

# 湖北经济发展的周期性及其驱动因素

陈成忠

(湖北师范学院地理科学系, 湖北黄石435002)

**【摘要】** 研究经济发展的周期性及其驱动因素,“淡化”经济周期的剧烈波动,对优化调控经济管理、促进经济稳定增长具有重要意义。采用经验模态分解(Empirical Mode Decomposition, EMD)和偏最小二乘回归(Partial Least Squares Regression, PLSR)相结合方法,对1952~2007年湖北人均GDP进行了多尺度分析及不同时间尺度下的驱动因素分析。结果发现:(1)56a来,湖北人均GDP在波动中不断增长,存在准4.7a、准11.2a和准56a3个波动周期和一个先轻微下降后持续递增的趋势项;(2)湖北人均GDP不同周期性波动的共同驱动因子有资本形成总额、原煤产量、水泥产量、进出口总额、旅客周转量,不同因子及其驱动大小分别为准4.7a依次有社会消费品零售总额、居民消费、农林牧渔总产值、钢产量、货物周转量,准11.2a依次有社会消费品零售总额、发电量、农林牧渔总产值、钢产量,准56a依次有居民消费、政府消费、邮电业务总量,趋势项依次有社会消费品零售总额、居民消费、政府消费、发电量、农林牧渔总产值、钢产量、邮电业务总量、货物周转量。湖北及中央政府相关政策制定者应特别关注促进资本积累与形成,有效调控原煤与水泥等主要工业产品产量,制定合理的进出口贸易政策,提高旅客运输效率及运输能力等。

**【关键词】** 人均GDP; 经验模态分解; 偏最小二乘回归分析; 湖北

**【文献标识码】** A

经济发展的周期性不仅是区域经济研究的主题,也是世界各国政府及学术界关注的焦点。Peter<sup>[1]</sup>、Greenwood<sup>[2]</sup>等考虑不同要素作用下的经济波动,分别建立各种假设条件下的经济周期数理模型,Antonio<sup>[3]</sup>分析了经济周期对长期经济增长的影响,Dustmann<sup>[4]</sup>研究了德国和英国移民及本地人的就业、工资差异对经济周期的影响。Centoni<sup>[5]</sup>提出一种评价全球经济周期共同波动及传播机制重要性的计量经济学框架,以美国、日本、加拿大及欧元区国家为例进行了实证分析。Dosi<sup>[6]</sup>基于Agent模型在分析凯恩斯Demand-generation理论与熊彼特Technology-fueled经济增长理论关系基础上,研究宏观经济动态和公共政策对供给、需求与经济基础的影响,认为总需求和技术革新对经济短期波动和长期增长趋势的影响具有较大互补性。Gokan<sup>[7]</sup>在简介Woodford财政约束模型和Grandmont资本-劳动力替代基础上,分析了政府开支对经济发展的动态影响。刘树成<sup>[8]</sup>研究了中国经济改革前后两大阶段的经济特点,并对当前与改革后经济周期特点进行了比较分析。睢国余<sup>[9]</sup>探讨了中国经济周期微观基础的转变。李建伟<sup>[10]</sup>对我国GDP、存货投资和固定投资的短期波动、中期波动和中长期波动特征进行了分析。刘恒<sup>[11]</sup>构造一个能综合反映周期波动的短期波动综合指数,对中国经济周期阶段性进行了统计描述和特征归纳。张焕明<sup>[12]</sup>引入经济增长率变量,得出拟合程度较高的我国菲利普斯曲线计量模型,发现短期内菲利普斯曲线是一条直线,长期内是一条向下倾斜的曲线,并从经济体制和经济周期角

收稿日期:2010-05-16; 修回日期:2010-07-11

基金项目:湖北省自然科学基金(2009CDB249); 湖北省教育厅人文社科项目(2009y122); 湖北师范学院人才引进项目(2008F16)

作者简介:陈成忠(1970~),男,山东省平邑人,副教授,博士,主要从事生态经济、环境资源研究。E-mail:chenchengzhongbu@163.com

度给出理论解释。陈自芳<sup>[13]</sup>对改革开放以来浙江与全国经济波动进行了对比分析,周忠民<sup>[14]</sup>分别探讨了江苏的经济周期规律,赵书茂<sup>[15]</sup>运用区域经济周期理论和时间序列分析方法,分析了河南省区域经济发展的周期性特征。

湖北作为全国重要的老工业基地、中部地区经济大省,建国 60a 来经济建设取得巨大成就,引起政府及学术界的广泛关注。湖北政府于 2003 年 11 月提出“武汉城市圈发展”战略,中央政府于 2004 年 1 2 月继东部开放、西部大开发、东北振兴三大区域战略政策后,作出“促进中部地区崛起”的战略决策。厉以宁<sup>[16]</sup>指出,承东启西、连接南北的湖北在中部崛起中拥有举足轻重的战略地位,中国即将到来的重型化工业革命也将为湖北振兴带来难得机遇。黄国安<sup>[17]</sup>指出三峡工程建设的巨额投资及由此产生的巨大市场需求,拉动了湖北国内生产总值的增长、四大市场的发育和壮大、大型骨干企业的技术进步与技术改造及高新技术产业的崛起。王铮<sup>[18]</sup>改进 Conley、Ligon 区域溢出统计分析模型,分析中国各省区 GDP 溢出表明湖北具有重要溢出作用,振兴湖北经济是带动中西部经济发展的关键一环。黄雅静<sup>[19]</sup>指出在中部地区营造汉三角经济增长极,不仅将完善我国区域经济空间布局,而且对促进中部崛起有十分重要的战略意义。刘承良<sup>[20]</sup>构建经济联系强度模型和隶属度模型,定量分析武汉都市圈空间竞争与范围的动态性特征及经济联系的空间结构等级层次性特征。王仁祥<sup>[21]</sup>在引入社会福利、居民生活质量等更为人性化的软性指标基础上,通过因子分析法得出目标评价结果,找出各指标与主成分间的因果联系,研究了湖北经济发展水平。李占风<sup>[22]</sup>通过经济计量模型和因子分析方法对湖北经济增长因素进行了定量分析。Li X M<sup>[23]</sup>采用支持向量机、生态足迹等方法研究了 2006~2020 年总体规划期间社会经济发展对武汉市生态环境的影响。但至今未见湖北经济发展的周期性及其驱动因素相关研究。

湖北经济发展的周期性及其驱动因素研究,可以加强人们对湖北经济发展规律的科学认识,尽量避免人为因素造成的经济剧烈波动,从而减弱其对国民经济的不利影响;对于准确分析湖北经济的未来发展走势,客观把握湖北经济的宏观运行规律、促进经济的健康稳定发展具有十分重要的理论意义和现实意义。然而,经济发展的周期性受人口、消费、土地、科技、气候、管理等众多社会经济因素影响,具有复杂的非线性特征,是非线性系统,在时间和空间上具多尺度特性,而且需要分析的时间序列多是非线性、非平稳数据,此时各种经典的时间序列分析方法由于其本身的局限性,不能刻画经济环境中复杂的非线性特征。为此,本文采用经验模态分解(Empirical Mode Decomposition, EMD)方法,在分析湖北1952~2007年经济发展的周期性规律基础上,利用偏最小二乘回归(Partial Least-squares Regression, PLSR)方法对影响湖北经济发展周期性的主要驱动因素进行量化分析,进而提出有关政策建议。

## 1 研究方法和数据来源

采用EMD和PLSR相结合方法,分析湖北经济发展的周期性及其驱动因素。关于EMD 及PLSR方法的详细介绍,可参阅文献<sup>[24~26]</sup>。选择样本区间为1952~2007年,共56a。1952~1999年数据来源于《新中国五十年统计资料汇编》,2000~2007年数据来源于2001~2008《中国统计年鉴》,还有部分数据来源于《湖北统计年鉴》、《湖北年鉴》和《2001~2007年湖北国民经济和社会发展统计公报》等。为剔除价格变动对分析结果的影响,1952~2007年湖北省人均GDP数据采用1952年不变价格计算。数据处理主要运用SPSS 11.0、SIMCA-P11.5、Mathlab 7.0等统计分析软件。

## 2 湖北经济发展的周期性分析

### 2.1 1952~2007年人均GDP变化的基本态势

图1是湖北1952~2007年人均GDP波动曲线。可看出:56a来,湖北人均GDP在波动中不断增加,1952年最低(0.009万元),2007年最高,达0.308万元。20世纪80年代以前增长比较缓慢,80年代以后增长较快,尤其90年代后增幅明显加大。

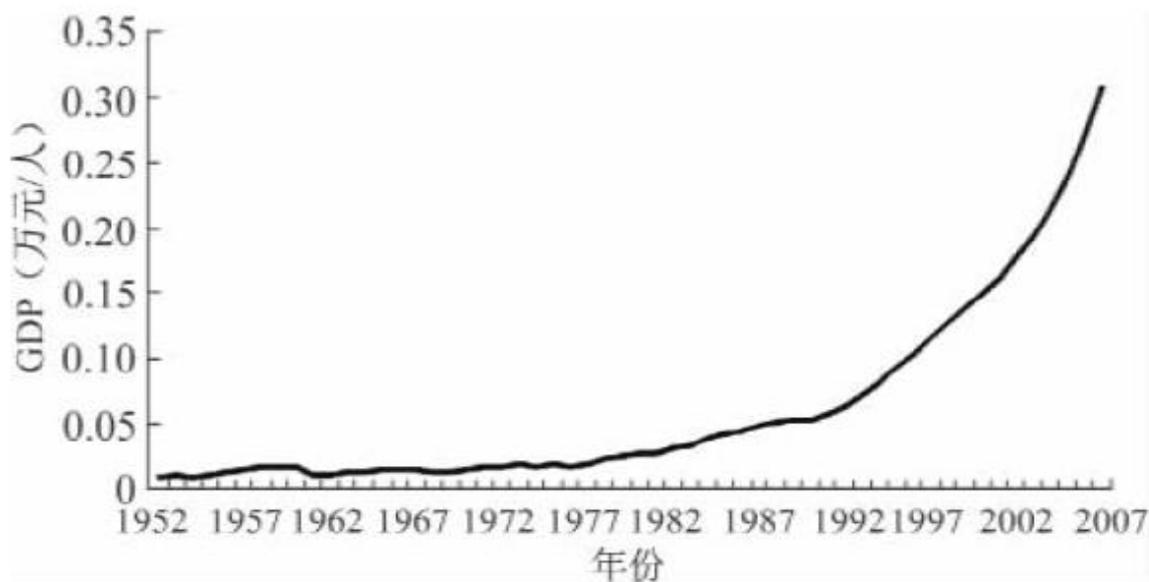


图 1 湖北省 1952~2007 年人均 GDP

Fig. 1 Per Capita GDP in Hubei Province from 1952 to 2007

从图1原序列既看不出人均GDP波动的周期性,更看不出周期变化在时间域中的分布、波动的振幅、频率等深层次信息,有必要进行EMD分解。

## 2.2 EMD分析

图2是对图1湖北人均GDP时间序列进行EMD分解,提取的3个IMF分量及趋势量(IMF:Intrinsic Mode Function,本征模态函数)。

由图2可看出,IMF1分量表示一个4.7a左右的周期性震荡,IMF2和IMF3分量分别表示11.2和56a左右的周期性波动(表1)。从各尺度方差贡献率看,湖北人均GDP以56a的周期性波动和先轻微下降后递增的趋势项为主。从平均振幅看,准56a周期的振幅最大,准4.7a周期波幅较小,准11.2a周期振幅最小。因此,湖北人均GDP存在准4.7a、准11.2a、准56a3个周期性波动和一个先轻微下降后持续递增的趋势项。

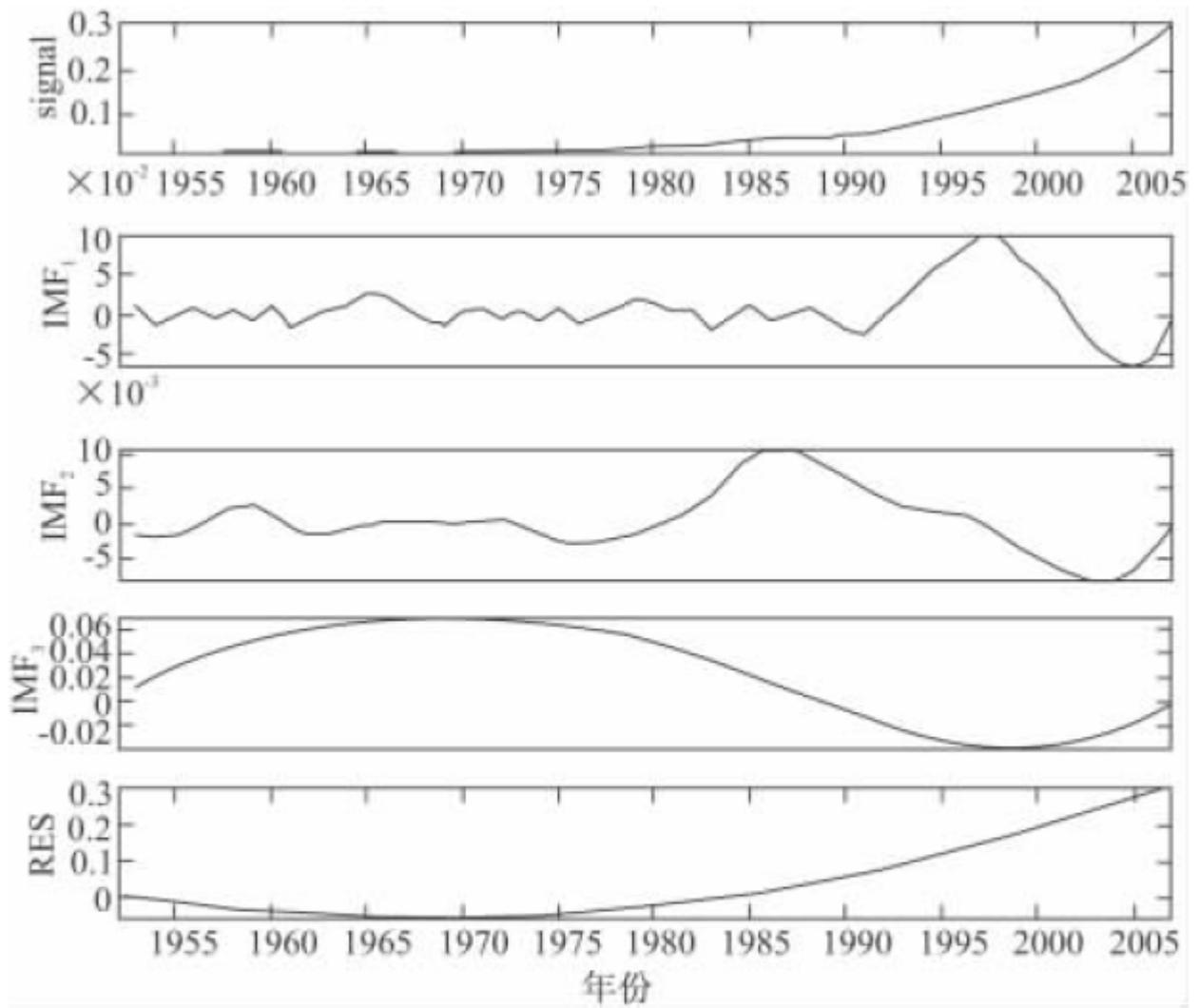


图 2 湖北省人均 GDP 各 IMF 分量及趋势量

Fig. 2 IMFs and Residual Trend of per Capita GDP in Hubei Province

**表 1 湖北省人均 GDP 各 IMFs 分量统计值**

Tab. 1 Statistics Values of IMFs and Residual Trend of per Capita GDP in Hubei Province

$IMF_i$	$IMF_1$	$IMF_2$	$IMF_3$	RES
周期 ( $T_i, a$ )	4.7	11.2	56.0	—
方差贡献率 ( $K_i, \%$ )	0.08	0.15	12.32	87.45
平均振幅 (万元)	0.030	0.005	0.060	—
中心频率	0.21	0.09	0.02	—

### 3 驱动因素分析

#### 3.1 指标选取

考虑到经济理论关系、湖北省情及数据的可获得性,选取与湖北经济发展密切相关的国民经济核算、就业与工资、工业、固定资产投资、交通运输、邮电业务、物价指数、进出口贸易等近百项经济统计指标作为驱动因素(均为人均数据)。为消除各指标量纲不同对分析结果的影响,首先对所选指标采用标准差标准化方法进行无量纲化处理,然后分别作湖北人均 GDP 与每一驱动因素的相关分析,结果选取了 13 个相关因子(表 2)。

表 2 湖北省人均 GDP 与各指标相关系数

Tab. 2 Correlative Coefficients Between per Capita GDP in Hubei Province and the Selected Indices

指标	相关系数*	指标	相关系数*
居民消费	0.992	水泥产量	0.994
政府消费	0.989	社会消费品零售总额	0.996
资本形成总额	0.990	邮电业务总量	0.938
农林牧渔总产值	0.972	进出口总额	0.959
原煤产量	0.977	旅客周转量	0.963
发电量	0.974	货物周转量	0.921
钢产量	0.946		

注：\* 均为通过 Pearson  $\alpha=0.01$  双尾检验

### 3.2 各指标EMD分解

对表2各指标值进行EMD分解,各IMF分量Hilbert变换后的统计值如表3所示。

由表3可看出:

(1)假如把各因素3.6~6.2a尺度看做准4.7a近似尺度,则表3中居民消费、资本形成总额、农林牧渔总产值、原煤产量、钢产量、水泥产量、社会消费品零售总额、进出口总额、旅客周转量、货物周转量等10个因素均具有准4.7a的周期性变化,确定这10个因素的IMF1尺度均与湖北人均GDP准4.7a的周期性波动密切相关。

(2)假如把各因素10.8~14.0a尺度看做准11.2a近似尺度,则表3中资本形成总额、农林牧渔总产值、原煤产量、发电量、钢产量、水泥产量、社会消费品零售总额、进出口总额、旅客周转量等9个因素具有准11.2a的周期性变化,确定这9个因素的准11.2a尺度与湖北人均GDP准11.2a的周期性波动密切相关。

(3)表3中居民消费、政府消费、资本形成总额、原煤产量、水泥产量、邮电业务总量、进出口总额、旅客周转量等8个因素具有准56a的周期性变化,确定这8个因素的准56a尺度与湖北人均GDP准56a的周期性波动密切相关。

(4)表3中13个因素均以趋势项方差贡献率最大且递增趋势特别明显,确定这13个因素趋势项尺度与湖北人均GDP趋势项密切相关。

假设表2所选与湖北人均GDP相关因子代表符号分别为: $x_1$ (居民消费)、 $x_2$ (政府消费)、 $x_3$ (资本形成总额)、 $x_4$ (农林牧渔

总产值)、x5(原煤产量)、x6(发电量)、x7(钢产量)、x8(水泥产量)、x9(社会消费品零售总额)、x10(邮电业务总量)、x11(进出口总额)、x12(旅客周转量)、x13(货物周转量)。下面选取与湖北人均 GDP 准 4.7a、准 11.2a、准 56a 波动周期相似尺度和趋势项指标,对湖北人均 GDP 周期性波动的驱动因素进行 PLSR 分析。

表 3 各指标各 IMF<sub>s</sub> 分量的周期( $T_i, a$ )和方差贡献率( $K_i, \%$ )  
Tab. 3 Periods and Variance Contribution of the Selected Indices IMF<sub>s</sub>

指标		IMF <sub>1</sub>	IMF <sub>2</sub>	IMF <sub>3</sub>	IMF <sub>4</sub>	RES	指标		IMF <sub>1</sub>	IMF <sub>2</sub>	IMF <sub>3</sub>	IMF <sub>4</sub>	RES
居民消费	$T_i$	3.7	18.7	22.4	56.0	—	水泥产量	$T_i$	3.7	11.2	56.0	—	—
	$K_i$	0.10	3.53	2.49	4.31	89.57		$K_i$	0.09	0.11	15.70	—	84.11
政府消费	$T_i$	22.4	28.0	56.0	—	—	社会消费品零售总额	$T_i$	4.7	14.0	—	—	—
	$K_i$	14.02	7.82	14.85	—	63.31		$K_i$	0.01	0.14	—	—	99.85
资本形成总额	$T_i$	4.5	11.2	56.0	—	—	邮电业务总量	$T_i$	22.4	37.3	56.0	—	—
	$K_i$	1.23	0.02	10.70	—	88.05		$K_i$	2.04	13.70	32.99	—	51.28
农林牧渔总产值	$T_i$	4.3	11.0	—	—	—	进出口总额	$T_i$	4.4	13.3	37.3	56.0	—
	$K_i$	0.18	2.68	—	—	97.14		$K_i$	0.08	0.21	6.83	37.00	55.88
原煤产量	$T_i$	6.2	14.0	37.3	56.0	—	旅客周转量	$T_i$	4.3	10.8	30.3	56.0	—
	$K_i$	1.64	0.90	1.71	7.97	87.79		$K_i$	0.15	0.51	4.46	8.50	86.37
发电量	$T_i$	7.0	11.2	—	—	—	货物周转量	$T_i$	4	8	28	—	—
	$K_i$	1.97	0.22	—	—	97.81		$K_i$	0.70	1.28	9.21	—	88.81
钢产量	$T_i$	4.3	12.4	—	—	—							
	$K_i$	0.84	3.84	—	—	95.33							

### 3.3 PLSR分析

#### 3.3.1 准4.7a尺度

在准 4.7a 尺度下,对湖北人均 GDP 与 10 个驱动因素进行 PLSR 分析,得到湖北人均 GDP 与各因素之间的标准化 PLSR 模型为:

$$\begin{aligned}
 GDP_{imf1} = & 0.1044x_1 + 0.1042x_3 + 0.1023x_4 \\
 & + 0.1028x_5 + 0.0995x_7 + 0.1045x_8 + 0.1048x_9 \\
 & + 0.1009x_{11} + 0.1013x_{12} + 0.0969x_{13} \quad (1)
 \end{aligned}$$

在准 4.7a 尺度下,10 个因素中提取 1 个 PLS 成分对湖北人均 GDP 的交叉有效性是 0.992,模型 (1) 对湖北人均 GDP 的解释能力为 0.992,达到较高精度。由模型 (1) 可看出:10 个因素均与湖北人均 GDP 准 4.7a 周期性波动正相关,正相关程度依次为社会消费品零售总额、水泥产量、居民消费、资本形成总额、原煤产量、农林牧渔总产值、旅客周转量、进出口总额、钢产量、货物周转量。

#### 3.3.2 准11.2a尺度

在准 11.2a 尺度下,对湖北人均 GDP 与 9 个驱动因素进行 PLSR 分析,得到湖北人均 GDP 与各因素之间的标准化 PLSR 模型为:

$$\begin{aligned}
GDP_{imf2} = & 0.1150x_3 + 0.1128x_4 + 0.1134x_5 \\
& + 0.1130x_6 + 0.1098x_7 + 0.1154x_8 + 0.1156x_9 \\
& + 0.1114x_{11} + 0.1118x_{12}
\end{aligned} \tag{2}$$

在准11.2a尺度下,9个驱动因素中提取1个PLS成分对湖北人均GDP的交叉有效性是0.992,模型(2)对湖北人均GDP的解释能力为0.992,达到较高精度。由模型(2)可看出:9个因素与湖北人均GDP准11.2a周期性波动正相关,正相关程度依次为社会消费品零售总额、水泥产量、资本形成总额、原煤产量、发电量、农林牧渔总产值、旅客周转量、进出口总额、钢产量。

### 3.3.3 准56a尺度

在准56a尺度下,对湖北人均GDP与8个驱动因素进行PLSR分析,得到湖北人均GDP与各因素之间的标准化PLSR模型为:

$$\begin{aligned}
GDP_{imf3} = & 0.1292x_1 + 0.1288x_2 + 0.1289x_3 \\
& + 0.1272x_5 + 0.1294x_8 + 0.1221x_{10} + 0.1249x_{11} \\
& + 0.1254x_{12}
\end{aligned} \tag{3}$$

在准56a尺度下,8个驱动因素中提取1个PLS成分对人均GDP的交叉有效性是0.990,模型(3)对人均GDP的解释能力为0.991,达到较高精度。由模型(3)可看出:8个因素均与湖北人均GDP准56a周期性波动正相关,正相关程度依次为水泥产量、居民消费、资本形成总额、政府消费、原煤产量、旅客周转量、进出口总额、邮电业务总量。

### 3.3.4 趋势项尺度

在趋势项尺度下,对湖北人均GDP与13个驱动因素进行PLSR分析,得到湖北人均GDP与各因素之间的标准化PLSR模型为:

$$\begin{aligned}
GDP_{res} = & 0.00805x_1 + 0.0802x_2 + 0.0803x_3 \\
& + 0.0788x_4 + 0.0792x_5 + 0.0790x_6 + 0.0767x_7 \\
& + 0.0806x_8 + 0.0808x_9 + 0.0761x_{10} + 0.0778x_{11} \\
& + 0.0781x_{12} + 0.0747x_{13}
\end{aligned} \tag{4}$$

在趋势项尺度下,13个驱动因素中提取1个PLS成分对人均GDP的交叉有效性是0.992,模型(4)对人均GDP的解释能力为0.993,

达到较高精度。由模型(4)可看出:13个因素均与湖北人均GDP趋势项正相关,正相关程度依次为社会消费品零售总额、水泥产量、居民消费、资本形成总额、政府消费、原煤产量、发电量、农林牧渔总产值、旅客周转量、进出口总额、钢产量、邮电业务总量、货物周转量。

### 3.4 政策建议

综上所述,影响湖北人均GDP不同周期性波动的共同因子主要有资本形成总额、原煤产量、水泥产量、进出口总额、旅客周转量等。由此可见,湖北及中央政府相关政策制定者应特别关注资本积累、稳定资本形成,有效调控原煤与水泥等主要工业产品产量,优化资源配置、制定合理的进出口贸易政策,加强交通运输管理,提高旅客运输效率及运输能力,充分发挥武汉“九省通衢”的交通要塞地位。此外,湖北经济发展政策的近期目标(准4.7a尺度)还应关注社会消费品零售、居民消费、农林牧渔、钢产量、货物运输等;中期目标(准11.2a尺度)应关注社会消费品零售、发电量、农林牧渔、钢产量等;长期目标一(准56a尺度)应特别关注居民消费、政府消费、邮电通讯等,长期目标二(趋势项尺度)应特别关注社会消费品零售、居民消费、政府消费、发电量、农林牧渔、钢产量、邮电通讯、货物运输等。

## 4 结论与讨论

利用EMD方法,提取1952~2007年湖北人均GDP变化的波动周期,在不同尺度下探讨了影响湖北人均GDP周期性波动的驱动因素,结果发现:56a来,湖北人均GDP存在准4.7a、准11.2a、准56a3个波动周期和一个先轻微下降后递增趋势。在不同时间尺度下,对与湖北人均GDP相关驱动因素进行PLSR分析,得出湖北人均GDP不同周期性波动的共同正相关因子有资本形成总额、原煤产量、水泥产量、进出口总额、旅客周转量,不同因子及其驱动大小分别为准4.7a依次有社会消费品零售总额、居民消费、农林牧渔总产值、钢产量、货物周转量,准11.2a依次有社会消费品零售总额、发电量、农林牧渔总产值、钢产量,准56a依次有居民消费、政府消费、邮电业务总量,趋势项尺度依次有社会消费品零售总额、居民消费、政府消费、发电量、农林牧渔总产值、钢产量、邮电业务总量、货物周转量。结合分析结果,给出了整体的和不同时期的政策建议。

由于数据限制,湖北人均GDP驱动因素中宏观经济变量选取较少,未分析首要的经济测度指标工业总产值及三大产业产值,未涉及技术进步和资源利用指标等。另外,由于尺度是个相对概念,湖北人均GDP不同波动周期的确定带有一定主观因素。因此,获取比较全面的驱动因素数据、更科学地确定不同的波动周期等是本文深入研究的方向。

### 参考文献:

- [1] PETER N S. Output price determination and the business cycle[J].Economic Modelling,2000,17:49~69.
- [2] GREENWOD J, HERCPWITZ Z, KRUSELL P. The role of investment-specific technological change in the business cycle[J].European Economic Review,2000,44:91~115.
- [3] ANTINIO F A. Do business cycles cast long shadows? Short run persistence and economic growth[J].Journal of EconomicGrowth,2000(5):147~162.
- [4] DUSTMANN C, GLITZ A, VOGEL T. Employment, wages, and the economic cycle: Differences between immigrants and natives[J].European Economic Review,2010,54(1):1~17.
- [5] CENTONI M, CUBADDA G, HECQ A. Common shocks, common dynamics, and the international business cycle[J].Economic Modelling,2007,24(1):149~166.

- 
- [6] DOSI G, FAGIOLO G, ROVENTINI A. Schumpeter meeting keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles[J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, In Press, doi:10.1016/j.jedc.2010.06.018.
- [7] GOKAN Y. Dynamic effects of government expenditure in a finance constrained economy[J]. *Journal of Economic Theory*, 2006, 127(1):323~333.
- [8] 刘树成. 论中国经济周期波动的新阶段[J]. *经济研究*, 1996(11):3~10.
- [9] 睢国余, 蓝一. 中国经济周期性波动微观基础的转变[J]. *中国社会科学*, 2005(1):60~70.
- [10] 李建伟, 米建国. 我国经济增长周期性波动的特征及发展趋势[J]. *经济纵横*, 2001(5):2~7.
- [11] 刘恒, 陈述云. 中国经济周期波动的新态势[J]. *管理世界*, 2003(3):5~16.
- [12] 张焕明. 1979年~2000年我国菲利普斯曲线的实证研究[J]. *管理科学*, 2003, 16(2):78~82.
- [13] 陈自芳. 改革以来浙江与全国经济波动的比较分析[J]. *浙江学刊*, 1998(5):18~24.
- [14] 周忠民, 范金, 郑庆武. 江苏经济波动的阶段性分析[J]. *江苏社会科学*, 1999(2):173~179.
- [15] 赵书茂, 张银鹤, 马秋香. 河南省经济增长周期性分析研究[J]. *地域研究与开发*, 2005, 24(3):28~31.
- [16] 厉以宁. 中部崛起——湖北的机遇与作为 [EB/OL]. <http://www.hb.xinhuanet.com/zhibo/2006-09/21/content8095621.htm>.
- [17] 黄国安, 熊心康. 三峡工程拉动湖北经济发展分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2004, 13(2):114~118.
- [18] 王铮, 武巍, 吴静. 中国各省区经济增长溢出分析[J]. *地理研究*, 2005, 24(2):243~252.
- [19] 黄雅静. 汉三角地区经济发展分析与对策[J]. *热带地理*, 2007, 27(3):259~263.
- [20] 刘承良, 余瑞林, 熊剑平, 等. 武汉都市圈经济联系的空间结构[J]. *地理研究*, 2007, 26(1):197~209.
- [21] 王仁祥, 孙亚超. 湖北经济发展现状及竞争力评价[J]. *中南财经政法大学学报*, 2006(5):42~47.
- [22] 李占风. 湖北省经济增长模型及实证分析[J]. *中南财经政法大学学报*, 2005(1):61~64.
- [23] LI X M, ZHU J X, YUAN S H, et al. Using support vector machine to predict eco-environment burden: A case study of Wuhan, Hubei province, China[J]. *Biomedical and Environmental Sciences*, 2008, 21:45~52.
- [24] HUANG N E, SHEN Z. The empirical mode decomposition and the Hilbert Spectrum for nonlinear and nonstationary time series analysis[J]. *Proceedings of the Royal Society LandA*, 1998, 454:899~955.

---

[25] HUANG N E, SHEN Z, LONG S R. A new view of nonlinear water waves: The Hilbert Spectrum[J]. Annual Review of Fluid Mechanics, 1999, 31:417~457.

[26] 管卫华, 林振山, 顾朝林. 中国区域经济发展差异及其原因的多尺度分析[J]. 经济研究, 2006, 43(7):117~125.

[27] CHEN C Z, LIN Z S. Multiple timescale analysis and factor analysis of energy ecological footprint growth in China 1953~2006[J]. Energy Policy, 2008, 36:1 666~1 678.

[28] 王惠文, 吴载斌, 孟 洁. 偏最小二乘回归的线性和非线性方法[M]. 北京:国防工业出版社, 2006.