

# 经济增长、物价稳定双目标驱动下 货币政策最优控制研究

伍 梦<sup>1</sup>, 徐千雅<sup>2</sup>

(1. 广州大学经济与统计学院, 广东广州 510006; 2. 浙江工商大学法学院, 浙江杭州 310018)

**摘 要:** 经济增长与物价稳定始终是《中华人民共和国中国人民银行法》所规定货币政策的法定目标。“十三五”时期, 中国政府一直坚持通过货币政策精准实现 GDP 增长与 CPI 稳定。基于 1985—2019 年 GDP 增长率与 CPI 时间序列数据估计了 2020 年 CPI 目标值, 建立了我国 GDP 与 CPI 的二次线性型最优控制(LQOC)模型。研究发现, “十三五”时期我国 GDP 预期平均 6.5% 增速下的 CPI 为 2.77%。利用该结果, 对“十四五”规划期间货币政策最优轨迹进行模拟分析, 结果显示, 要实现“十四五”时期 GDP 与 CPI 的预期目标, 在坚持稳健货币政策基调的同时, 货币政策可以适度宽松, 尤其是可以与财政政策积极耦合互动。研究结论有利于提高未来国民经济规划的实现率和精准度, 亦能适时完善“十四五”规划的跨周期调节工具体系。

**关键词:** GDP 增长率; CPI; 货币供给; 二次线性最优控制

**中图分类号:** F822

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-4970(2021)02-0039-08

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》确定了 GDP 增长率大于 6.5% 的预期目标, 同时提出要稳定物价、防控风险等, 为未来经济结构性改革营造稳定的宏观经济环境。可以看出, 保增长、稳物价是“十三五”所有宏观经济政策的两大基本目标任务。自 1995 年《中华人民共和国中国人民银行法》实施以来, 保持货币币值的稳定, 并以此促进经济增长始终是货币政策的法定目标。如何精准实现 GDP 增长与物价稳定的目标, 也

是“十四五”乃至较长时期宏观调控的核心任务。经济增长与物价稳定是宏观经济政策两个核心目标, 两者同时实现难度较大, 对国家宏观经济调节能力有较高要求。自经济进入新常态以来, 宏观调控形势和任务的复杂性和难度空前加大, 面临着内外环境的诸多制约和挑战。就外部环境而言, 世界经济面临百年未有之大变局, 保护主义倾向抬头, 中美贸易摩擦前景尚不明朗等; 就国内经济环境而言, 整体经济运行仍存在产能过剩、供求结构不平衡、区域

收稿日期: 2021-01-31

基金项目: 教育部人文社会科学基金(18YJA790087); 国家自然科学基金项目(71563059)

作者简介: 伍梦(1994—), 女, 湖北武穴人, 博士研究生, 从事经济统计研究。

发展不充分等问题。因此,党的十九大报告强调转变宏观调控方式,要从全面粗放调控转向定向精准调控。此外,《中华人民共和国中国人民银行法》将保持货币币值的稳定,并以此促进经济增长设定为货币政策目标。因此,在复杂的经济形势下,如何提高宏观经济调控技术性和精准度是一个亟待解决的现实问题。

改革开放以来,许多经济研究者致力于应用计量经济学方法研究货币政策的效应,但对货币政策的宏观调控效应的最优控制相关研究尚不多见。因此,对“十三五”预期 GDP 增长与 CPI 目标调控的最优货币政策控制效应检验的基础上,探索“十四五”及未来宏观货币政策调节方向和重点。基于此,运用最优控制理论,以 1985—2019 年经济(GDP)增长率与物价(CPI)数据建立计量模型,通过经济增长(GDP)倒算物价(CPI)的预期值,再借助最优控制(GC-LQOC)模型,探求最优宏观控制方案和轨迹,并对“十四五”期间货币政策变量最优轨迹进行模拟。

## 一、文献综述

一直以来,不同学者基于货币供应量对 GDP 和 CPI 的关系与影响,对货币政策盯住的产出与通货膨胀目标得出了不同的结论,但基本上认为,在制定货币政策时,需要谨慎对未来的经济增长与通胀之间的关系及动态走势进行把握,以达到最优调控效应。

### 1. 经济增长和通货膨胀关系

经济增长和通货膨胀关系一直是国内外学者研究的重大宏观经济领域问题,但通货膨胀与经济增长关系尚存不同的观点。第一种观点认为,适度的通货膨胀能促进经济增长。如 Tobin 的实证研究结果表明,过度或恶化的通货膨胀绝对会对经济稳健或可持续发展造成迟滞效应和泡沫效应<sup>[1]</sup>。第二种观点如 Stockman 认为通货膨胀尤其是无预期的通货膨胀会阻碍经济增长,且危害最深<sup>[2]</sup>。国内戴金平等实证检验发现经济增长(GDP)对通货膨胀(CPI)的影响存在时滞性<sup>[3]</sup>,物价稳定与金融稳定并不存在因果关系。第三种观点坚持认为通货膨胀对经济影响存在门限效应,该类观点目前占据主流地位。如 Dunaev 提出通货膨胀与经济增长之间存在复杂的非线性和非对称性关系,而不是简单的线性关系<sup>[4]</sup>。也就是说,通货膨胀率低于门限值则有助于经济增长,而超过该门限值则会抑制经济增长。

### 2. 货币供应量对经济增长、通货膨胀的效应

传统经济理论都把保持 GDP 稳定增长作为宏观调控的基本目标选择。关于货币供给是否影响经济增长,Friedman 等研究发现货币增长会引起经济波动,推翻了货币中性假说<sup>[5]</sup>。张平的研究则确认了货币供给与经济增长之间具有很强的同步性<sup>[6]</sup>。类似于法定存款准备金率调整对货币供给量的影响,中国人民银行法定数字货币也会对银行体系和货币供给产生影响。尤其是进入新常态后的金融创新,提高了信用杠杆,有可能会加大市场波动。同样,孙少岩等的研究结果验证了我国经济增长率和货币供应量增长率存在着长期稳定联系<sup>[7]</sup>,物价上涨率不是经济增长率的动力。不过,张明玖等指出,2008 年以前两者之间存在双向因果关系,且效果显著<sup>[8]</sup>。

在国民经济宏观调控过程中,货币供应量、经济增长率和通货膨胀率都是调控目标,三者之间具有紧密联系。20 世纪 90 年代,世界经济出现衰退,而物价也维持在低通胀,很多学者开始反思通货膨胀和国民经济增长的关系。Bernanke 等验证货币增长首先对经济增长产生影响<sup>[9]</sup>,然后通过其内在的作用机制进而导致物价上涨;Favara 等对美国 20 多年的实证分析发现,货币对实际国民产出和价格水平都有推动效应<sup>[10]</sup>。

国内学者张金城采用动态随机一般均衡模型,对我国货币政策调控与宏观经济稳定进行了实证分析,发现 M0、M2 与通货膨胀、实际产出存在着显著的单向以及双向的波动溢出效应<sup>[11]</sup>。张四灿等实证结果显示,货币政策能产生价格黏性,进而影响产业结构变动。其中,稳健型货币政策的经济稳定效应主要是通过对产业升级的稳定催化作用而得以显现<sup>[12]</sup>。王智勇认为,无论长期还是短期,物价和产出都受货币供给影响,如果单纯从稳定物价水平的角度来看,应着眼于稳定投资规模的增长<sup>[13]</sup>。张成思研究了 2001—2019 年以来我国消费类-非消费类通货膨胀率对经济波动产生的分化影响,发现货币供应量增长率对物价波动具有正影响,但对经济增长率影响较小<sup>[14]</sup>。

### 3. 货币政策的宏观经济调控效果评估

近几年,基于货币政策的宏观调控最优控制研究取得较大进展。周文等的最优控制实验表明,要以从紧货币政策为基础,配合多种控制手段,形成强有力联合控制机制,才能确保 GDP 增长率和 CPI 目标的

精确实现<sup>[15]</sup>。张龙等提出,货币政策即使可以使宏观经济增长走出困境,但难趋向目标点,而且很可能会导致矫枉过正,高于或低于设定目标<sup>[16]</sup>。庄子罐等建议,中国人民银行应严格按照《中华人民共和国中国人民银行法》的规定,加强货币政策的预调微调和预期管理,引导公众形成可预期的货币政策环境,维持宏观经济的稳定运行<sup>[17]</sup>。刘金全等实证分析了预期与未预期货币政策的宏观经济效应,结果发现货币供给与通货膨胀、实际产出存在着显著的单向以及双向的波动溢出效应<sup>[18]</sup>。值得注意的是,按照《中华人民共和国中国人民银行法》第4条的规定,中国人民银行应“依法制定和执行货币政策”,但传统的法定存款准备金率政策、再贴现政策、公开市场业务这“三大法宝”的作用越来越弱、效果不明显。在此语境下,近10年来,尤其是“十三五”以来,中国人民银行依法创新设计了短期流动性便利、常备借贷便利、(定向)中期借贷便利、抵押补充贷款、临时准备金动用安排、临时流动性便利等货币政策工具,实现了在区间调控基础上加大定向调控力度,增强了宏观调控政策的针对性、准确性和前瞻性。

4. 文献评述

综上,有较多文献资料揭示了货币政策对产出增长和物价稳定之间的内在逻辑关系,明显可知在货币供应量调控经济增长、通货膨胀目标调控中探寻最优政策效应的文献还很鲜见,方法上依然存在一些不足,主要表现在既有研究还没有把货币政策置于GDP增长和通胀双重目标最优控制下设定。事实证明,最优控制理论无论是着眼于未来政策展望,还是历史政策评价,都有独到作用。基于此,未来研究应该检测“十三五”期间GDP增长率和CPI目标最优实现的货币政策效应。在此基础上,进一步以调控GDP增长与CPI目标为导向,以货币供应为控制变量,对未来“十四五”规划进行最优调控模拟,在确保GDP增长目标情况下,进一步确定与之匹配的最优通货膨胀率目标,实现宏观经济的跨周期最优调节。

## 二、二次线性最优控制 (GC-LQOC) 运行机理

政府宏观调控的目的是保证整个国民经济保持持续稳定增长和协调发展的最重要因素。无论是工程控制还是经济学控制,控制论的核心都是希望生

产过程或经济系统运行符合预期设定的目标。最优控制是控制方式发展的高级阶段,其实质就是要找出控制规律,使动态经济系统从初始状态转移到目标状态,并且保证性能指标达到最小值或是最大值。最优控制问题有4个关键点:受控对象的动态性、初始与终端条件、性能指标、有效控制,也即被控系统的初始条件给定,根据给定目标函数,寻找一个可行的控制方法使系统演化到目标状态,最终达到最优的期望指标。

现代管理学和经济学研究发现,二次线性最优控制模型可得到状态线性反馈的最优控制规律,便于实现闭环最优控制,是应用广泛的最优控制方式。在现实的宏观经济规划目标控制中,宏观经济系统所给的目标是一个随控制变量而变化的函数,包括控制变量和目标变量。控制是指宏观系统从某初始状态向目标状态过渡,可以通过多种过程达到,而每一过程对应于一种控制作用。在宏观经济领域,政府部门通过操作政策工具使系统目标运动到指定最优位置,即在模型的约束下,通过选择政策工具使损失目标函数达到最小值。在此次研究中,具体体现为经济充分增长、物价相对稳定,从而实现国民福利最大化。运行机理如下:

1. 目标函数

一般而言,货币政策的目标在于控制通货膨胀并支持经济增长。根据已有研究成果,可建立如下目标损失函数:

$$L = \frac{1}{2} [ (GDP - GDP^*)^2 + \alpha (CPI - CPI^*)^2 ] \tag{1}$$

式中: $\alpha$ 为决策者有偏好, $GDP^*$ 与 $CPI^*$ 分别为经济增长( $GDP$ )与物价上涨( $CPI$ )的目标值。

上式目标损失函数即罗默目标函数,其实质是二次型函数。为分析最优控制,引进 $\Delta z = \begin{bmatrix} \Delta GDP \\ \Delta CPI \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} GDP - GDP^* \\ CPI - CPI^* \end{bmatrix}$ 和 $Q = \begin{bmatrix} q_{11} & 0 \\ 0 & q_{22} \end{bmatrix}$ ,式(1)矩阵表达式为

$$L(u) = \frac{1}{2} \Delta z^T Q \Delta z \tag{2}$$

式中: $q_{11}$ 、 $q_{22}$ 分别为决策者对经济增长和物价稳定趋向目标点的偏好程度。

2. 变量动态方程

将 $M0$ 和 $M2$ 作为控制变量,经济增长( $GDP$ )与物价上涨( $CPI$ )终将达到线性动力方程,表示为:

$$\begin{cases} \Delta GDP_{t+1} = c_{11} \Delta GDP_t + c_{12} \Delta CPI_t + c_{13} M0_t + c_{14} M2_t + u_t \\ \Delta CPI_{t+1} = c_{21} \Delta GDP_t + c_{22} \Delta CPI_t + c_{23} M0_t + c_{24} M2_t + u_t \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中,取  $A = \begin{bmatrix} c_{11}-1 & c_{12} \\ c_{21} & c_{12}-1 \end{bmatrix}$ ,  $B = \begin{bmatrix} c_{13} & c_{14} \\ c_{23} & c_{24} \end{bmatrix}$ ,  $c =$

$\begin{bmatrix} M0 \\ M2 \end{bmatrix}$ ,则式(3)变为:

$$\Delta z' = A\Delta z + Bc \quad (4)$$

### 3. GC-LQOC 模型

在对进行最优控制时,对罗默  $L$  目标函数进行扩展。引进:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & 0 \\ 0 & r_{22} \end{bmatrix}, \Delta c = \begin{bmatrix} M0 - M0^* \\ M2 - M2^* \end{bmatrix}$$

联合式(2)(4),构成矩阵表达的 GC-LQOC 模型:

$$\begin{cases} \min L = \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} [\Delta z^T Q \Delta z + \Delta c^T R \Delta c] dt \\ \text{st. } \Delta z' = A\Delta z + B\Delta c \end{cases} \quad (5)$$

式中:  $\Delta z^T Q \Delta z$  为控制误差目标变量;  $\Delta c^T R \Delta c$  为控制成本目标变量,表示在动态方程模型中,同时实现  $(GDP^*, CPI^*)$  目标。

### 4. GC-LQOC 模型最优解

所谓最优控制求解的实质就是在动态约束模型中,求出最优策略集,并同时满足损失最小。据此,借助卡蒂方程,可得:

$$-\hat{P}(A + \theta I) - (A + \theta I)^T \hat{P} + \hat{P} B R^{-1} B^T \hat{P} - Q = 0 \quad (6)$$

$\hat{P}$  为式(6)解。由于最优反馈增益矩阵为,  $K = R^{-1} B^T \hat{P}$ ,因此,最优策略为:

$$\Delta c(t) = -R^{-1} B^T \hat{P} \Delta z(t) = -K \Delta z(t) \quad (7)$$

最后,得到稳定反馈闭环系统(图1):

$$\Delta z' = \bar{A} \Delta z + B \Delta c \quad (8)$$

式(8)中,  $\bar{A} = A - BK$ 。

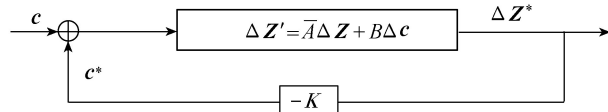


图1 最优控制(GC-LQOC)结构

## 三、“十三五”最优控制目标检验及“十四五”最优控制轨迹展望

### 1. 数据来源及平稳性特征

用  $GDP$  增长率代表经济增长、用  $CPI$  (消费者

物价指数)代表物价变动情况、用  $M0$  和  $M1$  代表货币政策的宽紧程度。考虑到中国人民银行从1984年1月1日起开始独立行使中央银行的职能,集中力量研究和实施全国金融的宏观决策,此处数据来源从1984年开始,截至2019年12月底。下文所覆盖的1984—2019年我国  $GDP$  增长率指数、 $CPI$ 、 $M0$ 、 $M2$  增长率来自《中国统计年鉴2018》《中国统计年鉴2019》,并参考既有研究成果。

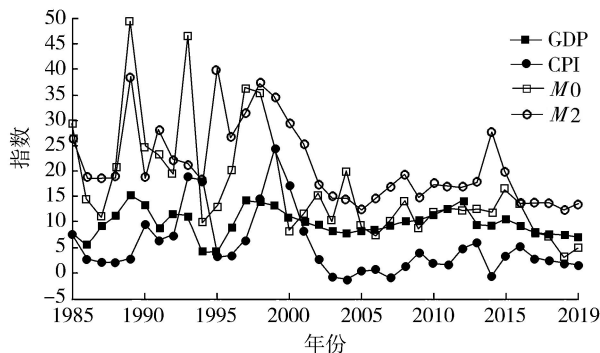


图2 1984—2019年经济增长及物价变动数据

从图2可以发现,我国1984—2019年  $GDP$  增长率、 $CPI$  平均值分别为8.96%和4.97%。较之世界各国,属温和型通货膨胀下的经济高增长类型。与此同时, $M0$  年增长率为16.27%,而  $M2$  增长率则为21.26%。从总体变动态势看,2000年以前, $GDP$  与  $CPI$  都呈现较大幅度波动态势,之后的年份波动不大或平缓波动,这说明我国整体宏观经济运行平稳,稳中向上。自2015年,  $GDP$  与  $CPI$  开始收敛,且宏观经济呈回落之势,凸显了我国经济退出了高速增长时期而进入新常态阶段,这也从另一角度说明我国近20年来的宏观调控成效显著。

为有效减少后文对上述时间序列的回归分析可能产生的“伪回归”,对上述数据进行平稳性检验(表1)。不难看出,1984—2019年这35年,我国  $GDP$ 、

表1 1984—2019年  $GDP$ 、 $CPI$ 、 $M0$  和  $M2$  的平稳性检验

| 变量        | 检验方程<br>( $C, T, K$ ) | ADF<br>统计量值 | MacKinnon<br>临界值(5%) |
|-----------|-----------------------|-------------|----------------------|
| $GDP_t$   | ( $C, 0, 0$ )         | -2.9612     | -2.8876              |
| $CPI_t$   | ( $C, 0, 0$ )         | -3.3214     | -2.8876              |
| $M0_t$    | ( $C, 0, 0$ )         | -3.6804     | -2.8876              |
| $M2_t$    | ( $C, 0, 0$ )         | -3.2765     | -2.8876              |
| $GDP_t^2$ | ( $C, 0, 0$ )         | -3.8769     | -2.8876              |
| $GDP_t^3$ | ( $C, 0, 0$ )         | -3.8431     | -2.8876              |
| $GDP_t^4$ | ( $C, 0, 0$ )         | -3.8870     | -2.8876              |
| $GDP_t^5$ | ( $C, 0, 0$ )         | -3.3655     | -2.8876              |

注:( $C, T, K$ )分别表示常数项、时间趋势和滞后阶数,  $\Delta$  表示差分算子。

CPI、M0 和 M2 四大关键指标的增长率 ADF 值小于 5% 水平的临界值,均为平稳变量。

2. “十三五”终期 CPI 最优控制目标估算

利用上述数据可得 1984—2019 年我国 GDP 和 CPI 关系(图 3)。可以发现,这 35 年我国 GDP 增长率和 CPI 之间存在复杂的非线性关系。从走势看, CPI 与 GDP 具有互相促进关系。

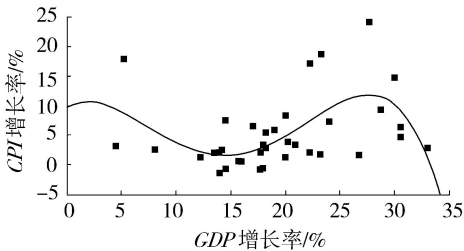


图 3 1984—2019 年 GDP 与 CPI 关系

总体上,我国年均 GDP 增长率集中于 7% ~ 10% 的高位区,自 2014 年之后,渐渐趋于回落。CPI 大体上集中在 0% ~ 12%。为进一步评估两者关系,做如下回归分析(表 2)。从回归结果看,随着 GDP 阶数上升,拟合效果越来越好。模型(3)中的 Adj. R<sup>2</sup> 较高,AIC 是衡量统计模型拟合优良性的一种标准,其值越小则效果越好。据此,可知模型(3) 为最佳模型。

可见,要想实现“十三五”规划纲要关于 2016—2020 年 GDP 6.5% 的增长目标,按表 2 中模型(3) 的结果,根据(7) 式的最优策略公式  $\Delta c(t) = -R^{-1}B^T\hat{P}\Delta z(t) = -K\Delta z(t)$ ,可计算出此时的最佳 CPI 预期性目标为 2.77%。

实际上,“十三五”时期,我国年均经济增长率达到 6.7%,高于世界经济平均水平 3.9 个百分点,较好地实现了既定目标。由于种种原因,CPI 则未能控制在最优 2.77% 这一预期目标之下。2018 年 2 月突破了 2.9%,经历过 16 个月回落和平稳控制之后,2019 年 7 月开始稳步上升,到 2020 年 2 月达到 5.4%。当然,这一算法没有考虑对外贸易因素,因为近两年中美贸易摩擦以及贸易保护主义影响了我国 CPI 的攀升,尤其是食品、蔬菜等生活必需品价格上涨。

3. 最优控制参数估计

根据“十三五”规划纲要 GDP 增长目标 6.5% 这一预设值,联系上文最佳 CPI 预期性目标 2.77%,可得 2020 年末我国宏观经济最优调控目标 (GDP\*, CPI\*) 为 (6.5%, 2.77%)。进一步地,对表 2 中模型(3) 参数值进行估计(表 3)。

表 3 中,模型(6)和(8)的 Adj. R<sup>2</sup>、DW 和 F 值都分别高于模型(5)和(7)的对应值,模型(6)和(8)的

表 2 1984—2019 年 GDP、CPI、M0 和 M1 的数据

| 变量                            | 模型(1)            |        | 模型(2)            |         | 模型(3)            |         | 模型(4)                  |         |
|-------------------------------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|---------|------------------------|---------|
|                               | 参数估计             | t 统计量  | 参数估计             | t 统计量   | 参数估计             | t 统计量   | 参数估计                   | t 统计量   |
| c                             |                  |        | 69.8705          | 3.1866  |                  |         |                        |         |
| GDP <sub>t</sub>              | 0.5873           | 6.2108 | -25.001          | -3.2105 | 12.9880          | 3.5509  | 13.0254                | 1.2007  |
| GDP <sub>t</sub> <sup>2</sup> |                  |        | 2.8145           | 3.2257  | -3.6521          | -3.6972 | -3.5431                | -0.9982 |
| GDP <sub>t</sub> <sup>3</sup> |                  |        | -0.1054          | -2.8447 | 0.4269           | 3.7150  | 0.4108                 | 0.7122  |
| GDP <sub>t</sub> <sup>4</sup> |                  |        |                  |         | -0.0128          | -3.5622 | -0.0123                | -0.2597 |
| GDP <sub>t</sub> <sup>5</sup> |                  |        |                  |         |                  |         | -1.35×10 <sup>-5</sup> | -0.0114 |
| u <sub>t</sub>                | u <sub>t,1</sub> |        | u <sub>t,2</sub> |         | u <sub>t,3</sub> |         | u <sub>t,4</sub>       |         |
| Adj. R <sup>2</sup>           | 0.1081           | 0.3772 | 0.6988           | 0.3561  |                  |         |                        |         |
| AIC                           | 6.3655           | 6.3204 | 6.2769           | 6.3355  |                  |         |                        |         |

表 3 GC-LDS 模型(3) 的参数估计

| 变量                  | $\Delta GDP_{t+1}$ |         |                  |         | $\Delta CPI_{t+1}$ |         |                  |         |
|---------------------|--------------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|------------------|---------|
|                     | 模型(1)              |         | 模型(2)            |         | 模型(3)              |         | 模型(4)            |         |
|                     | 参数估计               | t 统计量   | 参数估计             | t 统计量   | 参数估计               | t 统计量   | 参数估计             | t 统计量   |
| c                   | 1.5224             | 2.7412  | -1.9881          | -2.2250 | -1.9941            | -1.9951 | -4.0084          | -3.2691 |
| $\Delta GDP_t$      | -0.1645            | -2.6479 | -0.2992          | -4.7145 | 0.6120             | 4.9440  | 0.5076           | 4.9924  |
| $\Delta CPI_t$      | 0.6618             | 4.9957  | 0.6840           | 5.9950  | 0.8977             | 3.9004  | 0.9982           | 2.8856  |
| M0                  |                    |         |                  |         |                    |         | 0.5023           | 3.7746  |
| M2                  |                    |         | 0.1906           | 4.5476  |                    |         |                  |         |
| u <sub>t</sub>      | u <sub>t,5</sub>   |         | u <sub>t,6</sub> |         | u <sub>t,7</sub>   |         | u <sub>t,8</sub> |         |
| Adj. R <sup>2</sup> | 0.5214             |         | 0.7162           |         | 0.7055             |         | 0.7841           |         |
| DW                  | 1.5529             |         | 1.7842           |         | 1.5133             |         | 1.8267           |         |
| AIC                 | 4.5024             |         | 4.1379           |         | 5.7543             |         | 5.6605           |         |
| F                   | 12.8267            |         | 18.9001          |         | 25.2251            |         | 24.9608          |         |

AIC 值则低于模型(5)和(7)的对应值。根据式(4)可以将表3中模型(6)和(9)变换成目标变量(6.5%,2.77%)控制下的GDP-CPILDS非自治系统:

$$\Delta \mathbf{z}' = \begin{bmatrix} -1.2694 & 0.6429 \\ 0.4496 & -0.4054 \end{bmatrix} \Delta \mathbf{z} + \begin{bmatrix} 0 & 0.1807 \\ 0.2117 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{c} + \begin{bmatrix} -1.9407 \\ -4.1117 \end{bmatrix} \quad (9)$$

为消去(9)式常数项,将其转化为微分方程状态:

$$\Delta \mathbf{z}' = \begin{bmatrix} -1.2694 & 0.6429 & -1.9407 \\ 0.4496 & -0.4054 & -4.1117 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Delta \mathbf{z} + \begin{bmatrix} 0 & 0.1807 \\ 0.2117 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{c} \quad (10)$$

基于式(9)(10),得GC-LQOC的最优控制模型:

$$\begin{cases} L(\mathbf{c}) = \frac{1}{2} \int_{2016}^{2020} [\Delta \mathbf{z}^T Q \Delta \mathbf{z} + \Delta \mathbf{c}^T R \Delta \mathbf{c}] dt \\ \text{st. } \Delta \mathbf{z}' = A \Delta \mathbf{z} + B \mathbf{c} \end{cases} \quad (11)$$

进一步,求出式(11)中矩阵系数值:

$$A = \begin{bmatrix} -1.2694 & 0.6429 & -1.9407 \\ 0.4496 & -0.4054 & -4.1117 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0.1807 \\ 0.2117 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

从矩阵系数值可以看出,ΔGDP'、ΔCPI'均有良好的一阶负反馈效应,这就说明GC-LDS具有内在稳定机制。现实表现就是,经济增长促进了物价上涨,或者说GDP增长率和通货膨胀双方都具有显著影响,互相起推动作用。从控制变量M0和M2看,前者对CPI产生加速影响,后者对GDP增长贡献尤为明显。

#### 4. “十三五”最优控制目标检验

根据我国经济2020年宏观调控的目标值为(6.5,2.77),基于此可计算出初始值(ΔGDP,ΔCPI)为(0.38%,1.69%)。结果见表4,即式(11)的最优解,主要做法就是将R和Q分别取二阶与三阶对角矩阵,再计算最优策略矩阵。

从表4可以看出,最优策略矩阵的3个特征根λ<sub>1</sub>=-1.5381,λ<sub>2</sub>=-0.2612,λ<sub>3</sub>=-0.9987均为负值,可见,该最优控制系统具有稳定性和解释力。

表4 GC-LQOC模型的解

|                                  |                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目标 ( $GDP^*, CPI^*$ )            | (6.50%, 2.77%)                                                                                                                                                                                                  |
| 初始值 ( $\Delta GDP, \Delta CPI$ ) | (0.40%, 1.14%)                                                                                                                                                                                                  |
| 控制策略                             | $Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$<br>$B = \begin{bmatrix} 0 & 0.1807 \\ 0.2117 & 0 \\ 10^{-4} & 10^{-4} \end{bmatrix}$ |
| 反馈增益矩阵                           | $K = \begin{bmatrix} -0.0580 & -0.0523 & 1040.0291 \\ -0.1203 & -0.4080 & 1115.9316 \end{bmatrix}$                                                                                                              |
| 最优策略矩阵                           | $\bar{A} = \begin{bmatrix} -1.2477 & 0.7166 & -203.5895 \\ 0.4619 & -0.3943 & -224.2859 \\ 0.0002 & 0.0005 & -1.1560 \end{bmatrix}$                                                                             |
| 特征根                              | $\bar{\lambda}_1 = -1.5381, \bar{\lambda}_2 = -0.2612, \bar{\lambda}_3 = -0.9987$                                                                                                                               |
| 目标函数值                            | 1.6912                                                                                                                                                                                                          |
| 精度                               | $\Delta GDP = 85.21\%, \Delta CPI = 75.08\%$                                                                                                                                                                    |

根据表4可得图4,勾勒了“十三五”时期GDP和CPI最优运行轨迹和控制线。从图中看出,ΔGDP由正值变为负值,表示经济增长趋势变缓,该势头在“十三五”后期更为明显;与之相反,ΔCPI值呈上升之势,且愈来愈明朗。两者离目标控制值之间距离呈扩大趋势,表明在多因素影响下,我国“十三五”期间经济增长和物价稳定目标实现有一定难度。从图4可知,ΔGDP基本实现初始目标,实现率超过了85%,而ΔCPI的目标实现率则为75.08%,尚未能精准实现初始目标。

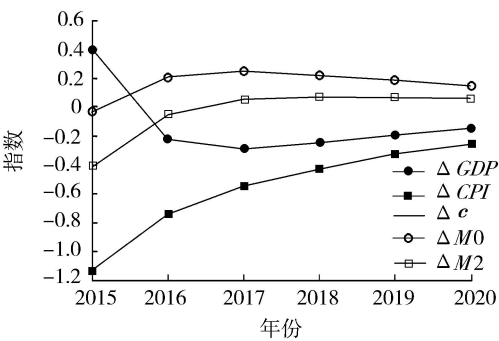


图4 “十三五”GDP与CPI最优轨线与控制线

#### 5. “十四五”最优货币政策控制轨迹

根据式(4)(5),此处一般GC-LQOC模型实验中,Q阵取对角阵,对角阵上的元素表示目标分量在宏观决策中的重视程度值,其越大,决策系统抗干扰能力越强,但同时要付出较大代价。当然,调节R控制成本下降,精度不如调节Q值。同时,调节Q和R,则可达较高的精度,但是政策控制成本上升幅度过大。本着控制精度较高,而调控成本低的最优化考虑,结合《中共中央关于制定国民经济和社会

发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》,取“十四五”期间  $\Delta GDP$ 、 $\Delta CPI$  值为 5.5%、5%;取  $q_{11}$  为 10,  $r_{11}$  为 0.1 时,得到如下最优控制目标方案(表 5)。

表 5 “十四五”我国 GDP 增长率与 CPI 最优控制的目标方案

| 目标内容   | 目标结果                                                                                                                                                                                                               |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 控制策略   | $Q = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, R = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$<br>$B = \begin{bmatrix} 0 & 0.1807 \\ 0.2117 & 0 \\ 10^{-4} & 10^{-4} \end{bmatrix}$ |
| 反馈增益矩阵 | $K = \begin{bmatrix} -1.3361 & -2.9320 & 3057.8275 \\ 0.1546 & -0.6492 & 419.0860 \end{bmatrix}$                                                                                                                   |
| 最优策略矩阵 | $\bar{A} = \begin{bmatrix} -1.2973 & 0.7602 & -77.6695 \\ 0.7324 & 0.2153 & -651.4538 \\ 0.0012 & 0.0036 & -2.4769 \end{bmatrix}$                                                                                  |
| 特征根    | $\bar{\lambda}_1 = -1.1885 + 0.2162i,$<br>$\bar{\lambda}_2 = -1.1885 - 0.2162i,$<br>$\bar{\lambda}_3 = -1.1820$                                                                                                    |
| 目标函数值  | 3.7725                                                                                                                                                                                                             |
| 精度     | $\Delta GDP = 98.71\%, \Delta CPI = 98.46\%$                                                                                                                                                                       |

对比表 4 与表 5 可以发现,  $M0$  对  $CPI$  的反馈效应系数逐渐增大,而  $M2$  的反馈效应系数中  $GDP$  效应系数变为正值;最优控制目标方案的特征根为负,说明该控制系统具有稳定性和较好的解释力。进一步地,根据表 5 计算结果可得出图 5、图 6。对比图 4 和图 5 可以看出,  $M0^*$  与  $M2^*$  最优值分别为 7.64% 和 15.12%。这其中,  $M2$  的增长率由 2015 年的 13.30% 上升到 2019 年的 15.00%, 然后回落到 2024 年末的 14% 左右;而  $M0$  的增长由 2015 年 5% 上升到 2019 年的 9% 附近, 然后预期会回落到 2024 年 8% 以下。如果能控制到这点,  $\Delta GDP$ 、 $\Delta CPI$  在“十四五”最优控制目标实现精度大幅提升, 分别达到 98.7%、98.4%。

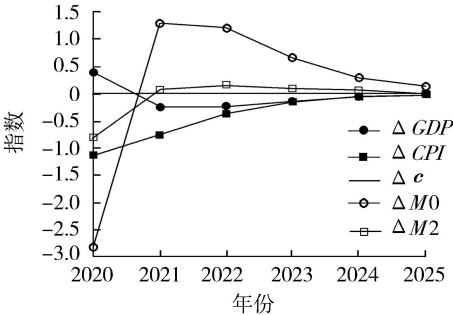


图 5 “十四五”GDP 与 CPI 的最优增长与控制轨线

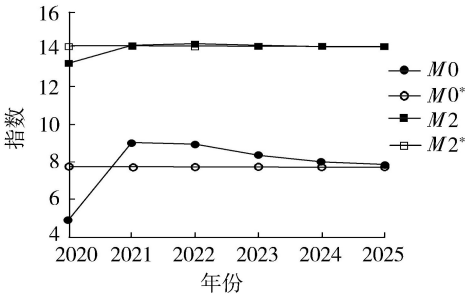


图 6 “十四五” $M0$  与  $M2$  的最优轨线

基于经济增长和物价稳定的目标方案,如果考虑国际经济形势,“十四五”时期可以适度增加  $M0$  和  $M2$  供应量,这表明,要实现“十四五” $GDP$  与  $CPI$  的预期目标,在坚持稳健的货币政策基调的同时,货币政策可以适度宽松,尤其是和积极财政政策耦合互动。当然,如果要同时兼顾汇率、贸易平衡等因素,则尚需谨慎。

四、结论与政策建议

通过建立我国  $GDP$  与  $CPI$  的二次线性最优控制模型,评估了“十三五”规划实施精度。研究发现,“十三五”期间,与  $GDP$  倍增目标相匹配的物价最优控制目标值为 2.77%。同时,利用最优控制模型,根据国家“十四五”规划目标,对货币政策最优控制轨迹进行模拟分析。通过以上研究,为了更好完成十四个五年规划和二〇三五年远景目标,可以考虑如下建议:

第一,厘清  $M0$ 、 $M2$  对促进经济增长和维持物价稳定双重目标中的地位和政策时效。尽管  $M2$ 、 $M0$  对经济增长和  $CPI$  具有正的促进效应,但仅依靠对两者的调节难以实现通货膨胀与  $GDP$  增长的两全目标。即,“十四五”时期抑制通货膨胀促进经济充分增长在更大程度上要依赖弹性的货币政策,重点就是要积极完善货币供应调控机制,这个弹性的现实解读就是要保持  $M2$  增速与经济增速保持一致,同时将货币总量的锚牢牢锁定在经济增长率上。

第二,在未来宏观调控策略上,必须把  $GDP$  增长速度放在优先控制的战略地位,不可为稳定通货膨胀而失去宏观调控的最优抓手。从 2016—2019 年《中华人民共和国国民经济和社会发展统计公报》看,  $GDP$  增长率和  $CPI$  大部分时间都在最优控制的范围内,而  $M0$  与  $M2$  的增长率却有较大幅度的下降,这说明货币政策调控效率不断提高,或其他调

控工具发生了作用。这也表明,我国宏观调控科学化在实践中得到了检验和深化。当然,未来更长时间仍需关注金融稳定,尤其在当前国际金融格局中美国过度推行量化宽松货币政策背景下,在促进我国经济平稳发展的同时预防金融风险的发生。

第三,防范外部经济环境对经济增长和物价稳定的影响。其中,中美经济关系的走向最终可能会影响中国的宏观经济政策,给中国宏观调控政策的操作带来压力,尤其是对国际贸易与收支、价格体系与经济产出产生重要影响。我们必须不断以坚持发展核心技术、坚持对外开放、坚持以经济发展为重点,就一定能在经济增长的前提下实现物价稳定。在这个过程中,应该重视货币政策与财政政策的协调与配合,因为单纯的货币政策运作效果是有限和不可期的。要协调好货币政策与中长期财政政策的耦合点和目标协作机制,加强财政金融资源统筹,增强国家重大战略的资金保障,在保持币值稳定的前提下,央行应配合财政政策进行适度的流动性刺激,以保持经济的平稳运行。

第四,身处百年未有之大变局的关头,必须建立和完善国家宏观经济管理的新思路和新战略,搞好跨周期政策设计,提高逆周期调节能力。尤其是在后疫情时代,中国作为最先控制住疫情的国家,经济复苏在即,CPI 通胀和 PPI 通胀会维持一段时间,货币政策很难保持宽松,可通过普惠性再贷款再贴现额度、降低存款准备金率措施,为新一轮经济振兴提供必需的流动性。

#### 参考文献:

[ 1 ] TOBIN J. Money and economic growth[J]. *Econometrica*, 1965,33(4):671-684.

[ 2 ] STOCKMAN A C. Anticipated inflation and the capital stock in a cash inadvance economy [ J ]. *Journal of Monetary Economics*, 1981(8):387-393.

[ 3 ] 戴金平,朱鸿.金融周期如何影响经济周期波动? [J]. *南开学报(哲学社会科学版)*,2018(5):142-151.

[ 4 ] DUNAEV B B. Inflation function of the money supply and level of unemployment under equilibrium conditions in a market system [ J ]. *Cybernetics and System Analysis*, 2007,43(4):146-161.

[ 5 ] FRIEDMAN M, SCHWARTZ A J. Money and business cycles [ J ]. *The Review of Economics and Statistics*, 1963,45(1):32-64.

[ 6 ] 张平. 货币供给机制变化与经济稳定化政策的选择 [J]. *经济学动态*,2017(7):26-34.

[ 7 ] 孙少岩,王江. 通货膨胀、信贷传导与经济增长 [J]. *广东社会科学*,2017(2):19-27.

[ 8 ] 张明玖,潘辉. 中国通货膨胀、货币供应与经济增长关系 [J]. *统计与决策*,2020(17):124-129.

[ 9 ] BERNANKE B S, LAUBACH T, MISHKIN F S, et al. *Inflation targeting: lessons from the international experience* [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1999.

[ 10 ] FAVARA G, GIGRDANI P. Reconsidering the role of money for output, prices and interest rates [J]. *Journal of Monetary Economics*, 2009(56):419-430.

[ 11 ] 张金城. 货币政策调控、流动性管理与宏观经济稳定 [J]. *国际金融研究*,2014(3):7-20.

[ 12 ] 张四灿,张云. 稳健货币政策、产业升级与中国经济波动 [J]. *郑州大学学报(哲学社会科学版)*,2020,53(4):52-56.

[ 13 ] 王智勇. 货币供应与价格波动——兼论投资的中介作用 [J]. *中央财经大学学报*,2019(7):27-41.

[ 14 ] 张成思,刘贯春. 经济增长进程中金融结构的边际效应演化分析 [J]. *经济研究*,2015(12):84-99.

[ 15 ] 周文,赵果庆. 中国 GDP 增长与 CPI:关系、均衡与“十二五”预期目标调控 [J]. *经济研究*,2012(5):4-17.

[ 16 ] 张龙,隋建利. 货币政策的宏观经济效应:包含政策和技术的双预期 DSGE 框架 [J]. *财经科学*,2020(12):28-39.

[ 17 ] 庄子罐,贾红静,刘鼎铭. 货币政策的宏观经济效应研究:预期与未预期冲击视角 [J]. *中国工业经济*,2018(7):80-97.

[ 18 ] 刘金全,艾昕. 经济政策不确定性视角下宏观杠杆的调控效应及其策略选择 [J]. *改革*,2020(3):74-84.

(责任编辑:高虹)

