeliness impact based on abrupt demand function under feedback mechanism

表 3. 反馈机制下基于突变型需求函数的信息及时性影响变动表

指标名称	图 7(a)	图 7(b), 图 8(b)	图 7(c)	图 8(a)	图 8(c)	
参数设置	可供调整在库时间	1	2	3	2	2
	信息移动平均期	5	5	5	4	6
变量方差	省市分行需求方差	992,883.4469	234,257.7159	98,530.0531	273,640.0824	213,033.4931
	总行需求方差	5,134,587.5805	703,983.9098	255,211.3099	920,322.9117	565,060.0764
	实际资金需求方差	39,999.0099	39,999.0099	39,999.0099	39,999.0099	39,999.0099
	地方支行需求方差	257,209.8495	59,706.0750	49,992.7790	63,061.7617	57,454.9734
牛鞭效应	BE-SM	31.4310	1.4927	1.2499	1.5766	1.4364
	BE-MM	0.7898	3.9235	1.9709	4.3392	3.7078
	BE-CM	5.1714	3.0052	2.5902	3.3633	2.6524
	BE	128.3679	17.6000	6.3804	23.0086	14.1269

3.2.2. 基于周期型资金需求函数的分析

同样，针对图 2 中引入反馈机制的存量模型，修改资金需求函数为周期性函数 $1000[1 + \sin(\text{time})]$ ，同时调整“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”，分别设定二者为 1、4 和 3、6，绘制资金链各级银行准备金水平和需求波动如图 9、图 10 所示。汇报参数和资金链“牛鞭效应”指数如表 4 所示。进一步从信息及时性和充分性对资金链“牛鞭效应”协同影响的层面论证上述结论的准确性。

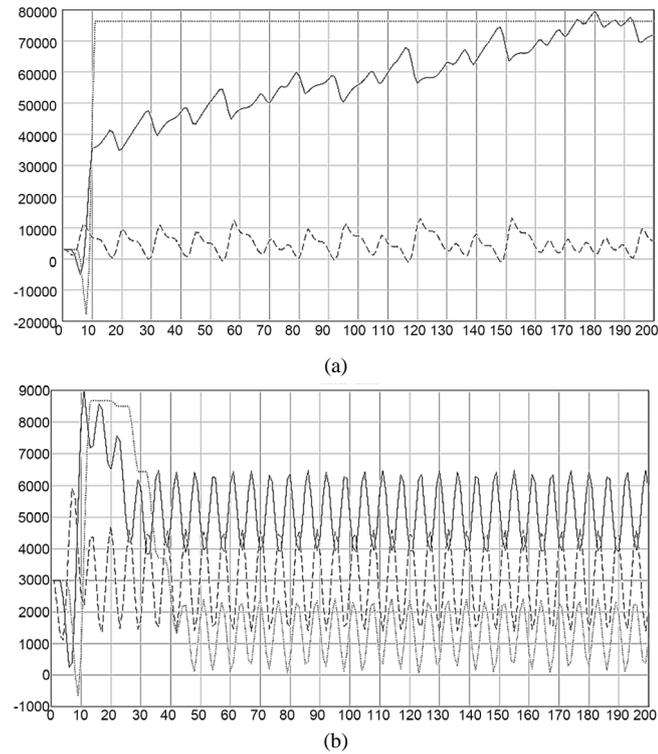


Figure 9. Feedback mechanism based on the impact of the timeliness and adequacy of information on the periodic demand function on changes in reserves

图 9. 存在反馈机制基于周期型需求函数信息及时性和充分性对准备金变动的影响

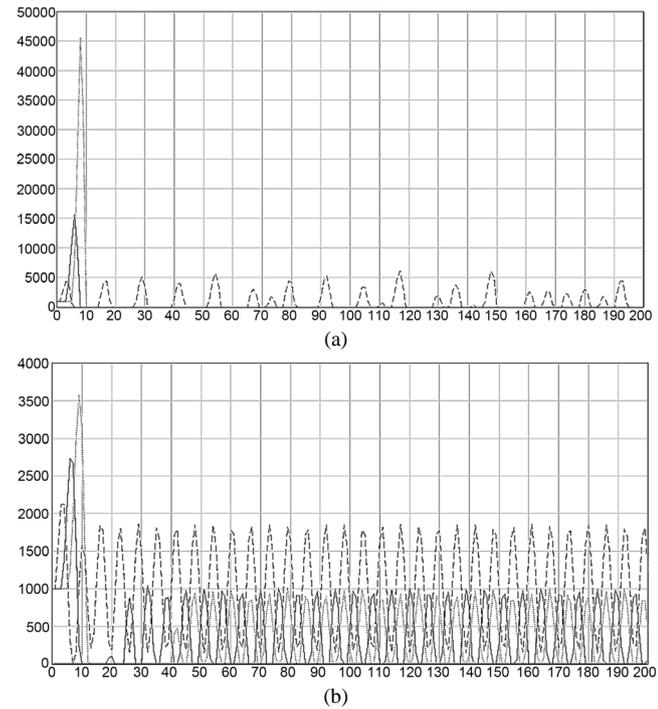


Figure 10. Feedback mechanism based on the impact of the timeliness and sufficiency of information on periodic demand functions on changes in demand

图 10. 存在反馈机制基于周期型需求函数的信息及时性和充分性对需求变动的影响

Table 4. The change table of timeliness and adequacy of information affect the with a feedback mechanism based on the periodic demand function**表 4.** 反馈机制下基于突变型需求函数的信息及时性影响变动表

指标名称		图 9(a)、图 10(a)	图 9(b)、图 10(b)
关键参数设置	可供调整在库时间	1	3
	信息移动平均期	4	6
变量方差	省市分行需求方差	2,333,999.2170	230,192.1391
	总行需求方差	18,966,077.3849	274,964.1673
	实际资金需求方差	500,089.5486	500,089.5486
	地方支行需求方差	2,519,382.3427	372,884.1438
牛鞭效应指数	BE-SM	5.0379	0.7456
	BE-MM	0.9264	0.6173
	BE-CM	8.1260	1.1945
	BE	37.9254	0.5498

综上，调整资金需求函数并未从实质上改变前文的研究结论，且与无反馈机制的研究结果相比，地方支行的“牛鞭效应”指数无变化，省市分行的“牛鞭效应”指数显著降低，而总行的“牛鞭效应”指数有增有减。这进一步佐证了上文研究结论的稳健性。

3.2.3. 有无反馈机制的资金链“牛鞭效应”对比分析

为深入分析信息完备性对资金链“牛鞭效应”的影响，整理有无反馈机制下调整“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”参数取值后资金链各环节和整体“牛鞭效应”的指数情况如表 5 所示。

Table 5. Comparative table of the “bullwhip effect” of the capital chain**表 5.** 资金链“牛鞭效应”对比分析表

可供调整库存时间	1	1	2	2	2	3	3	
信息移动平均期	4	5	4	5	6	5	6	
无反馈机制	BE-SM	5.0379	31.4310	1.5766	1.4927	1.4364	1.2499	0.7456
	BE-MM	3.7433	3.3550	7.5395	7.0291	6.5564	2.1703	0.8692
	BE-CM	2.9101	2.7391	3.1674	2.8847	2.7358	2.4747	1.3292
	BE	54.8786	288.8450	37.6495	30.2667	25.7644	6.7125	0.8614
存在反馈机制	BE-SM	5.0379	31.4310	1.5766	1.4927	1.4364	1.2499	0.7456
	BE-MM	0.9264	0.7898	4.3392	3.9235	3.7078	1.9709	0.6173
	BE-CM	8.1260	5.1714	3.3633	3.0052	2.6524	2.5902	1.1945
	BE	37.9254	128.3679	23.0086	17.6000	14.1269	6.3804	0.5498

通过对表 5 的分析可知，信息完备性显著影响资金链的“牛鞭效应”大小。对省市分行引入反馈机制时，会在不影响地区支行“牛鞭效应”大小的同时，显著降低省市分行的“牛鞭效应”；但对无反馈机制的总行而言影响不确定，“牛鞭效应”或扩大，也可能缩小。但从整体上看，提高某一环节的信息完备性依然有助于从整体上降低资金链的“牛鞭效应”。

4. 评述性小结

“牛鞭效应”本是探究影响供应链需求传递效率的重要理论，但同样适用于银行金融体系，银行体系中总行、省市分行和地区支行之间的信息传递存在延时和衰减，各级银行决策所依据的信息充分性不同，“牛鞭效应”将深刻影响整个银行体系的资金配置效率。本文引入“可供调整在库时间”和“信息移动平均期”因子，构建了有无反馈机制的资金链存量系统动力模型，对比了各级银行准备金和实际资金需求、库存量和需求量波动情况，并定量测度了资金链各级银行和整个系统的“牛鞭效应”大小。

基本研究结论如下：1) 信息获取越及时，信息量越充分，信息移动平均期越长，越有利于降低“牛鞭效应”；从整体看，信息及时性的作用显著高于信息充分性的影响。2) 资金需求比库存资金的波动更小，提高信息及时性和充分性的交互作用对需求波动的弱化效果更为显著，将大大降低各级网点和整个银行资金体系的“牛鞭效应”。3) 提高银行资金链上某一环节的信息完备性会显著降低该环节的“牛鞭效应”，对下游无影响，有可能造成上游环节“牛鞭效应”的扩大，但依然有助于从整体上降低银行资金系统的“牛鞭效应”。本文希望能为银行资金链信息化建设和绩效优化提供一定的策略参考。本文对资金链信息完备性方面的分析建立在链状结构基础上，针对存在同业拆借等网状信息共享模式，以及资金的供需平衡问题，则有待进一步撰文研究。

参考文献

- [1] Stermann, J.D. (1989) Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment. *Management Science*, **35**, 321-339. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.3.321>
- [2] Burbidge, J.L. (1983) Five Golden Rules to Avoid Bankruptcy. *Production Engineer*, **62**, 965-981. <https://doi.org/10.1049/tpe.1983.0191>
- [3] 王玉燕, 于兆青. 基于电商平台销售的 E-供应链主导模型与佣金协调机制研究[J]. 中国管理科学, 2019(5): 109-118.
- [4] 习怡衡, 程延园. 基于供应链合作伙伴关系的利益分配机制研究[J]. 统计与决策, 2019, 35(5): 59-63.
- [5] Rodrigues, L.L.R., Patel, R., Gopalakrishna, B., Shetty, P.K. and Rao, B.R.S. (2010) Affect of Production Cycle Time in Manufacturing Supply Chain Management: A System Dynamics Approach. 2010 *IEEE International Conference on Management of Innovation & Technology*, Singapore, 2-5 June 2010, 146-150. <https://doi.org/10.1109/ICMIT.2010.5492857>
- [6] Cetinkaya, S. (2001) A Note on Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor-Managed Inventory Systems. *Management Science*, **47**, 1306-1310. <https://doi.org/10.1287/mnsc.47.9.1306.9782>
- [7] Tang, L. and Li, J. (2011) Simulation Analysis of Bullwhip Effect in Logistics Service Supply Chain Based on Vensim. 2011 *International Conference on Management and Service Science*, Wuhan, 12-14 August 2011, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2011.5999383>
- [8] Van Nieuwerburgh, S. and Veldkamp, L. (2010) Information Acquisition and Under-Diversification. *The Review of Economic Studies*, **77**, 779-805. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2009.00583.x>
- [9] Guan, X. and Chen, Y.-J. (2015) Hierarchical Quality Disclosure in a Supply Chain with Cost Heterogeneity. *Decision Support Systems*, **76**, 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2015.01.002>
- [10] Abrahamsson, M., Aldin, N. and Stahre, F. (2003) Logistics Platforms for Improved Strategic Flexibility. *International Journal of Logistics*, **6**, 85-106. <https://doi.org/10.1080/1367556031000123061>
- [11] Cao, M. and Zhang, Q. (2011) Supply Chain Collaboration: Impact on Collaborative Advantage and Firm Performance. *Journal of Operations Management*, **29**, 163-180. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.12.008>
- [12] Prajogo, D. and Olhager, J. (2012) Supply Chain Integration and Performance: The Effects of Long-Term Relationships, Information Technology and Sharing, and Logistics Integration. *International Journal of Production Economics*, **135**, 514-522. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.09.001>
- [13] Rajkovic, R., Zmic, N., Cokorilo, O., et al. (2014) Multi-Objective Container Transport Optimization on Intermodal Networks Based on Mathematical Model. *Proceedings of the Second International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE)*, Belgrade, 27-28 November 2014, 26-35.