

文章编号 : 1000-6788 (2005) 12-0038-05

东西部能源经济系统能源开发两期博弈分析

丁占文, 杨宏林, 田立新
(江苏大学理学院, 江苏 镇江 212013)

摘要: 在两个经济时期内研究东西部能源经济系统, 建立中央和东、西部地区以经济增长为目标, 以能源的转移与投入为决策变量的博弈模型. 从理论上分析博弈纳什均衡战略的性质, 对东、西部关于中央西部能源开发战略的响应以及中央的最优决策作比较静态分析. 得到的主要结论是, 适度的西部能源开发与转移是能源资源在东、西部及全国范围内达到最优配置, 也是拉动西部经济发展的战略选择.

关键词: 能源; 西部开发; 经济增长; 博弈

中图分类号: F224; N94

文献标识码: A

Game Analysis of Energy Development in Two-period Economy of East and West in China

DING Zhan-wen, YANG Hong-lin, TIAN Li-xin
(Faculty of Science, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: To study the two-period energy economy of East and West, we propose a theoretic game played by Central Government, East and West, in which the utility is the economy growth and the strategy is energy input or transfer. For the Nash Equilibrium of the game, we get some comparative static properties of the best responses of East and West to Central Government and the ones of the optimal decisions of Central Government. The results show that appropriate energy transfer from West to East not only gets the best energy allocation in the national wide but also drives the West economy to its great development.

Key words: energy; west development; economic growth; game

1 引言

近代社会经济的发展中, 能源是最基本的物质基础. 中国是发展中大国, 正处于工业化的过程中, 基本处于社会经济发展的能源密集阶段, 无论在目前还是未来的发展中, 对能源的依赖程度都很高. 但能源在我国不同地区间的分布是不均衡的, 西部地区的能源资源相对丰富. 从人均资源量看, 我国西部地区的能源资源为全国平均水平的 2 倍^[1]. 我国实施西部大开发战略, 其中能源开发, 诸如西电东送、西气东输等系统工程, 就是要利用西部的能源优势, 开发西部丰富的能源资源, 在全国范围内达到资源的最优配置, 并且实现西部的全面发展. 开发西部地区的能源资源要有明确的战略思路 and 规划, 要将西部的经济发展、满足西部地区自身的能源需求以及为中东部地区提供能源供应统一起来.

专家学者在这一领域作了大量的研究工作. 但是已有的研究工作主要做理论上的定性分析, 采用统计的方法作实证分析. 针对西部能源开发战略合适的严格的数理研究工作少见. 用简单的、概括的数理模型研究复杂的经济问题, 具有理论上的科学价值和决策上的指导价值. 本文旨在从数理的角度研究西部能源开发问题. 为了讨论方便, 本文把全国经济系统简单划分为东部和西部两个经济子系统, 全国经济系统就是一个东西联动的能源经济系统. 在这个系统中, 东、西部要争取各自的利益, 而国家要考虑全国的经济利益. 我们试图抽象出东西部能源经济系统中东、西部和中央的相互制约、相互影响的博弈模型, 从数理分析

收稿日期: 2004-09-14

资助项目: 国家自然科学基金 (90210004); 江苏省高校自然科学基金 (02KJD110003); 江苏省教育厅社科基金 (05SJD790061)

作者简介: 丁占文 (1970 -), 男, 四川平昌人, 副教授. 研究方向: 博弈均衡与决策理性、数理经济.

的角度研究东西部能源经济系统能源的战略选择.

我们主要研究不可再生的能源资源. 为了模型的简化, 也不失一般性, 我们在两个经济时期内进行研究. 第一个时期内, 中央在西部实施能源开发战略, 并做出决策把西部部分能源输送到东部地区. 中央完成西部能源开发战略后, 第二个时期内不再参与能源的宏观调控. 能源在第二个时期全部用完(不可再生能源最终要耗尽的). 这里, 两个经济时期都是较长期的时间概念.

本文考虑的关键问题是, 中央权衡全国经济的增长时要做出决策: 在第一个经济时期内, 应当从西部开发多少数量的能源投入到东部经济发展中, 才能使能源资源达到符合全国经济利益的最优配置? 东、西部也是面临相同的问题: 东西部地区为了本地区的经济增长和发展, 在经济发展的两个时期内应该怎样合理配置有限的能源资源? 针对这样的问题, 本文构建中央与东、西部地区以经济增长为优化目标的博弈模型. 在模型中我们引入一些经济增长的外生参数, 着重对中央和东、西部决策进行参数的比较静态分析, 对中央西部开发决策进行定性分析的理论解释, 也试图在一定意义上提供一些理论依据.

2 模型的建立

在第一个经济时期内, 假设中央在西部开发能源总量为 e . 为了简单起见, 假设这部分能源全部投入东部经济中, 以缓解东部能源紧缺的矛盾. 东、西部为了本地区经济发展的需要, 决定投入本地区一定数量的能源. 设第一个经济时期内西部地区投入本地区能源的数量为 e_1 , 东部地区投入本地区能源的数量为 e_2 .

本文中, 我们用一个时期内的经济增长总量作为决策目标. 因为我国社会经济基本处于能源密集阶段, 经济产出在很大程度上依赖于能源的投入. 或者说, 我们着重分析能源起关键作用的能源经济系统. 忽略其它要素, 或者固定其它要素不变, 假设经济增长由能源投入量决定.

西部地区的生产函数设为 $f(e, A)$, 其中 e 是西部在相应经济时期内的能源投入量, A 是生产技术、基础设施等其它因素的度量, 或者理解为能源要素外的综合生产力. 西部大开发战略的实施, 西部会吸收大量的投资, 基础设施等将得到极大改善. 中央的西部能源开发决策必将影响西部生产函数中的参数 A , A 与中央在西部的能源开发量 e 有关, $A = A(e)$, 这可以认为是西部变资源优势为经济优势的一种抽象. 西部的能源初始存量用 E_1 表示. 于是西部在两个时期内的经济增长总量可以表示为

$$H_1 = f(e_1, A(e)) + \frac{1}{1+\delta} f(E_1 - e_1 - e, A(e)) \triangleq f + \frac{1}{1+\delta} F, \quad (2.1)$$

其中 e_1 是西部第一时期的能源投入量, $\delta > 0$ 是贴现因子.

同样, 东部在两个时期内的经济增长总量可以表示为

$$H_2 = g(e_2 + e, B) + \frac{1}{1+\delta} g(E_2 - e_2, B) \triangleq g + \frac{1}{1+\delta} G, \quad (2.2)$$

其中 g 是东部的生产函数, e_2 是东部第一时期内自身的能源投入量, $e_2 + e$ 是投入总量, E_2 表示东部的能源初始存量. 在 g 中, 常数 B 反映了东部除能源生产要素以外的其它因素.

中央、东部和西部的两期博弈模型的决策是, 中央选择在第一个时期内的西部能源开发量 e , 西部选择在第一个时期和第二个时期的能源投入量 e_1 和 $E_1 - e_1 - e$, 东部选择在第一个时期和第二个时期的能源投入量 e_2 和 $E_2 - e_2$. 中央的目标是最大化全国的经济生产总量 $H = H_1 + H_2$, 西部和东部的目标是最大化本地区的经济生产总量 H_1 和 H_2 .

对函数 $f(e, A)$ 、 $g(e, B)$ 及 $A(e)$ 作假设: 二阶连续可导, 并且满足

$$(F1) \quad \frac{\partial f}{\partial e} > 0, \frac{\partial f}{\partial A} > 0;$$

$$(F2) \quad \frac{\partial^2 f}{\partial e^2} < 0, \frac{\partial^2 f}{\partial A^2} < 0, \frac{\partial^2 f}{\partial e \partial A} > 0;$$

$$(G1) \quad \frac{\partial g}{\partial e} > 0, \frac{\partial g}{\partial B} > 0;$$

$$(G2) \frac{\partial^2 g}{\partial e^2} < 0, \frac{\partial^2 g}{\partial B^2} < 0, \frac{\partial^2 g}{\partial e \partial B} > 0;$$

$$(A1) A(e) > 0;$$

$$(A2) A(e) < 0.$$

这些假设中,一阶导数大于零表明经济产出是要素投入量的增函数,二阶导数小于零是产出的边际递减条件。(F2)中 $\frac{\partial^2 f}{\partial e \partial A} > 0$ 及(G2)中 $\frac{\partial^2 g}{\partial e \partial B} > 0$ 的意味着能源投入的边际产出是基础设施、技术进步等其它综合因素的增函数。

下面我们首先给出均衡条件,分析东、西部的最优反应,然后对中央的最优决策进行经济参数的比较静态分析,对中央西部能源开发战略提供一定的理论解释和预测。

3 均衡条件

为书写方便,记

$$f_1 = \frac{\partial f(e_1, A(e))}{\partial e_1}, f_2 = \frac{\partial f(e_1, A(e))}{\partial A(e)}, f_{12} = \frac{\partial^2 f(e_1, A(e))}{\partial e_1 \partial A(e)}, F_1 = \frac{\partial F(E_1 - e_1 - e, A(e))}{\partial (E_1 - e_1 - e)},$$

其它记号的含义类似。

将(2.1)、(2.2)分别对 e_1 、 e_2 求导得西部和东部的均衡方程,也就是最优反应方程

$$f_1 - \frac{1}{1+} F_1 = 0, \quad (3.1)$$

$$g_1 - \frac{1}{1+} G_1 = 0. \quad (3.2)$$

(3.1)式确定了西部的最优反应函数 $e_1 = e_1(E_1, e, A(e))$, (3.2)式确定了东部的最优反应函数 $e_2 = e_2(E_2, e, B)$ 。

由 $\frac{\partial(H_1 + H_2)}{\partial e} = 0$ 得中央的均衡决策方程

$$f_2 A(e) - \frac{1}{1+} F_1 + \frac{1}{1+} F_2 A(e) + g_1 = 0. \quad (3.3)$$

将东西部的最优反应函数代入(3.3),便确定了中央的最优决策 e 。将 e 再代入东西部的最优反应函数得到东、西部的最优决策 e_1 、 e_2 。这样确定的 (e_1, e_2, e) 就是博弈的纳什均衡。

这是一个很抽象的模型。我们的目的不是求解纳什均衡,而是分析博弈的纳什均衡战略的一些均衡性质,从而解释或者预测西部能源开发战略。

4 东西部地区对中央决策的响应

下面的命题刻画了东、西部地区最优反应函数的一些性质。

命题 4.1 如果相应的函数满足假设条件(F1)~(A2),并且(3.1)式蕴含着

$$f_{12} - \frac{1}{1+} F_{12} = 0, \quad (4.1)$$

(3.2)式蕴含着

$$g_{12} - \frac{1}{1+} G_{12} = 0. \quad (4.2)$$

则西部的反应函数 e_1 和东部的反应函数 e_2 具有下面的比较静态分析性质

$$1) \frac{\partial e_1}{\partial e} < 0, \frac{\partial e_1}{\partial e} + 1 > 0, \frac{\partial e_1}{\partial E_1} > 0, \frac{\partial e_1}{\partial E_1} - 1 < 0;$$

$$2) \frac{\partial e_2}{\partial e} < 0, \frac{\partial e_2}{\partial e} + 1 > 0, \frac{\partial e_2}{\partial E_2} > 0, \frac{\partial e_2}{\partial E_2} - 1 < 0;$$

$$3) \frac{\partial e_2}{\partial B} = 0, \frac{\partial e_1}{\partial A} = 0 (\text{若 } A(e) = A + (e)), \frac{\partial e_1}{\partial e} = 0 (\text{若 } A(e) = A + e, > 0).$$

证 将(3.1)对 e 求导可得

$$\left(f_{11} + \frac{1}{1+} F_{11} \right) \frac{\partial e_1}{\partial e} = \left(\frac{1}{1+} F_{12} - f_{12} \right) A(e) - \frac{1}{1+} F_{11}$$

根据(4.1) $f_{12} = \frac{1}{1+} F_{12}$, 再注意到我们对相应函数的假设, 上式 $\frac{\partial e_1}{\partial e}$ 的系数为负, 右端为正, 从而 $\frac{\partial e_1}{\partial e} < 0$. 并且有 $\frac{\partial e_1}{\partial e} + 1 = f_{11} / \left(f_{11} + \frac{1}{1+} F_{11} \right) > 0$.

类似地可以证明其余结论. 证毕.

关于这些结论我们给出如下说明:

第一, 条件(4.1)与(4.2)的适用性. 例如, 当生产函数 $f(\alpha, A)$ 为 Cobb-Douglas 形式、单要素投入的 CES 形式, 或者更一般地具有可分性, 即 $f(\alpha, A) = (\alpha) \phi(A)$ 时, 显然(4.1)是(3.1)的充分必要条件.

第二, 结论的经济含义. $\frac{\partial e_1}{\partial e} < 0$ 表明西部自身的能源投入是 e 的减函数. 这表明从长远利益上看, 在西部开发中西部需要保护虽然目前较为丰富的能源资源: 西部随着中央能源开发力度的加大而同时自身消费更多的能源资源不是最优的战略选择. $\frac{\partial e_2}{\partial e} < 0$ 反映了中央的能源开发战略可以缓解东部的能源短缺, 因为随着西部能源 e 的输入, 东部的自身能源需求 e_2 减少了. 从命题 4.1 结论 2) $\frac{\partial e_2}{\partial e} + 1 > 0$ 可以得到

$\frac{\partial(e_2 + e)}{\partial e} > 0$, 随着 e 的增加, 东部在第一个时期内的能源投入总量增加, 从而经济总产出增加. 这表明, 西部能源开发战略的实施, 宏观上促进了东部的进一步发展, 所以东部应该积极参与和大力支持西部开发.

再看西部, 中央能源开发战略的实施会给西部的经济增长产生什么影响? 由(3.1)式, 可以计算 $\frac{\partial H_1}{\partial e} = \left(f_2 + \frac{1}{1+} \right) A(e) - \frac{1}{1+} F_1$. 只要 $A(e) > \frac{F_1}{1+} / \left(f_2 + \frac{1}{1+} \right)$, 就有 $\frac{\partial H_1}{\partial e} > 0$, 西部的经济可以随着开发的深入而获得大发展. 从数理上看, 该条件的满足是指西部开发需要对西部经济有较大的拉动作用: 中央能源开发 e 对西部综合生产力 $A(e)$ 有较大的边际贡献 $A(e)$. 其余结论也有各自的经济含义, 不再赘述.

所以科学合理、变西部资源优势为经济优势的能源开发是东西部经济系统东西联动的双赢战略. 当然, 开发是有度的, 它跟经济系统的环境和现状密切相关. 模型中含有反应经济系统的外生参变量, 下面就要分析中央的最优战略和这些参变量的关系.

5 中央最优战略的比较静态分析

将(3.1)、(3.2)中西部 and 东部的最优反应函数代入(3.3), 可以得到中央的能源开发最优战略 e , e 与东西部经济系统的参数 A 、 B 、 E_1 、 E_2 等有关. 下面的命题指出中央的能源开发 e 和这些参变量的变动关系.

命题 5.1 在命题 4.1 的条件下, 中央的能源开发最优战略 e 具有如下性质

- 1) $\frac{\partial e}{\partial E_1} > 0, \frac{\partial e}{\partial E_2} < 0$;
- 2) $\frac{\partial e}{\partial B} > 0, \frac{\partial e}{\partial A} < 0$ (若 $A(e) = A + (e)$);
- 3) $\frac{\partial e}{\partial e} \Big|_{e=0} > 0$ (若 $A(e) = A + (e), (e) = e, > 0$).

证 注意到 e_1 是 e 和 E_1 的函数, e_2 是 e 的函数, 将(3.3)对 E_1 求导可得 $\frac{\partial e}{\partial E_1}$ 的系数为

$$A(e)f_2 + A(e)\left[f_{21}\frac{\partial e_1}{\partial e} + A(e)f_{22}\right] - \frac{1}{1+}\left[A(e)F_{12} - F_{11}\left(1 + \frac{\partial e_1}{\partial e}\right)\right] +$$

$$\frac{1}{1+}A(e)F_2 + \frac{1}{1+}A(e)\left[A(e)F_{22} - F_{21}\left(1 + \frac{\partial e_1}{\partial e}\right)\right] + g_{11}\left(1 + \frac{\partial e_2}{\partial e}\right).$$

右端项为 $-A(e)f_{21}\frac{\partial e_1}{\partial E_1} + \frac{1}{1+}F_{11}\left(1 - \frac{\partial e_1}{\partial E_1}\right) - \frac{A(e)}{1+}F_{21}\left(1 - \frac{\partial e_1}{\partial E_1}\right).$

根据相应函数的假设条件以及命题 4.1, 可知 $\frac{\partial e}{\partial E_1}$ 的系数为负, 右端项亦为负. 所以 $\frac{\partial e}{\partial E_1} > 0$. 类似地可证 $\frac{\partial e}{\partial E_2} < 0$.

注意到 $\frac{\partial e_1}{\partial A} = 0$ 及 $\frac{\partial e_2}{\partial B} = 0$, 类似上面的推导, 可得 $\frac{\partial e}{\partial A} < 0, \frac{\partial e}{\partial B} > 0$.

在 (3.3) 中代入 $A(e) = A + e$ 后对 e 求导. 注意到 e_1 是 e 和 e_2 的函数, $\frac{\partial e_1}{\partial e} = 0$, 并令 $e = 0, e_2 = 0$, 可得

$$\left[\frac{F_{11}}{1+}\left(1 + \frac{\partial e_1}{\partial e}\right) + g_{11}\left(1 + \frac{\partial e_2}{\partial e}\right)\right]\frac{\partial e}{\partial e}\Bigg|_{e=0} = -f_2 - \frac{1}{1+}F_2,$$

所以 $\frac{\partial e}{\partial e}\Bigg|_{e=0} > 0$. 证毕.

下面我们给出这些结论的经济含义和经济解释.

命题 5.1 中结论 1) 表明中央在西部的能源开发量是西部能源储量的增函数, 是东部能源储量的减函数. 而目前我国的能源现状是, 西部能源丰富, 东部能源紧缺, 所以可以适度地把西部能源资源部分地转移到东部. 命题 5.1 中结论 2) 指出中央的西部能源开发量是 B 的增函数, 是 A 的减函数. 在我们的模型中, B 反应了东部能源要素以外其他生产要素, 或者说它反应了能源要素以外的综合生产力, A 则刻画了西部现有的综合生产力. 显然, 我国目前的经济现状是, 东部综合生产力高于西部, 所以也需要部分地转移西部能源资源. 从这两点可以认为, 西部能源开发战略的实施是在全国范围内进行能源资源的优化配置. 命题 5.1 中结论 2) 也给东、西部决策者提出了决策建议: 要获得本地区更大的能源支配优势 (拥有更多的能源使用量), 两地区都要增强本地区的综合生产力, 提高能源的投入产出效率. 为了说明此命题的结论 3), 注意到 $A(e) = A + e$, 其中 A 可理解为西部开发前西部的综合生产力, e 可理解为西部开发对加强西部综合实力的贡献因子 (当然我们这里的分析简单化了, 是线性的). 所以该结论表明在开发初期 ($e = 0$), 如果西部开发对西部产生的促进作用越大 ($\frac{\partial e}{\partial e} > 0$), 中央应该加大西部的开发力度. 这一点说明西部能源开发也是拉动西部经济发展的需要. 命题 5.1 中结论 3) 也从反面表明, 中央开发到一定程度 ($e > 0$), 并对西部产生较高的促进作用 ($\frac{\partial e}{\partial e} > 0$), 西部经济有了大的发展, 中央就要减缓西部的开发. 否则, 过度的开发会损害全国的整体经济利益、损害经济的可持续发展.

在上述解释中, 我们是在动态的说明问题. 因为我们的模型只包含两个时期, 第二个时期完全由第一个时期决定, 但是如果建立多个时期乃至连续的决策模型, 那么东、西部和中央三方就要动态地乃至连续地决策, 这些结论在一定条件下也应该成立, 只是分析可能会复杂得多.

6 结论和问题

研究相互制约、相互促进的区域经济发展问题, 博弈均衡方法可以作适当的数理分析. 本文把西部能源开发战略下的东西部经济系统简化概括后, 建立了东、西部和中央以能源的投入与转移为决策变量的博弈模型, 对函数作了经济学的常规假设. 我们获得了理论上的一些定量分析结果, 表明适度的西部能源开发战略是东西联动、东西双赢、符合全国经济利益的优化决策.

但是我们的模型是高度简化的, 在模型中我们没有考虑能源以外的其它因素诸如资本、技术、劳动力等投入要素的变化. 如果考虑到这些因素, 经济增长、资本积累等可以作为约束条件, 能源的转移和投入可

(下转第 47 页)

- Research Part E 37, 2001, 337 - 353.
- [3] Fite J, Taylor G, Usher J, Roberts J. Forecasting freight demand using economic indices [J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2001, 31(4):299.
- [4] 过秀成,谢实海,胡斌. 区域物流需求分析模型及其算法[J]. 东南大学学报(自然科学版),2001, 31(3):1 - 5.
Guo X C, Xie S H, Hu B. Regional logistics demand analysis model and solution [J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2001, 31(3):1 - 5.
- [5] 王荣成,陈才. 图们江地区物流长期预测研究的理论与方法[J]. 人文地理,1999, (9):21 - 25.
Wang R C, Chen C, Burkhard V. Theories and methodology on long term projection of cargo flows in Tumen River economic development area[J]. Human Geography, 1999, (9):21 - 25.
- [6] 赖一飞,郑清秀,章少强,纪昌明. 灰色预测模型在水运货运量预测中的应用[J]. 武汉水利电力大学学报, 2000, 33(1):96 - 99.
Lai Y F, Zheng X Q, Zhang S Q, Ji C M. Application of gray forecast model to transport volume in Jinsha River[J]. Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering, 2000, 33(1):96 - 99.
- [7] 张拥军,叶怀珍,任民. 神经网络模型预测运输货运量[J]. 西南交通大学学报,1999, 34(5):602 - 605.
Zhang Y J, Ye H Z, Ren M. Study on transportation demand forecast using neural network model[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 1999, 34(5):602 - 605.
- [8] 牛惠民,尹云川. 铁路枢纽内货运量的模糊预测[J]. 兰州铁道学院学报, 1998, 17(3):89 - 94.
Niu H M, Yin Y C. Fuzzy forecasting on freight demands in railroad hub[J]. Journal of Lanzhou Railway University, 1998, 17(3):89 - 94.
- [9] 李莉,张建华,周海燕. 物流产业发展与国民经济整体水平提升的相关性分析[J]. 中国机械工程, 2003, 14(10):884 - 887.
Li L, Zhang J H, Zhou H Y. Correlation analysis between logistics industry development and GDP's improvement[J]. China Mechanical Engineering, 2003, 14(10):884 - 887.

(上接第 42 页)

以作为决策变量,三方博弈的决策目标可以是贴现后的消费效用.考虑到能源作为稀缺资源的代际公平性,还可以把能源可持续性加以适当的度量并体现在各自的决策目标中.这样通过政府的宏观调控手段在地区间进行资源优化配置的博弈模型就完全建立在新古典经济增长的框架下,这种研究工作值得进一步探讨.

参考文献:

- [1] 国家发改委宏观经济研究院能源研究所课题组.西部可持续发展的能源战略[J].宏观经济研究,2003,(11):35 - 37.
Institute of Energy Research,Academy of Macroeconomic Research SDPC. Sustainable strategies of western China[J].Macroeconomic Research,2003,(11):35 - 37.
- [2] 杨宏林,田立新,丁占文.能源约束下的经济可持续增长[J].系统工程,2004,22(3):40 - 43.
Yang Honglin,Tian Lixin,Ding Zhanwen. Sustainable economic growth under restraint of energy[J]. System Engineering,2004,22(3):40 - 43.
- [3] 叶民强.双赢策略与制度激励:区域可持续发展评价与博弈分析[M].北京:社会科学文献出版社,2002.
Ye Minqiang. Win-Win Strategies and institution inspiring:Sustainability Evaluation and Game Analysis of Regional Economy[M]. Beijing:Social Sciences Academic Press,2002.
- [4] 谢识予.经济博弈论[M].上海:复旦大学出版社,2002.
Xie Shiyu. Economic Game Theory[M]. Shanghai:Fudan University Press,2002.
- [5] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海三联书店、上海人民出版社,1996.
Zhang Weiyong. Game Theory and Information Economics[M]. Shanghai:People's Publishing House,1996.