

文章编号: 1000 - 7695 (2011) 12 - 0026 - 04

# 基于线性规划理论的资源约束条件下产业结构优化模型研究

宫清华<sup>1</sup>, 杨 蕾<sup>2,3</sup>, 黄光庆<sup>1</sup>

(1. 广州地理研究所, 广东广州 510070; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640;  
3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 从产业结构和资源利用效率相互作用的本质关系出发, 运用投入产出模型和和数学规划模型相结合的方法, 研究经济效益最大化和资源利用最小化两种条件下的最优产业结构, 探讨产业结构优化和调整的理论最优方向, 并以中山市的情况为基础进行案例分析, 寻求资源约束条件下的产业结构发展战略, 为资源与经济的可持续发展提供科学依据。

**关键词:** 资源; 产业结构; 调整; 模型

中图分类号: F224

文献标识码: A

## Research on Industrial Structure Adjustment Model Based on Resources and Linear Programming

GONG Qinghua<sup>1</sup>, YANG Lei<sup>2,3</sup>, HUANG Guangqing<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China;

2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

3. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** The authors conduct the research on industrial structure adjustment from the perspective of industrial structure and resources usage. By using input - output model and the linear programming model, two theoretical optimum industrial structures and resources utilization efficiency are studied. Taking the case of Zhongshan, this paper tries to seek the reasonable resources consuming structure and provide scientific data for sustainable development of resources and economy in Zhongshan.

**Key words:** resources; industrial structure; adjustment; model

## 1 引言

所谓产业结构是指再生产过程中形成的各种产业间的相互关系和数量比例关系。产业结构的实质是经济系统运行所需资源在各个产业之间的分布结构。在经济系统中, 产业结构不是孤立存在的, 它是受外环境的制约的。产业结构与外环境的关系, 如图 1 所示<sup>[1]</sup>。产业结构是处在与资源结构、分配结构和需求结构的相互作用中的。资源输入使产业结构受资源结构的影响, 输出产品又使产业结构与需求结构相对应。而资源结构、产业结构及需求结构又受到分配结构的影响。因此, 产业结构并不仅仅是产业间的一种关系, 它更准确地讲是指与外界环境相互作用的产业之间的结构关系<sup>[2]</sup>。资源是区域发展的重要条件, 资源利用的广度、深度和合理程度直接反映了地区经济的发展水平, 还制约着地区经济部门的发展速度。资源利用效率的提高要依赖于合理的产业结构, 而合理的产业结构又促进资源利用效率的提高, 两者之间存在着相互依存和相

互制约的耦合关系<sup>[3]</sup>。

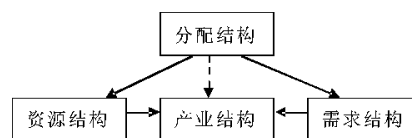


图 1 产业结构与外环境的关系示意图 (据周振华修改, 1995)

本文从生态经济系统的观点出发, 把资源利用的经济效益与生态效益有效的结合, 并进行综合分析, 采用投入产出模型与线性规划理论相结合的方法构建最优化产业结构调整模型, 为合理的利用资源, 获取最佳的经济效益和生态效益提供综合的科学依据。以中山市的情况为基础进行了案例分析和模型验证, 寻求资源约束条件下的产业结构发展战略。

## 2 资源约束条件下产业结构最优化模型

### 2.1 经济效益最大化意义下的产业结构

将整个经济系统分成  $n$  个行业, 根据投入产出模型<sup>[4]</sup>有:

收稿日期: 2010 - 06 - 17, 修回日期: 2011 - 02 - 18

$$Y = X - AX^1$$

其中,  $Y = [Y_1, Y_2 \dots Y_n]^T$ ;  $X = [X_1, X_2 \dots X_n]^T$ ;  $Y_j$  和  $X_j$  分别为  $j$  个行业的最终产品价值量

和总产品价值量,  $X$  为现实产业结构向量,  $A$  为直接消费系数矩阵向量。则  $[X] = \sum_{j=1}^n X_j$  和  $[Y] = \sum_{j=1}^n Y_j$  分别表示各个行业总产品的合计(全社会产品总量的价值表现)和各个行业最终产品的总和(全社会最终产值的表现)。那么, 要达到经济效益最大化意义下的产业结构, 我们的目标函数即为,

$$\text{MAX}[Y] = \text{MAX}(\sum_{j=1}^n (X - AX)) \quad (1)$$

满足公式(1)时的  $X$  即为经济效益最大化意义下的产业结构<sup>[5]</sup>。

### 2.2 资源利用最小化意义下的产业结构

将资源利用结构也同样分成  $n$  个行业, 根据投入产出模型有:

$$Z = BX$$

其中,  $Z = [Z_1, Z_2 \dots Z_n]^T$ ;  $X = [X_1, X_2 \dots X_n]^T$ ;  $Z_j$  和  $X_j$  分别为  $j$  个行业的资源消耗总量和总产品价值量,  $X$  为现实产业结构向量,  $B$  为资源消费系数矩阵向量。

则  $[X] = \sum_{j=1}^n X_j$  和  $Z = \sum_{j=1}^n Z_j$  分别表示各个行业总产品的合计(全社会产品总量的价值表现)和各个行业资源消耗量的总和(全社会资源消耗的表现)。那么, 要达到资源利用最小化意义下的产业结构, 我们的目标函数即为,

$$\text{MIN}[Y] = \text{MIN}(\sum_{j=1}^n BX) \quad (2)$$

满足公式(2)时的  $X$  即产业结构向量为资源利用最小化意义下的产业结构。

### 2.3 资源优化配置条件下的最优产业结构

优化和调整产业结构是在统筹兼顾和综合发展的基础上, 注重最优决策与满意决策辨正的应用, 兼顾经济发展与资源合理配置<sup>[6]</sup>。而多目标决策理论为经济和资源的统筹发展提供了思路。模型总体设计采用数学规划模型的基本形式, 约束方程则采用投入产出平衡方程式形式。模型通过多级模型联用, 并利用分类讨论、联立求解的数学思想, 把大系统简化, 从而达到兼顾社会、经济、资源要求, 并使之协调发展的目的。

以行业分类统计资源利用效率为目标函数的系数, 以经济效益最高为原则建立目标函数, 以资源供给量有限为约束条件, 构建宏观经济系统的产业结构优化模型。

目标函数:

$$\text{max}T = \text{max}(\sum_{j=1}^n (S_j \cdot W_j)) \quad (3)$$

其中  $S_j$  和  $W_j$  分别为  $j$  个行业的资源消耗总量

和单位资源量的产出效益,  $T$  为经济系统产品总量的价值表现(经济效益指标)。

约束条件:

$$\sum_{j=1}^n S_j \leq R \quad (4)$$

其中  $R$  为总资源供给量, 满足以上条件的  $T$  即是资源优化配置条件下, 经济效益最高时的产业结构。

## 3 案例分析——以中山市为例

### 3.1 研究区概况

近年来, 随着“工业强市”、“产业强市”战略的推进, 中山市工业发展迅速。产业结构以二、三产业为主, 第二产业是中山市的重心。工业结构以劳动密集型、外向型为主, 资本密集和技术密集型产业快速成长。产业集群效应明显, 已形成具有竞争力和特色的产业带。新兴产业不断涌现并发展壮大, 成为新的经济增长点。

80年代以来, 中山市资本贡献率一直远高于劳动力的贡献率和全要素贡献率, 这说明固定资产投资一直是拉动中山经济增长最重要的因素。土地资源紧缺, 至2007年, 全市建设用地面积占域土地面积的29.69%, 能源供应紧张, 中山市单位GDP电耗为117.13千瓦时/万元, 而广东省平均单位GDP电耗为114.64千瓦时/万元, 广州为70.75千瓦时/万元。此外, 经营成本上升, 企业融资困难, 劳动力结构性短缺矛盾突出等, 都在某种程度上制约了产业优化升级<sup>[7][8]</sup>。

表1 调查抽样数据框

生产能力		技术水平		经济效益		营销能力		用地	用水	用电
年生产总值 (万元)	企业增加值 (万元)	固定资产 (万元)	固定资产净值年平均余额 (万元)	主营业务收入 (万元)	销售收入 (万元)	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	占地面积 (m <sup>2</sup> )	耗水量 (m <sup>3</sup> )	耗电量 (kwh)	

### 3.2 研究思路

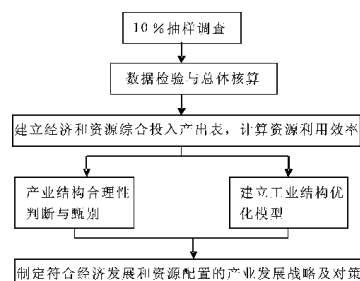


图2 产业结构调整模型研究思路框图

为了深入研究中山市产业发展与资源消耗间的关系, 首先对制约中山产业发展的几种基础性资源包括水资源、土地资源和电力资源进行抽样调查, 调查出每个行业的资源利用情况以及行业的经济发展情况, 具体调查指标如表1。经过抽样调查的数据检验和核算后, 建立资

源和经济的综合投入产出表,分析现状产业结构的合理性,运用上述的方法建立中山市的产业结构优化调整模型,最后制定符合中山是经济发展和资源配置的产业发展战略。研究思路如图 2<sup>[9]</sup>:

### 3.3 模型构建

根据中山市的经济形式,选取中山市六大支柱产业(电气机械及器材制造业、纺织服装、鞋、帽制造业、通信设备、计算机及其他电子设备、金属制品业、化学原料及化学制品制造业),以医药制造业、交通运输业为代表的主导产业以及通用设备制造业、专用设备制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业为代表的重工业及新兴产业供十个行业研究范围和对象。根据调查统计数据 and 以上产业结构优化调整模型,分别建立电力资源约束下的提出产业结构优化模型,水资源约束下的产业结构优化模型和土地资源约束下的产业结构优化模型。因本次抽样数据集中在中山市的十个工业行业,并非整个社会经济系统,因此建立产业结构调整模型时有以下假设条件:一是将十个行业作为一个独立的经济系统。二是模型中的资源利用效率系数在短期内是固定不变的。虽然在实际的经济过程中这种假设是不成立的,但是研究成果可以为产业结构优化调整提供基本的依据和参考。

模型如(3)(4),模型的参数由调查统计的结果确定,因篇幅限制不赘述,运用 MATLAB 中线性规划(单纯形法)模块程序,进行优化计算,得到最优产业用电、用水和用电的产业结构,为综合考虑电、水和土地三类资源的利用效率,将上述三个比例取平均值,计算结果如表 2。表中的平均值即是资源利用效率最高的目标条件下的产业结构。将综合的产业结构与现状产业结构做比较得到现状与最优之间的变化比例情况,以医药制造业为例,现状医药制造业的产值占十个行业总产值的 3.19%,在电力资源利用率最高的前提目标下,医药制造业的产值比例为 2.89%,在水资源利用效率最高的前提目标下,医药制造业的产值比例为 21.3%,在土地资源利用效率最高的前提下,医药制造业的产值比例为 9.9%,综合考虑水、电和土地三种资源利用效率,医药制造业的产值比例为 11.37%,比现状产值比例增加 8.18%。其他行业的关系以次类推。

### 3.4 中山市资源与产业结构最优化分析

从上表 2 可以看出十个行业内的资源与产业的最优化比例现状产值比例对比,其中,电气机械及器材制造业、纺织业和纺织服装鞋帽制造业、金属制品业几个资源利用效率较低的行业比例应有所下调,而装备制造业,医药制造及交通运输设备的产值比例应有所增加。根据以上模型运算结果,提出如下的产业优化发展战略。①重点发展装备制造业

和电子信息产业;②优先发展医药制造业产业;③积极应用高新技术和先进适用技术改造提升传统支柱产业。以上发展战略与中山市社会经济“十一五”规划<sup>[10]</sup>制定的战略基本吻合,说明模型运算结果的有效性。

表 2 资源约束条件下的最优产业结构

行业编码	行业名称	现状产值比例	最优产业用电比例	最优产业用水比例	最优产业用地比例	平均值	增长比例
39	电气机械及器材制造业	28.94	9.57	9.90	11.82	10.43	-18.51
40	通信设备及其他电子设备制造业	18.47	18.37	11.21	2.74	10.77	-7.70
17, 18	纺织业、纺织服装、鞋、帽制造业	17.55	3.22	3.08	13.50	6.60	-10.95
26	化学原料及化学制品制造业	6.62	17.40	14.94	14.76	15.70	9.08
34	金属制品业	9.85	1.55	3.47	15.02	6.68	-3.17
27	医药制造业	3.19	2.90	21.31	9.90	11.37	8.18
35	通用设备制造业	4.46	16.60	11.75	9.10	12.48	8.02
36	专用设备制造业	3.08	1.18	2.90	5.38	3.15	0.08
37	交通运输设备制造业	2.15	17.67	11.23	9.41	12.77	10.61
41	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	5.69	11.54	10.22	8.37	10.04	4.35

## 4 结论

(1) 产业的发展受制于资源“瓶颈”,合理的产业结构有利于资源利用效率的提高,资源消耗与产业发展之间存在着相辅相成的耦合关系,

(2) 本文从资源与产业的相互关系入手,运用投入产出模型与线性规划模型相结合的方法,构建出以经济效益最大化为目标、以资源供给量为约束条件的最优产业结构模型。

(3) 以中山市的实际数据为例对模型进行了应用和验证,给出了模型的研究思路和研究结果,结果表明,模型的计算结果能很好的引导产业结构的优化与调整方向,研究成果可以为产业结构优化调整提供基本的依据和参考。

(4) 但是产业与资源系统是一个巨系统,影响因素众多,在实际情况中,各部门所处的位置不同,其条件难以完全满足,社会资本测量和实证资料获取有一定困难,模型的精度有待于今后做进一步的检验和研究。

### 参考文献:

- [1] 周振华. 现代经济增长中的结构效应 [M]. 上海人民出版社, 1995: 36
- [2] 陆译岚. 资源约束条件下我国产业结构调整理论与政策研究 [D]. 浙江大学, 2003

(下转第 39 页)

通过受让或独占许可获得的发明专利、实用新型专利、软件著作权、集成电路布图设计专有权、动植物新品种、外观设计专利等自主知识产权情况。此项指标采用产品知识产权类型、知识产权层次以及知识产权所有权权益 3 个指标表示。产品知识产权类型反映产品获国家批准的产品知识产权的类型; 产品知识产权层次反映掌握产品核心技术、关键技术、一般技术情况; 产品知识产权所有权权益反映产品知识产权的技术权益。

产品自主品牌采用产品商标权权属和产品品牌知名程度 2 个指标表示。其中产品商标权权属反映产品商标的所有权情况, 产品品牌知名程度可由产品所获品牌的级别与数量来衡量。

产品质量状况指标用来反映自主创新产品的质量状况, 采用此指标是为了保证经认定的自主创新产品质量可靠。申报产品必须提交省级或以上质检部门认定的实验室或检查机构提供的产品质量性能测试报告。属于国家有特殊行业管理要求的产品(如: 医药、医疗器械、农药、计量器具、压力容器、邮电通信等产品), 须提供由国家或省相关行业主管部门批准颁发的特殊行业产品生产许可证; 属于国家实施强制性产品认证的产品, 须提供强制性产品认证证书。属节能/节水认证范围的产品, 须提供节能/节水产品认证证书, 并在《节能产品政府采购清单》中公示。

3.2.3 产品经济与社会效益。产品的经济效益反映自主创新活动的成果(即自主创新产品)的市场价值, 由产品上年度销售收入、产品上年度市场占有率以及产品上年度出口额 3 个指标表示。其中产品上年度销售收入反映自主创新产品的市场价值, 产品上年度市场占有率反映自主创新产品的市场竞争力和市场地位, 产品上年度出口额反映自主创新产品被国外市场认可的程度, 也体现了自主创新产品的市场价值。

产品的社会效益主要反映自主创新产品对相关产业发展的带动作用 and 影响, 由于经认定的自主创

新产品可能被政府财政性资金采购和得到科技政策的支持, 这就要求经认定的产品具有社会效应, 产生正向外部价值。产品的社会效益采用产品进口替代效应以及产品引领产业发展效应 2 个指标表示, 其中产品进口替代效应可用与国外同类产品相比, 产品的市场价格与技术水平情况来衡量, 产品引领产业发展效应可由现在或未来产品能够对我国或我省产业发展起到的作用来衡量。

自主创新产品是以拥有创新程度高、具有国内国际领先水平、且拥有自主知识产权的技术或工艺为基础和核心的, 产品自主创新程度是广东省自主创新产品认定的主要评价因素, 权重最高, 而且随着时代的发展, 自主创新程度指标权重会越来越高。技术成果市场化是自主创新的重要环节, 也是决定自主创新是否成功的关键环节, 因此, 产品经济和社会效益指标的权重也比较高, 而且随着科学发展观日益深入人心, 自主创新对资源能源消耗以及环境的影响也将纳入自主创新产品社会效益评价指标之中, 引导社会发展低碳经济。另外, 产品支撑条件是影响自主创新产品研发的外部环境和间接影响因素, 此项指标权重相对较低。

#### 参考文献:

- [1] 宋河发, 李大伟. 自主知识产权与国家知识产权战略研究 [J]. 科学与科学技术管理, 2006 (5): 44-45
- [2] 王宏起, 胡运权. 高新技术产品定量化认定指标体系研究 [J]. 科研管理, 2003 (1): 117-118
- [3] 彭鸿广, 刘云霞. 自主创新产品的评价指标和方法研究 [J]. 工业技术经济, 2007 (10): 56
- [4] 陈丽佳, 劳志健. 自主创新产品政府采购法律制度分析 [J]. 中国科技论坛, 2010 (1): 15

作者简介: 袁永 (1983—), 男, 河南人, 硕士, 研究实习员, 主要研究方向为科技管理、科技政策; 翁锦玉 (1982—), 女, 广东人, 研究实习员, 研究方向为科技评估; 陈丽佳 (1973—), 女, 广东人, 硕士, 研究员、高级经济师, 所长, 研究方向为科技评估, 科技管理。

(上接第 28 页)

- [3] 蔡继, 等. 产业结构调整与资源可持续利用的耦合性分析 [J]. 水利科技, 2007, 25 (5): 43-45
- [4] 鹿培, 向荣美. 投入产出分析 [M]. 成都: 西南财经大学出版社, 1989
- [5] 陈宏, 等. 利用投入产出模型研究最优产业结构 [J]. 电子科技大学学报 1997, 293-297
- [6] 崔志清, 等. 基于水资源约束的产业结构调整模型研究 [J]. 南水北调与水利科技, 2008, 6 (2): 60-63
- [7] 中山市统计局. 中山统计年鉴 (2003 年至 2008 年) [M]. 北

- 京: 中国统计出版社
- [8] 中山市发展和改革局. 中山经济蓝皮书 [R]. 2006-2008 年
- [9] 中山市发展和改革局. 中山市产业发展与资源消耗问题研究报告 [R]. 2008
- [10] 中山市发展和改革局. 中山市国民经济和社会发展第一个五年规划汇编 [R]. 2006

作者简介: 宫清华 (1981—), 内蒙古赤峰人, 硕士, 助理研究员, 主要从事资源环境工作。