

DOI:10.3969/j.issn.1674-8131.2012.06.09

# 重庆市制造业的绿色经济增长核算:2001—2010\*

杨文举<sup>a</sup>, 龙睿贇<sup>b</sup>

(重庆工商大学 a. 长江上游经济研究中心; b. 思想政治理论学院, 重庆 400067)

**摘要:**基于生产前沿理论的绿色经济增长核算模型, 不仅将技术无效率和环境代价纳入了分析框架, 而且还与“物质平衡思路”一致; 该模型将绿色经济增长的源泉分解为环境约束下的技术进步、技术效率变化和资本深化 3 大部分。对重庆市 27 个制造行业的经验分析结论表明: 经济增长中普遍存在着技术无效率现象, 但 50% 以上行业的技术效率都得到了改善或维持不变; 资本深化是经济增长的主要源泉, 而技术进步主导的全要素生产率变动在其中的贡献相对较小; 技术进步是引致全要素生产率增长的主要原因。为充分发挥重庆市制造业可持续发展潜力, 后续发展中必须转变经济发展方式, 在环境约束下走技术进步和技术效率改善的绿色全要素生产率增长之路。

**关键词:**绿色经济增长核算模型; 跨期数据包络分析法; 方向性距离函数; 制造业; 技术进步; 技术效率变化; 资本深化; 绿色全要素生产率; 技能与技术匹配程度

中图分类号: F061.2; F224.0; F407 文献标志码: A 文章编号: 1674-8131(2012)06-0078-09

## An Accounting of Green Economic Growth of Chongqing's Manufacturing Industry: 2001—2010

YANG Wen-ju<sup>1</sup>, LONG Rui-yun<sup>2</sup>

(1. Yangtze Upriver Economic Research Center, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;

2. School of Ideological and Political Theory, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

**Abstract:** The accounting model of green economy growth based on production frontier theory not only considers technological inefficiency and environmental cost but also is consistent with “materials balanced approach”. In this model, the sources of economic growth are decomposed into such three parts as technological progress, technological efficiency change and capital deepening under the restriction of environment. The empirical analysis results of Chongqing's 27 manufacturing industries indicate that there was technological inefficiency widely during economic growth, but over 50% industries' technological efficiency is improved or remains unchanged and that capital deepening dominates the sources of economic growth, but the contribution of total factor productivity change dominated by technological change is relatively less and technological progress is the main reason for the growth of total factor productivity. In order to bring potential capability of sustainable development of Chongqing's manufacturing industry into full play, the economic development pattern must be changed in the future, and Chongqing should choose the way of green total factor productivity

\* 收稿日期: 2012-10-09; 修回日期: 2012-11-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(71103214)“绿色经济增长核算模型的构建及应用研究”

重庆市社会科学规划项目(2010QNJJ02)“绿色全要素生产率增长的理论与重庆市的实证研究”

作者简介: 杨文举(1978—), 男, 湖北利川人; 教授, 博士, 硕士生导师, 现任教育部人文社会科学重点研究基地重庆工商大学长江上游经济研究中心副主任, 主要从事经济增长与可持续发展研究。

龙睿贇(1981—), 女, 四川乐山人; 助理研究员, 博士, 在重庆工商大学思想政治理论学院任教, 主要从事社会主义市场经济理论、生态经济学研究。

growth by considering both technology progress and technological efficiency improvement under the binding of environment.

**Key words:** Accounting Model of Green Economy Growth; Intertemporal Data Envelopment Analysis; Directional Distance Function; manufacturing industry; technological progress; technological efficiency change; capital deepening; green total factor productivity; matching degree between skill and technology

## 一、引言

根据城乡建设部编制的《全国城镇体系规划》,重庆已跻身国家五大中心城市之一。相关数据表明,重庆市工业增加值由1997年的567.88亿元增长到2010年的3697.83亿元,增长了5.5倍(可比价);工业废气、废水和固体废物的排放量分别由1997年的1794亿标立方米、101324万吨、273万吨大幅变化到2010年的10943.13亿标立方米、45180万吨、134万吨。<sup>①</sup>显然,重庆市近年来不仅实现了快速经济增长,而且还经历了较大的环境变迁。那么,这种经济增长的背后是否伴随着环境绩效提升?要素投入和全要素生产率增长的相对贡献如何?这种快速经济增长态势是否具有可持续性?……诸如此类问题的深入研究不仅有助于更好地掌握重庆市经济发展现状,而且在科学选择重庆市未来经济发展道路方面也具有很高的决策参考价值。因此,借助于环境约束下的经济增长核算,对重庆市工业经济增长的源泉及其相对贡献大小进行解析具有重要意义。迄今为止,有关经济增长源泉的研究文献众多,其中所运用的经济增长核算模型主要包括早期的新古典经济增长核算模型、新近的新古典经济增长核算扩展模型和基于生产前沿理论的经济增长核算模型等,下面对此做一简单综述。

早期的新古典经济增长核算模型不仅忽略了经济增长中的技术效率差异事实,而且对经济增长中的环境代价视而不见。发端于20世纪中叶的新古典经济增长核算模型,在暗含着经济活动有效率的假设前提下,将经济增长源泉分解为要素积累和全要素生产率进步两大方面,但未能将技术效率从全要素生产率中分离开来。Grosskopf(1993)指出,经济增长的源泉部分在于效率获益,那些忽略效率差异的分析将导致技术进步的估计结果有偏。众多经验研究结论也一致表明,经济活动中普遍存在着技术效率低下现象,如Kumar和Russell(2002)、

Oh和Heshmati(2010)、杨文举(2006;2010;2011)、王兵等(2008)。同时,经济增长的环境代价是理论和实践中不可或缺的关注点之一,而那些基于早期新古典经济增长核算模型的研究却对此视而不见,其分析结论不可避免地会与经济发展实际情况不相符合。

新近的新古典经济增长核算扩展模型考虑到了经济增长中的环境代价,但是却以投入变量的形式将之引入生产函数中,这与“物质平衡思路”(Materials Balanced Approach)相悖;同时,这些研究还忽视了经济增长中的技术效率差异事实和人力资本积累的重要作用。近年来,以Qi(2005)和陈诗一(2009)为代表的一组研究通过引入环境变量,对早期的新古典经济增长核算模型进行了扩展。其中,Qi(2005)将能源投入、二氧化碳排放和水污染3个环境指标以投入变量的形式引入新古典增长核算模型,对174个国家的经济增长情况进行了经验分析;陈诗一(2009)将能源投入和二氧化碳排放作为环境投入变量引入一个超越对数生产函数中,对中国工业行业进行了绿色经济增长核算分析。虽然这些研究将经济增长的环境代价纳入了经济增长核算框架,但是这种将非期望产出以要素投入的形式进行处理是与“物质平衡思路”相悖的(Murty et al, 2002)。另外,这些研究没有探讨经济活动中的技术效率差异和人力资本积累,这无疑会导致经验分析结论与真实情况也具有一定程度的偏差。

基于生产前沿理论的经济增长核算模型将技术效率差异纳入了分析框架,但是基本上都未关注经济增长的环境代价。近年来,以Kumar和Russell(2002)、Timmer和Los(2005)、Henderson和Russell(2005)、杨文举(2006;2010;2011)、张学良(2010)、史修松和赵曙东(2011)等为代表的一组研究,以Malmquist(或Malmquist-Luenberger, ML)生产率指数为基础,运用数据包络分析法(Data Envelopment

<sup>①</sup> 数据来源于《重庆统计年鉴2011》,基期为1997年。

Analysis, DEA) 来确定经济增长中的最佳实践前沿,进而将经济增长的源泉分解为技术追赶(技术效率变化)、技术进步和要素积累(资本深化和人力资本积累等)3 大部分。这组研究虽然充分考虑到了技术效率差异,但是多数研究都没有将污染等非期望产出纳入分析框架。其中杨文举(2011)将非期望产出纳入了分析框架,该文以工业废水中化学需氧量(COD)排放量和工业二氧化硫(SO<sub>2</sub>)排放量来度量非期望产出,借鉴 Kumar 和 Russell(2002)的经济增长多重分解思路,结合跨期数据包络分析法(Intertemporal Data Envelopment Analysis, IDEA)、方向性距离函数和 ML 生产率指数,对中国地区工业进行了绿色经济增长核算分析。虽然杨文举(2011)的研究同时将经济增长中的技术效率差异和环境代价纳入了经济增长核算模型,而且与“物质平衡思路”一致,但是其研究对象尚停留在中国各省的工业层面,而未能深入到行业(或企业)层面进行分析,尚有待进一步完善。

显然,以杨文举(2011)为代表的基于生产前沿理论的经济增长核算模型不仅考虑到了经济中的技术无效率事实和经济增长的环境代价,而且还与“物质平衡思路”一致,这对于深入探讨重庆市工业经济增长源泉很有借鉴意义。然而,该思路下有关重庆市区县或行业经济增长源泉的经验研究尚属空白。有鉴于此,本文拟借鉴杨文举(2011)的研究思路,对重庆市制造业 2001 年以来的增长经历进行经验分析,以探讨环境约束下重庆市制造业的增长源泉。文章后续部分如下安排:第二部分对本文采用的绿色经济增长核算模型进行简单介绍;第三部分对重庆市制造业进行实证分析;最后部分总结全文并提出一些对策建议。

## 二、基于生产前沿理论的绿色经济增长核算模型

杨文举(2011)借鉴 Kumar 和 Russell(2002)的经济增长多重分解思路,结合跨期数据包络分析法、方向性距离函数和 ML 生产率指数,提出并应用了一个基于生产前沿理论的绿色经济增长核算模型,下面对此作一简单介绍。

### 1. ML 生产率指数及其分解因子的测度

Chung 等(1997)在假定期望产出可自由处置性、非期望产出弱可处置性及期望产出和非期望产

出的零联合性 3 大假定前提下,借鉴产出导向的 Malmquist 生产率指数构建了一个考虑非期望产出的全要素生产率指数 ML 及其分解因子,见式(1)~(3)。

$$ML_t^{t+1} = \left[ \frac{1 + \vec{D}_o^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + \vec{D}_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \times \frac{1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$MLEC_t^{t+1} = \frac{1 + \vec{D}_o^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \quad (2)$$

$$MLTC_t^{t+1} = \left[ \frac{1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + \vec{D}_o^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)} \times \frac{1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})}{1 + \vec{D}_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

其中,ML、MLEC 和 MLTC 分别为环境约束下的全要素生产率变化指数、技术效率变化指数和技术进步指数; $\vec{D}_o$ 为方向性距离函数。为测度各决策单元的 ML 指数及其分解因子,必须对相应的 4 个方向性距离函数值进行计算。杨文举(2006; 2010; 2011)指出,相关研究基本上都是运用当期数据来确定当期的生产前沿,这在数据存在奇异值或大幅波动情况下,可能导致技术倒退结论的出现,从而混淆了技术进步与技术效率改善在全要素生产率增长中的相对贡献,进而对经济增长核算结果产生影响;而采用跨期数据来确定生产前沿则能尽可能地避免产生技术倒退的结论。因此,本文也采用跨期数据包络分析法来确定经济中的生产前沿,具体采用式(4)来测度  $t$  期的方向性距离函数值  $\beta$ 。

$$\begin{aligned} \vec{D}_o^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t) &= \text{Max} \beta \\ \text{s. t.} \\ \sum_{k=1}^K \sum_{\Gamma=1}^t z_k^\Gamma y_{km}^t &\geq (1 + \beta) y_{km}^t; m = 1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K \sum_{\Gamma=1}^t z_k^\Gamma b_{ki}^t &= (1 - \beta) b_{ki}^t; i = 1, \dots, I \\ \sum_{k=1}^K \sum_{\Gamma=1}^t z_k^\Gamma x_{kn}^t &\leq x_{kn}^t; m = 1, \dots, N \\ z_k^\Gamma &\geq 0; k = 1, \dots, K; \Gamma = 1, \dots, t \end{aligned} \quad (4)$$

式(4)测度的是观测值  $k'$  在时期  $t$  的方向性距

离函数  $\vec{D}'_0(x', y', b'; y', -b')$  (其他 3 个距离函数的求解模型类似)。其中,  $K$  为经济中的决策单元个数,  $M$  为期望产出个数,  $I$  为非期望产出个数,  $N$  为投入要素种类。

## 2. 经济增长的三重分解模型

假定经济体利用劳动力  $L$  和资本  $K$  生产出期望产出  $Y$ , 并将投入、产出集约化为  $y$  和  $k$ ; 相邻两期的生产前沿分别为  $f_t$  和  $f_{t+1}$ , 各时期的技术效率为  $e_t(k_t)$ 、 $e_t(k_{t+1})$ 、 $e_{t+1}(k_t)$  和  $e_{t+1}(k_{t+1})$ , 相应的方向性距离函数值为  $\beta_t(k_t)$ 、 $\beta_t(k_{t+1})$ 、 $\beta_{t+1}(k_t)$  和  $\beta_{t+1}(k_{t+1})$ 。从而就可以得出不同时期的 4 个潜在劳动生产率  $py_t(k_t)$ 、 $py_t(k_{t+1})$ 、 $py_{t+1}(k_t)$  和  $py_{t+1}(k_{t+1})$ , 其中,  $py_t(k_{t+1})$  表示  $t+1$  期的投入在  $t$  期前沿技术下的潜在劳动生产率, 它与  $py_t(k_{t+1})$ 、 $y_t(k_{t+1})$  和  $e_t(k_{t+1})$  的相互关系见式(5) (其他类推)。

$$\begin{aligned} py_t(k_{t+1}) &= \frac{y_t(k_{t+1})}{e_t(k_{t+1})} \\ &= (1 + \beta_t(k_{t+1})) \times y_t \end{aligned} \quad (5)$$

结合式(1)~(5), 两个时期间的绿色经济增长就可以分解为考虑非期望产出的技术效率变化、技术进步和资本深化 3 大源泉的乘积, 见式(6)。

$$\begin{aligned} \frac{y_{t+1}}{y_t} &= \frac{e_{t+1}}{e_t} \times \left[ \frac{fy_{t+1}(k_{t+1})}{fy_t(k_{t+1})} \times \frac{fy_{t+1}(k_t)}{fy_t(k_t)} \right]^{1/2} \times \\ &\quad \left[ \frac{fy_t(k_{t+1})}{fy_t(k_t)} \times \frac{fy_{t+1}(k_{t+1})}{fy_{t+1}(k_t)} \right]^{1/2} \end{aligned}$$

也即:

$$LPC_t^{t+1} = MLEC_t^{t+1} \times MLTC_t^{t+1} \times MLKC_t^{t+1} \quad (6)$$

式(6)中,  $LPC_t^{t+1}$  是经济体在时期  $t$  和  $t+1$  之间的劳动生产率变化;  $MLEC_t^{t+1}$ 、 $MLTC_t^{t+1}$  和  $MLKC_t^{t+1}$  分别是经济体在时期  $t$  和  $t+1$  之间的技术效率变化、技术进步和资本深化引致的劳动生产率变化, 亦即它们对劳动生产率变化的相对贡献。这样, 在考虑非期望产出的情况下, 用劳动生产率的相对变化表征的经济增长就被分解成技术效率变

化、技术进步和资本深化 3 大源泉。

## 三、经验分析: 以重庆市 27 个制造行业为例

### 1. 变量及样本选择

根据前文介绍的绿色经济增长核算模型, 在经验分析中需要确定一组投入、产出变量。本文结合数据的可得性和相关研究的做法, 采用制造业从业人员数( $L$ )度量劳动力投入, 制造业固定资产净值年平均余额( $K$ )度量资本投入, 国有及规模以上非国有工业企业增加值( $GDP$ )度量经济活动的期望产出, 工业废水排放总量( $FS$ )和工业废气排放总量( $FQ$ )度量非期望产出。

在跨期数据包络分析中, 要求数据年限尽可能长以充分避免数据的年际大幅波动对生产前沿构建的不利影响, 同时要求决策单元个数尽可能多以更完整地刻画生产前沿。历年《重庆统计年鉴》给出的重庆市制造业的行业数据较为全面, 其中 2001 年及以后的相关数据统计口径较一致且数据较完备。因此, 本文选取 2001—2010 年重庆市制造业 27 个行业为分析样本, 相关数据的一般统计描述见表 1。<sup>①</sup>

表 1 的数据表明, 无论是投入数据还是产出数据的最大最小值比都在 1 000 以上, 而且各变量的标准差均大于相应的中间值和平均值, 这充分表明重庆市制造业各行业在 2001—2010 年的发展差异较大。如此巨大的数值差异不仅表明重庆市制造业的经济规模和增长速度差异大, 而且也表明它们对环境的影响也具有较大差异。因此, 为深入探讨重庆市制造业的经济增长源泉, 将污染排放物引入分析模型中至关重要。

### 2. 考虑非期望产出的重庆市制造业技术效率测度

采用重庆市 27 个制造行业 2001—2010 年的投入和产出数据集, 运用 GAMS 软件计算式(4)所示的线性规划, 得出重庆市 2001 年和 2010 年 27 个行

① 本文所选取的 27 个制造行业分别为: 1. 农副食品加工业, 2. 食品制造业, 3. 饮料制造业, 4. 烟草制品业, 5. 纺织业, 6. 纺织服装、鞋、帽制造业, 7. 皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业, 8. 木材加工及木竹藤棕草制品业, 9. 家具制造业, 10. 造纸及纸制品业, 11. 印刷业、记录媒介的复制, 12. 石油加工、炼焦及核燃料加工业, 13. 化学原料及化学制品制造业, 14. 医药制造业, 15. 化学纤维制造业, 16. 橡胶制品业, 17. 塑料制品业, 18. 非金属矿物制品业, 19. 黑色金属冶炼及压延加工业, 20. 有色金属冶炼及压延加工业, 21. 金属制品业, 22. 通用设备制造业, 23. 专用设备制造业, 24. 交通运输设备制造业, 25. 电气机械及器材制造业, 26. 通信设备、计算机及其他电子设备制造业, 27. 仪器仪表及文化、办公用机械制造业。

业的技术效率值,结果见图 1,从中可以得出有关重庆市制造业发展的一些结论如下。

表 1 2001—2010 年重庆市制造业 27 个行业的投入、产出指标统计描述

统计量	K/亿元	L/万人	GDP/亿元	FQ/亿标立方米	FS/万吨
平均值	28.37	3.07	25.19	132.88	1 422.79
中间值	11.68	1.49	9.86	12.92	387.69
最大值	375.08	39.06	517.58	2679.65	16 135.94
最小值	0.08	0.02	0.02	0.00	0.32
标准差	47.74	5.18	53.53	372.11	2 355.98

注:表中所有数据均来源于 2002—2011 年《重庆统计年鉴》,其中工业增加值和固定资产净值年均余额分别用 GDP 平减指数和固定资产投资价格指数进行了调整,基期为 2000 年。

(1)重庆市制造业发展中普遍存在着技术无效率,而且技术效率的行业差异大。其中,在 2001 年和 2010 年,技术效率为 1 的行业数分别为 3 个和 4 个,制造业技术效率的平均值分别为 0.69 和 0.67,标准差分别为 0.20 和 0.18,最大最小值比分别为 1.98 和 1.99。之所以出现这种技术效率普遍低下且行业差距较大的情况,我们认为其原因主要在于两个方面:一是由于企业技术能力与使用的先进技术之间存在不匹配情况,从而导致生产中未能充分使用这些生产技术,结果是技术效率不高。二是由于不同行业所生产的产品不同,进而所使用的技术在生产效率方面本身就存在一定的差异,这将不可

避免地导致技术效率的行业差距较大。

(2)重庆市制造业中大多数行业的技术效率都经历了不同程度的变化,仅烟草制品业和印刷业、记录媒介的复制 2 个行业一直处于技术前沿上。其中分析期间内技术效率恶化的行业共 11 个,分别是食品制造业、饮料制造业、皮革-毛皮-羽毛(绒)及其制品业、木材加工及木竹藤棕草制品业、造纸及纸制品业、化学纤维制造业、橡胶制品业、塑料制品业、非金属矿物制品业、交通运输设备制造业、通信设备-计算机及其他电子设备制造业;其余 14 个行业则经历了不同程度的技术效率改善。

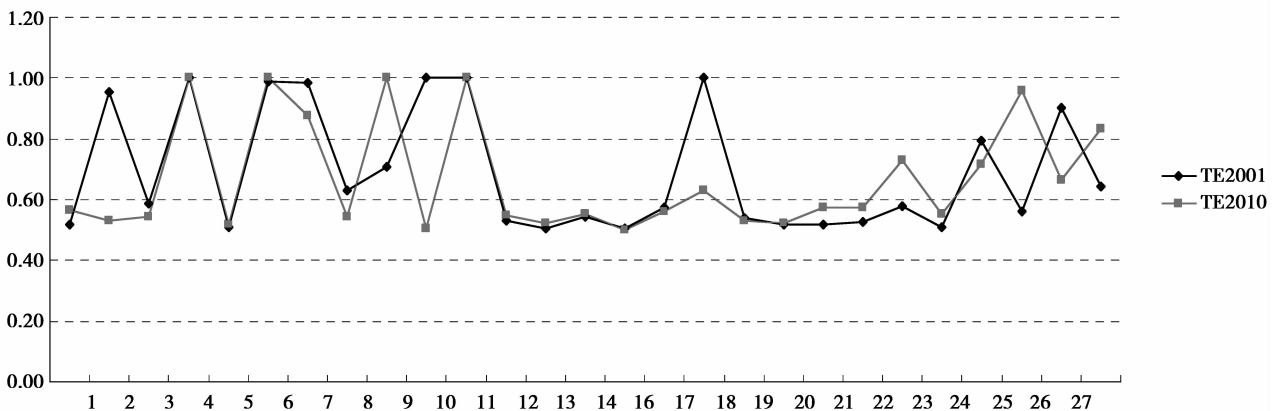


图 1 考虑非期望产出的重庆市制造业技术效率:2001 年和 2010 年

注:图中系列“TE2001、TE2010”代表考虑非期望产出时 2001 年和 2010 年的技术效率值,横轴上的 1~27 代表本文所选择的 27 个制造行业,所有数据均为笔者计算得出。

我们认为,这种技术效率的行业差异主要归因于生产活动中的技术能力与生产技术之间的匹配程度差异。也就是说,生产中技能与技术匹配程度

越高,生产活动的技术效率就较高,反之技术效率就较低。由此可以推论,技术效率变化的行业差异主要源于生产活动中技术与技能匹配程度的变化,

具体来说体现在下述3大方面:第一,起初技术效率较低的行业通过引进或模仿经济中的最佳实践技术,或通过不断提高自身的技术能力,从而以更有效的方式组织生产活动,进而改善了技术效率。第二,就一直处于生产前沿上的行业来说,它们要么进行了技术创新,要么是引进了与自身经济发展条件一致的技术,这样它们总是以最有效的方式使用了生产中的生产技术,从而其技术效率一直为1。第三,之所以部分行业经历了技术效率恶化,其原因可能在于它们只是一味地引进先进技术,而忽视了自身技术能力的提升,从而导致技术与技能匹配

程度降低,进而引发技术效率恶化;也可能是由于大量的人才流失、产品结构调整、自然资源日趋减少等导致技术与技能匹配度降低,进而引发技术效率恶化。

### 3. 重庆市制造业绿色经济增长核算分析

以2001—2010年重庆市27个制造行业的投入和产出数据为基础,求解与式(4)类似的4个距离函数,然后结合式(1)~(3)得出各行业的 $ML$ 指数及其分解因子 $MLEC$ 和 $MLTC$ ,最后利用式(6)得出 $MLKC$ ,结果见表2和图2。

表2 重庆市制造业绿色经济增长核算结果(累积变化值):2001—2010年

行业	2001—2010年				
	$LPC$	$MLKC$	$ML$	$MLEC$	$MLTC$
农副食品加工业	3.76	2.56	1.47	1.09	1.34
食品制造业	3.14	3.36	0.93	0.56	1.68
饮料制造业	2.21	2.18	1.02	0.92	1.10
烟草制品业	2.79	2.79	1.00	1.00	1.00
纺织业	7.26	5.12	1.42	1.01	1.40
纺织服装、鞋、帽制造业	3.40	2.72	1.25	1.01	1.24
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	2.10	1.66	1.26	0.89	1.42
木材加工及木竹藤棕草制品业	4.44	4.55	0.98	0.86	1.13
家具制造业	3.55	2.29	1.55	1.41	1.10
造纸及纸制品业	5.18	7.25	0.71	0.50	1.41
印刷业、记录媒介的复制	2.40	2.16	1.11	1.00	1.11
石油加工、炼焦及核燃料加工业	4.58	3.23	1.42	1.03	1.38
化学原料及化学制品制造业	3.41	3.24	1.05	1.03	1.02
医药制造业	2.75	2.66	1.03	1.02	1.02
化学纤维制造业	2.49	2.12	1.17	0.99	1.18
橡胶制品业	5.46	5.56	0.98	0.98	1.00
塑料制品业	2.44	2.90	0.84	0.63	1.33
非金属矿物制品业	4.27	3.06	1.40	0.98	1.42
黑色金属冶炼及压延加工业	4.44	4.42	1.00	1.01	0.99
有色金属冶炼及压延加工业	3.63	3.44	1.05	1.11	0.95
金属制品业	3.93	3.17	1.24	1.09	1.14
通用设备制造业	4.17	2.72	1.53	1.26	1.22
专用设备制造业	3.10	2.75	1.13	1.09	1.04
交通运输设备制造业	2.69	2.20	1.22	0.90	1.36
电气机械及器材制造业	6.15	3.41	1.80	1.71	1.05

续表

行业	2001—2010 年				
	LPC	MLKC	ML	MLEC	MLTC
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	5.05	5.11	0.99	0.74	1.34
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	2.23	1.46	1.53	1.29	1.18
平均值	3.74	3.26	1.19	1.00	1.21
标准差	1.29	1.31	0.26	0.24	0.18

注:表中 LPC 代表 2001—2010 年重庆市制造业劳动生产率变化的累积值,ML、MLEC、MLTC 和 MLKC 分别代表考虑非期望产出时由全要素生产率变化、技术效率变化、技术进步和资本深化引致的劳动生产率变化的累积值;表中所有数据均为笔者计算得出。

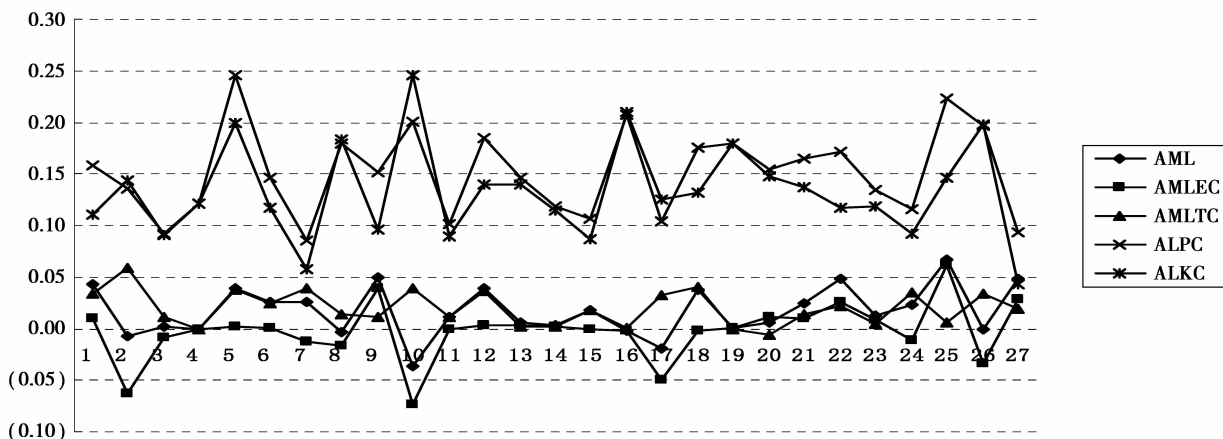


图2 2001—2010 年重庆市制造业绿色经济增长核算结果(年均变化率):

注:图中 ALPC 代表 2001—2010 年重庆市制造业劳动生产率的年均变化值,AML、AMLEC、AMLTC 和 AMLKC 分别代表考虑非期望产出时由全要素生产率变化、技术效率变化、技术进步和资本深化引致的劳动生产率年均变化值;横轴上的 1~27 代表本文所选择的 27 个制造业;图中所有数据均为笔者计算得出。

(1)重庆市制造业各行业的劳动生产率都得到了提高,但是行业差异大。其中,分析期间内劳动生产率提高最快的是纺织业,其劳动生产率提高了 6.26 倍;而皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业的劳动生产率仅提高了 1.10 倍,还不到所有行业平均提速(2.74 倍)的 50%。这种大的行业差异从图 2 中代表年均劳动生产率增长率的 ALPC 线的大幅波动也可以直观地看出来。

(2)除仪器仪表及文化、办公用机械制造业外,资本深化是其他制造业劳动生产率增长的首要因素,但是行业差异较大。其中,资本深化引致的劳动生产率变动的行业平均值为 3.26,占劳动生产率变动的行业平均值(3.74)的 87.17%;资本深化在劳动生产率提升中贡献最大的是造纸及纸制品业,由其引致的劳动生产率变动高达 7.25,远远超过了

劳动生产率变动值 5.18,这也意味着其全要素生产率下降阻碍了劳动生产率提高;而资本深化在劳动生产率提升中贡献最小的是仪器仪表及文化、办公用机械制造业,其引致的劳动生产率变动仅为 1.46,低于全要素生产率变动引致的劳动生产率变动(1.53)。上述结论从图 2 中可直观地看出来,即 ALKC 线的走向和起伏程度都与 ALPC 线十分接近。

(3)大多数行业的全要素生产率都促进了劳动生产率增长,其中技术进步比技术效率变动更大程度地促进了劳动生产率提升。27 个行业中只有食品制造业、木材加工及木竹藤棕草制品业、造纸及纸制品业、通信设备和计算机及其他电子设备制造业、橡胶制品业和塑料制品业 5 个行业的全要素生产率经历了倒退,其余行业的全要素生产率都促进了劳动生产率提高;累积的全要素生产率变化、技

术效率变化和技术进步的行业平均值分别为 1.19、1.00 和 1.21,这表明技术进步在全要素生产率变动中的相对贡献整体上高于技术效率变动的贡献,而且 27 个行业中仅家具制造业、化学原料及化学制品制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、通用设备制造业、专用设备制造业、电气机械及器材制造业和仪器仪表及文化、办公用机械制造业 8 个行业的技术进步值低于技术效率变动值,也就是说其余 19 个行业的技术进步对劳动生产率的促进作用都明显地高于技术效率变动的作用。

(4)全要素生产率变动及其构成因子的行业差异较大。其中,全要素生产率变动、技术效率变动和技术水平变动的标准差分别为 0.26、0.24 和 0.18,分别是其平均值的 21.85%、24.00% 和 14.88%;全要素生产率变动、技术效率变动和技术水平变动的最大值分别为 1.80、1.71、1.68,最小值分别为 0.71、0.50 和 0.95,最大最小值比分别高达 2.54、3.42 和 1.77。上述数据一致表明,重庆市制造业的全要素生产率变动存在较大的行业差异。

值得一提的是,利用跨期数据包络分析法来构建生产前沿时,从理论上来说不应出现技术倒退结论。然而,前面的分析结果表明,重庆市制造业中有 2 个行业在 2001—2010 年经历了技术倒退现象,它们分别是黑色金属冶炼及压延加工业和有色金属冶炼及压延加工业,它们源于技术进步的生产率变动的累计值分别为 0.99 和 0.95。笔者认为,之所以出现这种情况,其原因主要是存在原始数据与实际情况不一致或存在数据奇异值等情况。杨文举(2011)曾指出,在产出导向思路下运用跨期数据包络分析法来确定经济中的生产前沿时,只要数据准确,特定年份的生产前沿就不可能低于上期生产前沿,也就是说不存在技术倒退现象;另外,工业化时代的生产技术基本上都属于物化技术,它们几乎是不可能被遗忘的,从而现实中也不大可能出现技术倒退。

#### 四、结语

基于生产前沿理论的绿色经济增长核算模型将“三废”等非期望产出纳入了分析框架,这与那些忽视非期望产出的传统经济增长核算模型相比,更加契合可持续发展理念。本文借鉴杨文举(2011)的研究,将该领域的经验研究推进到了行业层面,

对重庆市 27 个制造行业在 2001—2010 年的发展经历进行了经验分析。本文经验分析的主要结论有如下 3 点:(1)重庆市制造行业普遍存在着不同程度的技术无效率现象,而且在分析期间内基本上都发生了一定程度的变化,其中技术效率得到改善或保持不变的行业占了 50% 以上;(2)重庆市制造行业经历了差异性的经济增长,其中资本深化是其主要源泉,而全要素生产率变动在其中的贡献相对较小;(3)全要素生产率变动及其构成因子(技术进步和技术效率变化)的行业差异较大,其中技术进步是引致全要素生产率增长的主要原因。

显然,本文的研究结论具有较强的政策含义,笔者认为至少有以下 3 点:(1)重庆市制造行业可持续发展潜力较大。这从各行业普遍较低的技术效率可以充分地看出来,因为这种情况下一旦采用最佳实践技术进行生产,就可以大幅提高期望产出并同时大幅缩减非期望产出。(2)转变经济发展方式是助推重庆市制造业可持续发展的首要途径。近 10 年来,重庆市制造业快速增长的主要源泉在于资本和劳动力等投入要素的大量增加,在资源与环境双重约束下,为促进经济可持续发展,必须走提升投入要素使用效率的资源集约型发展道路,即通过不断提升全要素生产率来提升投入要素的使用效率。(3)环境约束下的技术进步和技术效率改善是重庆市经济可持续发展中必须同时兼顾的两个方面。根据绿色经济增长核算模型,技术效率改善和技术进步是绿色全要素生产率增长的两大源泉,而重庆市制造业近年来的发展经历表明,它们对制造业劳动生产率提升的相对贡献远小于投入要素的作用。因此,在转变经济发展方式中,既要借助于技术创新与推广来提升行业技术水平,又要重视适宜技术选择和技术能力提升,如加强基础设施建设、扩大人力资本投资、进一步扩大对外开放、不断完善产业政策等,从而以最有效的技术使用方式来组织经济活动。

#### 参考文献:

- 陈诗一. 2009. 能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J]. 经济研究(4):41-55.
- 史修松,赵曙东. 2011. 中国经济增长的地区差异及其收敛机制(1978—2009)[J]. 数量经济技术经济研究(1):51-62.
- 王兵,吴廷瑞,颜鹏飞. 2008. 环境管制与全要素生产率增长:APEC 的实证研究[J]. 经济研究(5):19-32.



杨文举. 2006. 技术效率、技术进步、资本深化与经济增长:基于DEA的经验分析[J]. 世界经济(5):73-83.

杨文举. 2010. 适宜技术理论与地区经济差距:理论及中国的经验研究[M]. 北京:高等教育出版社.

杨文举. 2011. 基于DEA的绿色经济增长核算:以中国地区工业为例[J]. 数量经济技术经济研究(1):19-34.

张学良. 2010. 长三角地区经济收敛及其作用机制:1993—2006[J]. 世界经济(3):126-140.

CHUNG Y, F? re R, GROSSKOPF S. 1997. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach [J]. Journal of Environmental Management, 51(3):229-240.

GROSSKOPF S. 1993. Efficiency and productivity [M] // FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S. The measurement of productive efficiency. New York, Oxford University Press:160-194.

HENDERSON D J, RUSSELL R R. 2005. Human capital and convergence: A production-frontier approach[J]. International Economic Review, 46(4):1167-1205.

KUMAR S, RUSSELL R R. 2002. Technology change,

technological catch-up, and capital deepening: Relative contributions to growth and convergence [J]. The American Economic Review, 92(3):527-548.

MURT S, RUSSELL R. 2002. On modeling pollution generating technologies[R]. University of California-Riverside, Working Paper Series, No. 2002-14.

OH D H, HESHMATI A. 2010. A sequential Malmquist-Luenberger productivity index: Environmentally sensitive productivity growth considering the progressive nature of technology[J]. Energy Economics, 32(6):1345-1355.

QI S. 2005. Efficiency, productivity, national accounts and economic growth: A green view theory, methodology and application [D]. Dissertation for Ph. D, University of Minnesota.

TIMMER M P, LOS B. 2005. Localized innovation and productivity growth in Asia: An intertemporal DEA approach [J]. Journal of Productivity Analysis, 23(1):47-64.

(编辑:南北)

## 声 明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文;同时,本刊为《万方——数字化期刊群》、《中文科技期刊数据库》、《科技论文在线》、《国研网》、《龙源期刊网》、《教育阅读网》、《中文电子期刊服务数据库》(CEPS,华艺数据库)等数据库全文收录期刊(其中《国研网》为选择性收录),论文在本刊发表后将通过上述数据库传播。

文章凡经本刊选用,即视为作者同意本刊代理该作品电子版的信息网络传播权,并且本刊有权授权其他机构进行该作品电子版信息的网络传播。

作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明。若作者不同意其作品收录入上述数据库,请在来稿时说明,我们可做相应处理。

西部论坛编辑部