

区域产业关联经济距离模型的构建及实证分析^①

唐志鹏^{1,2}, 邓志国³, 刘红光⁴

(1. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 北京银行博士后科研工作站, 北京 100082; 4. 南京农业大学公共管理学院, 南京 210095)

摘要: 国民经济系统中产业之间既存在关联, 又存在经济距离. 关联反映产业之间联系程度的紧密, 经济距离反映产业之间中间生产环节的多少. 本文结合投入产出关联度和 APL 模型两种方法各自的优点, 创建了区域产业关联经济距离模型, 包括前向关联经济距离指数和后向关联经济距离指数, 并采用 1997—2007 中国区域间投入产出表的电力热力业作了实证分析. 研究表明, 从初始投入的上游产业来看, 1997—2007 年在中国 8 大区域的区域内和区域之间, 呈现出采选业与电力热力业以及电力热力业与其自身的关联程度最大且经济距离最短; 从最终需求的下游产业来看, 1997 年重工业与电力热力业以及电力热力业与其自身的关联程度最大且经济距离最短, 2002 年则增加了建筑业与电力热力业关联程度最大且经济距离最短, 2007 年除了京津区域的建筑业与北部沿海区域的电力热力业的关联程度最大且经济距离最短外, 其余均为电力热力业与其自身的关联程度最大且经济距离最短. 研究结果进一步显示, 1997—2007 年 8 大区域中电力热力业上下游生产链在区域内的能源经济联系比区域间更紧密. 受空间成本的影响, 绝大多数区域的能源对外联系仍以相邻区域为主导.

关键词: 生产链; 区域; 投入产出; 前向关联经济距离指数; 后向关联经济距离指数

中图分类号: F061.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2013)06-0056-11

0 引言

距离通常反映的是时间或空间尺度上的相隔长度, 具有无向性. 客观实体之间无论从哪里作为起始点, 其空间距离长度总是唯一确定的. 在引入了人的各种社会行为后, 距离不仅仅是研究客体之间间隔的长度, 更重要的是反映出了相互之间联系的紧密程度. 在国民经济复杂系统中, 产业总是以有序生产链的形式存在于复杂生产网络中. 产业之间关联的疏密程度决定了产业间上下游联系的紧密, 也决定了某些重要的生产链, 成为了产业结构调整的科学决策依据. 所谓关联, 指的是某个产业(部门)在投入与产出中与其它产业(部

门)的关系. 一个产业(部门)与向它提供投入的上游产业(部门)之间的联系被称作后向联系, 与它自身供给产出的下游产业(部门)之间的联系被称作前向联系. 里昂惕夫逆系数是研究关联的最主要的工具, 关于产业关联传统的计算方法在 Leontief 开创的投入产出宏观经济领域作了大量的研究^[1-6], 并在经济、环境和能源方面得到了广泛应用^[6-13]. 目前传统的产业关联主要是采用感应度系数和影响力系数来衡量单个产业与包含该产业自身在内的整个国民经济之间的前向联系及后向联系^[14], 并不涉及到两个具体产业之间的联系. 荷兰投入产出学者 Dietzenbacher 等人提出 APL(average propagation lengths)模型, 该模型引

^① 收稿日期: 2010-06-10; 修订日期: 2012-05-29.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41201129); 中科院重点部署项目(KZZD-EW-06).

作者简介: 唐志鹏(1978—), 男, 四川人, 博士, 助理研究员. Email: tangzp@igsrr.ac.cn

入了产业间经济距离的概念,用不同层次数来代表经济距离的长短,模型计算出的平均层次数越小,则认为两个部门间的中间生产环节也少,经济距离也就越短,并从数学上严格论证了同一经济系统中的两个部门由 Leontief 模型推导的后向 APL 和由 Ghosh 模型推导的前向 APL 是相等的^[15,16]. APL 模型由于首次考虑了层次数对生产链的影响,并用平均层次数衡量两个具体部门之间的经济距离,以反映两部门之间中间生产环节的多少,具有一定的理论实际意义. 邓志国等应用 APL 模型对我国 1987—2005 年部门的生产链演化作了应用分析^[17],唐志鹏等则从不同层次数生产环节的能耗对整条生产链影响的不同创建了 AECPC 模型,提出了平均能耗的概念,并对 2005 年中国 29 个部门平均能耗进行了测算分析^[18].

由于影响力系数和感应度系数是以整个国民经济所有部门的列昂惕夫逆系数加和平均值作为参照的标准尺度,使其每个部门的前向关联和后向关联具有可比性,但却并不涉及具体两个部门之间的关联程度大小,也无法衡量两个部门之间中间生产环节的多少. 虽然采用列昂惕夫逆系数可以反映出两个部门关联程度的大小,却不能反映出两个部门之间的经济距离,即有可能在两个部门构成的某一条生产链上它们关联程度很高,但它们之间的中间生产环节较多,经济距离较长,或者它们关联程度不是很高,但它们之间的中间生产环节较少,经济距离较短. 而 APL 虽然以生产链的平均层次数为判定依据来测算两部门间的经济距离,却并不涉及同一层次两部门间的关联大小,以图 1 为例.

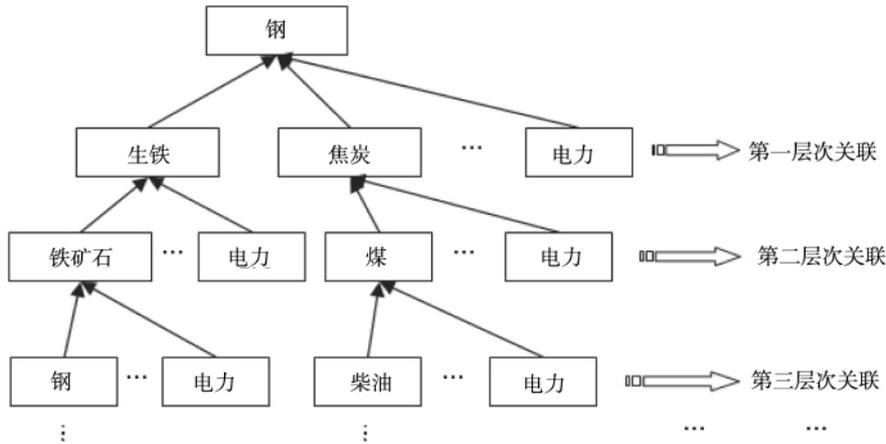


图 1 钢产品与其它产品构成生产链的多层次关联示意图

Fig. 1 The instruction chart for lots of turns of linkage of the production chains of steel and other products

在图 1 中可以看出,钢产品与生铁、焦炭、电力等产品的经济距离都相等为 1 层,但由直接消耗系数可知,钢产品与生铁、焦炭、电力等产品的直接关联紧密程度必然有所差异. 同样钢产品与其它不同产品在第 2 层次、第 3 层次的经济距离虽然相等,但关联紧密程度也存在差异. 如何综合集成上述研究方法各自的优点,即在测算任意两部门经济距离的同时,还要反映出关联程度的大小是一个值得研究的命题. 由于直接消耗系数反映任意两部门最直接的关联程度,也是构成列昂惕夫逆系数的基本元素. 因此需要同时引入反映经济距离的层次数和反映关联程度的直接消耗系

数等,来构建新的模型.

1 区域产业关联经济距离模型

1.1 关联经济距离的概念

APL 模型缺乏关联的标准尺度比较而无法反映出部门关联程度,因此在同一个经济系统中需要确定标准尺度构造标准生产链,用以测算任意两部门之间的经济距离,同时还要能够反映出关联程度的大小. 在投入产出理论中,每个直接消耗系数反映两部门之间的直接关联,而两部门构成的生产链的完全关联也是由直接

消耗系数的乘积线性加和构成,可以说两部门间的关联程度取决于两部门之间直接消耗系数的大小,其经济距离则由所在的层次数决定.由于*j*部门对*i*部门的直接消耗系数为*i*部门对*j*部门中间投入量除以*j*部门的总投入,在投入产出表*n*个部门中有*n*²个两两部门之间的投入量,设定一种任意两部门之间全部均等化的投入,即采用所有部门中间投入总和除以*n*²得到两部门之间的平均投入量,再用所有部门总投入的和除以*n*得到各部门的平均总投入,最后用平均投入量除以平均总投入的商来代表国民经济中各个部门直接消耗系数的平均水平.这个平均水平即可以代表所有部门之间1层经济距离关联程度的标准尺度,并利用标准尺度来构造标准生产链.类似的,也可以用直接分配系数来构造标准生产链.任意两部门构造的关联经济距离生产链只要和标准生产链相比较就能反映出两部门之间的关联程度和经济距离的信息.为统一起见,本文将同时具有关联程度和经济距离两种特征的名词命名为关联经济距离.同空间距离无向性不一样的是,生产链是产业之间上下游的有序排列形式,具有方向性.因此计算部门之间关联经济距离同样需要考虑的是*i j*部门构成的生产链是最终需求拉动的形式还是初始投入推动的形式.区域产业关联经济距离模型主要包括后向关联经济距离指数和前向关联经济距离指数.

1.2 后向关联经济距离指数

以最终需求拉动的 Leontief 模型为例

$$x = (I - A)^{-1}f = Lf = (I + A + A^2 + \dots)f \quad (1)$$

公式(1)为 Leontief 模型,其中*f*为最终使用列向量,*x*为总产出列向量,*A*为直接消耗系数矩阵,其中元素 $[A]_{ij} = x_{ij}/x_j$; x_{ij} 为*j*部门对*i*部门的直接消耗总量, x_j 为对应*j*部门的总投入,*L*为列昂惕夫逆矩阵(Leontief Inverse Matrix).在*n*个部门构成的国民经济系统中引入标准尺度矩阵 \bar{A} 矩阵中所有元素 \bar{a} 都相等

$$\bar{A}_{n \times n} = (\bar{a})_{n \times n}; \text{ 矩阵元素} \quad (2)$$

$$\bar{a} = \left(\frac{1}{n^2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij} \right) / \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \right)$$

引入标准尺度后的任意*i j*部门的标准生产链*D*的矩阵系数形式为

$$[D]_{ij} = [\bar{A}]_{ij} + 2[\bar{A}^2]_{ij} + 3[\bar{A}^3]_{ij} + 4[\bar{A}^4]_{ij} + \dots; i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

则测算同一经济系统中任意*i j*两部门后向关联经济距离指数*P_{ij}*为

$$[P]_{ij} = [F]_{ij} / [D]_{ij}; i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

其中

$$[F]_{ij} = [A]_{ij} + 2[A^2]_{ij} + 3[A^3]_{ij} + 4[A^4]_{ij} + \dots; i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

因为

$$F = A + 2A^2 + 3A^3 + 4A^4 + \dots; \quad (6)$$

$$AF = A^2 + 2A^3 + 3A^4 + \dots; \quad (7)$$

由 $0 \leq [A]_{ij} < 1$, 式(6)与式(7)相减及式(1), 易知 $F = L(L - I)$. 同理可得 $D = \bar{D}(\bar{D} - I)$; $\bar{D} = (I - \bar{A})^{-1}$.

\bar{A} 为常系数矩阵,代表了该经济系统中所有部门资源配置为均等投入的情况, \bar{D} 则为均等投入情况下的列昂惕夫逆矩阵.由式(2)和式(3)可以看出,引入了标准尺度矩阵 \bar{A} ,保证了标准生产链的每一层任意两部门之间的关联具有统一标准.因此任意两部门构成的生产链在不同层次上所体现的关联经济距离式(5)都可以和标准生产链式(3)比较,最终得到式(4),从而实现了在测算任意两部门之间经济距离的同时,还反映了两部门关联程度的大小.式(4)可以称为后向关联经济距离指数.后向关联经济距离指数越大,则表明从最终需求拉动角度而言,两部门构成的生产链中关联程度越紧密,并且中间生产环节越少,经济距离越短.反之亦然.

1.3 前向关联经济距离指数

同样,以初始投入推动的 Ghosh 模型为例

$$x' = w(I - B)^{-1} = wG = w(I + B + B^2 + \dots) \quad (8)$$

公式(8)为 Ghosh 模型,其中*x'*为*x*的转置,*w*为初始投入列向量,*w'*为*w*的转置,*B*为直接分配系数矩阵, $[B]_{ij} = x_{ij}/x_i$,且有 $B = \hat{X}^{-1}A\hat{X}$, \hat{X} 为总产出对角阵,*G*为 Ghosh 逆矩阵.在*n*个部门构成的国民经济系统中引入直接分配系数的标准尺

度矩阵 \bar{B}

$$\bar{B}_{n \times n} = (\bar{b})_{n \times n}; \text{ 矩阵元素}$$

$$\bar{b} = \left(\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \right) / \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (9)$$

由投入产出表中中间流量及总产出加和易知:

$$\bar{B}_{n \times n} = (\bar{b}_{ij})_{n \times n} = (\bar{a}_{ij})_{n \times n} = \bar{A}_{n \times n} \quad (10)$$

则测算同一经济系统中任意 i, j 两部门前向关联经济距离指数 Q_{ij} 为

$$[Q]_{ij} = [E]_{ij} / [D]_{ij}; \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

其中

$$[E]_{ij} = [B]_{ij} + 2[B^2]_{ij} + 3[B^3]_{ij} + 4[B^4]_{ij} + \dots; \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$[D]_{ij} = [\bar{A}]_{ij} + 2[\bar{A}^2]_{ij} + 3[\bar{A}^3]_{ij} + 4[\bar{A}^4]_{ij} + \dots; \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

式(11)可以称为前向关联经济距离指数. 前向关联经济距离指数越大, 则表明从初始投入推动角度而言, 两部门构成的生产链中关联程度越紧密, 并且中间生产环节越少, 经济距离越短. 反之亦然. 在同一经济系统中, 分别采用 Leontief 模型和 Ghosh 模型计算任意 i, j 两部门后向关联经济距离指数 P_{ij} 和前向关联经济距离指数 Q_{ij} 关系, 得

$E = G(G - I)$. 因为 $B = \hat{X}^{-1}A\hat{X}$, 故 B 矩阵连乘得 $B^n = \hat{X}^{-1}A^n\hat{X}$. 因此

$$E = G(G - I) = (I + B + B^2 + B^3 + \dots) \times (B + B^2 + B^3 + \dots)$$

$$= (\hat{X}^{-1}I\hat{X} + \hat{X}^{-1}A\hat{X} + \hat{X}^{-1}A^2\hat{X} + \hat{X}^{-1}A^3\hat{X} + \dots) \times (\hat{X}^{-1}A\hat{X} + \hat{X}^{-1}A^2\hat{X} + \hat{X}^{-1}A^3\hat{X} + \dots)$$

$$= \hat{X}^{-1}F\hat{X} \quad (14)$$

$$\text{即 } Q = \hat{X}^{-1}P\hat{X} \quad (15)$$

当 $X_1 = X_2 = X_3 = \dots = X_n$ 时, 易知 $[P]_{ij} = [Q]_{ij}$ (16)

式(15)可看出, 前向关联经济距离指数矩阵 Q 与后向关联经济距离指数矩阵 P 为相似矩阵, 而总产出的对角阵则为相似变换矩阵, 当各部门总产出相等时, 同一经济系统中的前向与后向关联经济距离指数相等. Isard、Chenery 和 Moses 分别于 20 世纪 50 年代提出了区域间投入产出模型 (Isard 模型) 和多区域间投入产出模型 (MRIO 模型) [19]. 以两区域 L 和 M 为例, 在行方向平衡建立

模型为 [20]

$$AX + F = X \quad (17)$$

其中

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & A^{LM} \\ A^{ML} & A^{MM} \end{bmatrix}, F = \begin{bmatrix} F^{LL} & F^{LM} \\ F^{ML} & F^{MM} \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} X^L \\ X^M \end{bmatrix},$$

$$L = (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} L^{LL} & L^{LM} \\ L^{ML} & L^{MM} \end{bmatrix} \quad (18)$$

类似的, 可进一步建立多区域间投入产出模型. 对于区域间两部门的关联经济距离指数而言, 以 m 区域 n 个部门为例, 根据前面式(1)至式(16), 对 r 区域的 i 部门与 s 区域的 j 部门的前向关联经济距离指数为

$$Q_{ij}^{rs} = E_{ij}^{rs} / D_{ij}^{rs}; \quad i, j = 1, 2, \dots, n; \quad r, s = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

同样, 对 r 区域的 i 部门与 s 区域的 j 部门的后向关联经济距离指数为

$$P_{ij}^{rs} = F_{ij}^{rs} / D_{ij}^{rs}; \quad i, j = 1, 2, \dots, n; \quad r, s = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

2 实证分析

低碳经济是引领未来全世界发展的主流, 也是我国应对气候变暖的根本保障, 而产业结构则是影响低碳经济的一个重要方面. 由于我国区域辽阔, 各地资源禀赋、经济发展水平的差异, 同时由于区域间的紧密联系, 很难简单的把碳排放责任强加在某些能源大省上, 否则会造成其它省域关键产业链的断裂, 影响国民经济的发展, 因此需要从区域间经济联系的角度研究产业关联经济距离. 本文采用中国国家信息中心编制的 1997 年中国区域间投入产出表和 2002 年中国区域间投入产出表 [21] 以及中国科学院地理科学与资源研究所与国家统计局合作编制的 2007 年中国区域间投入产出表 [22] 作为实证分析数据. 文献 [23] 和文献 [24] 指出电力热力行业是首先应该考虑的减排部门, 本文就把电力热力业作为研究对象, 测算中国 8 大区域电力热力业相关生产链的前向关联经济距离指数和后向关联经济距离指数, 以便

对中国 8 大区域电力热力业发展规划提供相关依据.

2.1 中国区域和部门的划分及计算结果

按照 1997 年中国区域投入产出表区域和部门划分标准,中国 8 大区域划分为:东北区域(黑龙江、吉林、辽宁),京津区域(北京、天津),北部沿海区域(河北、山东),东部沿海区域(上海、江苏、浙江),南部沿海区域(福建、广东、海南),中部区域(山西、河南、安徽、湖北、湖南、江西),西北区域(内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、青海和新疆)和西南区域(四川、重庆、广西、云南和贵州).部门的编号和名称依次为:1、农业;2、采选业;3、轻工业;4、重工业;5、电力蒸汽热水及煤气自来水生产供应业(简称电力热力业);6、建筑业;7、商业及运输业;8、其它服务业.

由式(19)和式(20)容易得到上述 1997—2007 年中国 8 区域之间任意 i, j 部门的前向关联经济距离指数 Q_{ij}^{rs} 和后向关联经济距离指数 P_{ij}^{rs}

$$Q_{ij}^{rs} = E_{ij}^{rs} / D_{ij}^{rs}; i, j = 1, 2, \dots, 8; r, s = 1, 2, \dots, 8$$

$$P_{ij}^{rs} = F_{ij}^{rs} / D_{ij}^{rs}; i, j = 1, 2, \dots, 8; r, s = 1, 2, \dots, 8$$

如上所述,把电力热力业作为研究对象,确定它在区域内和区域间产业前向关联经济距离指数最大的部门,即确定在国民经济系统中区域内和区域间哪个部门对该区域电力热力业部门初始投入推动的关联程度最大,并且经济距离最短;同时确定它在区域内和区域间产业后向关联经济距离指数最大的部门,也即确定区域内和区域间哪个部门对该区域电力热力业部门最终需求拉动的关联程度最大,并且经济距离最短.计算结果如表 1—表 3 所示.

表 1 1997 年中国区域电力热力业部门的关联经济距离指数的计算结果

Table 1 The results of the indexes of the linkage and economic distance from the sector of electricity and heating power production and supply in Chinese eight regions in 1997

区域名称	电力热力业前向关联经济距离指数最大的部门			
	区域内	指数	区域间	指数
东北区域	电力热力业	1.669	(西北区域)采选业	0.357
京津区域	采选业	1.049	(北部沿海区域)电力热力业	0.156
北部沿海区域	采选业	1.508	(东北区域)采选业	0.304
东部沿海区域	采选业	2.747	(中部区域)采选业	1.612
南部沿海区域	电力热力业	3.811	(中部区域)采选业	1.099
中部区域	电力热力业	2.466	(北部沿海区域)采选业	0.599
西北区域	采选业	1.567	(京津区域)采选业	0.133
西南区域	采选业	1.947	(中部区域)采选业	0.186
区域名称	电力热力业后向关联经济距离指数最大的部门			
	区域内	指数	区域间	指数
东北区域	重工业	1.837	(北部沿海区域)重工业	0.157
京津区域	重工业	1.281	(北部沿海区域)重工业	0.081
北部沿海区域	重工业	1.516	(京津区域)重工业	0.861
东部沿海区域	重工业	1.901	(南部沿海区域)重工业	0.488
南部沿海区域	电力热力业	3.811	(东部沿海区域)重工业	0.440
中部区域	电力热力业	2.466	(京津区域)重工业	0.881
西北区域	重工业	1.639	(中部区域)重工业	0.150
西南区域	重工业	1.725	(南部沿海区域)重工业	0.168

表2 2002年中国区域电力热力业部门的关联经济距离指数的计算结果
Table 2 The results of the indexes of the linkage and economic distance from the sector of electricity and heating power production and supply in Chinese eight regions in 2002

区域名称	电力热力业前向关联经济距离指数最大的部门			
	区域内	指数	区域间	指数
东北区域	采选业	2.956	(西北区域)采选业	0.236
京津区域	电力热力业	1.405	(北部沿海区域)电力热力业	0.201
北部沿海区域	电力热力业	2.475	(中部区域)采选业	0.717
东部沿海区域	采选业	11.653	(中部区域)采选业	1.228
南部沿海区域	电力热力业	8.725	(西南区域)采选业	0.947
中部区域	电力热力业	4.767	(西北区域)采选业	0.544
西北区域	电力热力业	5.093	(西南区域)电力热力业	0.250
西南区域	采选业	3.727	(西北区域)采选业	0.211
区域名称	电力热力业后向关联经济距离指数最大的部门			
	区域内	指数	区域间	指数
东北区域	重工业	3.047	(京津区域)建筑业	0.431
京津区域	电力热力业	1.405	(北部沿海区域)建筑业	0.068
北部沿海区域	电力热力业	2.475	(京津区域)电力热力业	0.854
东部沿海区域	电力热力业	6.788	(中部区域)建筑业	0.540
南部沿海区域	电力热力业	8.725	(西南区域)建筑业	0.503
中部区域	电力热力业	4.767	(京津区域)电力热力业	0.724
西北区域	电力热力业	5.093	(京津区域)电力热力业	0.257
西南区域	重工业	4.092	(西北区域)重工业	0.742

表3 2007年中国区域电力热力业部门的关联经济距离指数的计算结果
Table 3 The results of the indexes of the linkage and economic distance from the sector of electricity and heating power production and supply in Chinese eight regions in 2007

区域名称	电力热力业前向关联经济距离指数最大的部门			
	区域内	指数	区域间	指数
东北区域	电力热力业	16.271	(西北区域)电力热力业	1.994
京津区域	电力热力业	34.723	(西北区域)电力热力业	2.035
北部沿海区域	电力热力业	8.015	(东北区域)电力热力业	1.593
东部沿海区域	电力热力业	15.314	(京津区域)采选业	7.340
南部沿海区域	电力热力业	23.201	(西南区域)电力热力业	4.650
中部区域	电力热力业	7.445	(南部沿海区域)电力热力业	1.579
西北区域	电力热力业	11.559	(东北区域)采选业	0.402
西南区域	电力热力业	17.535	(西北区域)采选业	0.728
区域名称	电力热力业后向关联经济距离指数最大的部门			
	区域内	指数	区域间	指数
东北区域	电力热力业	16.271	(京津区域)电力热力业	1.482
京津区域	电力热力业	34.723	(北部沿海区域)电力热力业	0.311
北部沿海区域	电力热力业	8.015	(京津区域)建筑业	1.494
东部沿海区域	电力热力业	15.314	(北部沿海区域)电力热力业	9.507
南部沿海区域	电力热力业	23.201	(中部区域)电力热力业	1.749
中部区域	电力热力业	7.445	(京津区域)电力热力业	3.232
西北区域	电力热力业	11.559	(京津区域)电力热力业	3.324
西南区域	电力热力业	17.535	(南部沿海区域)电力热力业	2.885

2.2 电力热力业部门的前向及后向关联经济距离的分析

根据表1—表3中的计算结果,首先考察就初始投入推动角度而言的前向关联经济距离指数可以得出:1997年8大区域中无论区域内还是区域间,主要是采选业或电力热力业自身对电力热力业部门推动构成的生产链前向关联经济距离指数最大.电力热力业作为重要的能源部门,我国的电力以火电占其主导地位,而火电以煤为主要燃料,采选业中的煤炭采选业是火电最直接的上游产业,因此采选业对电力热力业构成的生产链关联程度最大且经济距离最短.此外电力热力业对自身的直接消耗也较大,故该部门对自身的前向关联经济距离最大,到了2002年8大区域无论在区域内还是区域间,可以看出电力热力业前向关联经济距离指数最大的部门——采选业数目在减少,而电力热力业部门数目在增加.2007年8大区域中区域内的电力热力业则全部是对自身的前向关联经济距离指数最大.从1997年至2007年,计算结果显示8大区域的电力热力业对其自身前向关联经济距离指数最大的部门数目在逐渐增加,反映了能源部门对自身的依赖程度不断增强.

其次考察就最终需求拉动角度而言的后向关联经济距离指数.根据表1—表3中的计算结果可以得出:1997年8大区域中区域内为重工业或电力热力业自身对电力热力业部门拉动构成的生产链后向关联经济距离指数最大.重工业绝大部分都是高耗能高载能的行业,对电力热力业的直接消耗较大,也是电力热力业最直接的下游产业;2002年8大区域中区域内电力热力业对自身构成的生产链后向关联经济距离指数最大的数目有所增加,重工业对电力热力业构成的生产链关联程度最大且经济距离最短的部门数目开始有所减少;到了2007年区域内则全部是电力热力业对自身构成的生产链关联程度最大且经济距离最短.从区域间来看,1997年全部是重工业对电力热力业拉动构成的生产链关联程度最大,经济距离也

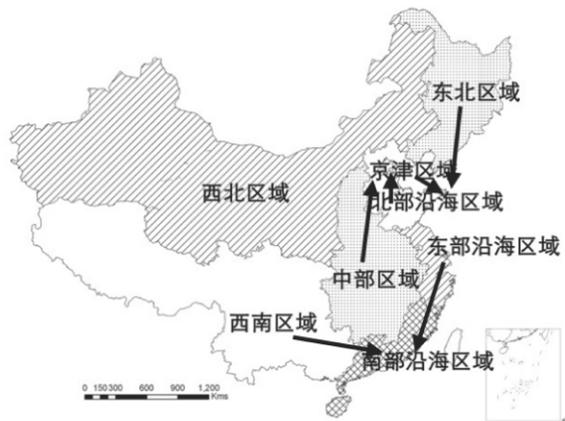
最短;2002年,除了重工业和电力热力业自身,还增加了建筑业,建筑业主要指建筑工程从破土动工到工程主体结构竣工的活动过程,建筑业对能源的消耗也很大;2007年在不同区域之间的部门中,与电力热力业后向关联经济距离指数最大的部门,除了京津区域的建筑业与北部沿海区域的电力热力业构成的生产链关联程度最大且经济距离最短外,其余均为不同区域之间电力热力业对电力热力业自身拉动构成的生产链关联程度最大且经济距离最短.京津区域对北部沿海区域电力热力业的后向关联经济距离指数最大的部门由1997年的重工业转变为2002年的电力热力业再到2007年的建筑业,反映了京津区域建筑业的快速发展.

根据表1—表3中全国8大区域电力热力业前后向关联经济距离指数的计算结果进一步分析1997—2007年电力热力业与上下游产业关联程度最大且经济距离最短构成的生产链在不同区域之间的变化,选出最主要的区域分布如图2(a)—(f)所示.从初始投入推动角度来看,1997年主要是采选业与电力热力业构成生产链的关联程度最大且经济距离最短,中部区域的采选业成为东部沿海区域、南部沿海区域和西南区域电力热力业的主要供应部门,空间分布特征呈现为一种辐散状,如图2(a)所示.中部区域的山西、河南及江西等省份煤资源丰富,对周围的相邻区域做出了积极的贡献.2002年西北区域的采选业与东北区域、中部区域和西南区域的电力热力业的关联程度最大且经济距离最短,取代中部区域成为主要能源供应地,见图2(c).到了2007年西北区域仍然是电力热力业上游产业最主要的源头地,支持着周围区域电力热力业的发展,见图2(e).比较1997年、2002年和2007年电力热力业上游产业的主要区域空间分布特征,从图2(a)、(c)和(e)可以看出空间辐射状呈现出由中部区域向西北区域迁移的特点,表明2002—2007年西北区域的内蒙古、新疆和陕西等省区成为主要的能源供应基地.



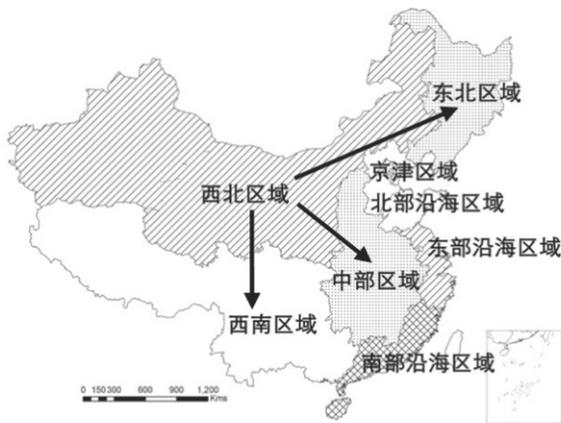
(a) 1997 年前向关联经济距离主要区域指向示意图

(a) The regional forward direction map in 1997



(b) 1997 年后向关联经济距离主要区域指向示意图

(b) The regional backward direction map in 1997



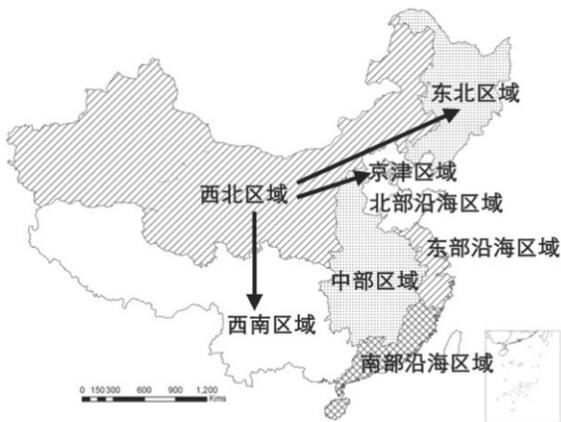
(c) 2002 年前向关联经济距离主要区域指向示意图

(c) The regional forward direction map in 2002



(d) 2002 年后向关联经济距离主要区域指向示意图

(d) The regional backward direction map in 2002



(e) 2007 年前向关联经济距离主要区域指向示意图

(e) The regional forward direction map in 2007



(f) 2007 年后向关联经济距离主要区域指向示意图

(f) The regional backward direction map in 2007

图 2 1997—2007 年中国电力热力业关联经济距离主要区域指向示意图

Fig. 2 The direction maps of the main linkage and economic distance of the sector of electricity and heating power production and supply among Chinese eight regions during 1997—2007

再从最终需求拉动角度来看,主要是重工业、建筑业和电力热力业自身与电力热力业的后向关联经济距离指数最大.1997年由京津区域、北部沿海和南部沿海三个区域的重工业作为下游产业拉动周围区域的电力热力业构成的生产链关联程度最大且经济距离最短.三个区域的分布特征呈现为一种辐合状,如图2(b).2002年京津区域的建筑业和电力热力业作为下游产业与周围区域的电力热力业构成的生产链关联程度最大且经济距离指数最短,京津区域成为8大区域中不同区域之间对电力热力业拉动的最主要区域,见图2(d).2007年京津区域仍然是电力热力业下游产业最主要的汇合地,见图2(f),除了京津区域自身的电力热力业拉动东北区域、中部区域和西北区域的电力热力业外,它的建筑业直接牵引着北部沿海区域的电力热力业的发展.

此外,通过表1—表3中计算结果还可以进一步发现:不论是前向关联经济距离指数还是后向关联经济距离指数,1997—2007年在8大区域中区域内的指数值均远大于区域间的指数值,表明1997—2007年区域内的产业联系比区域间的产业联系更紧密.就电力热力业这个能源部门而言,1997—2007年能源部门的区域空间联系主要发生在相邻区域,无论前向关联经济距离还是后向关联经济距离来看绝大部分区域都没有出现跨区域的空间联系,表明电力热力等能源的输送受到空间成本的影响,地理要素在能源外输中仍起着一定程度的支配作用.

3 结束语

空间距离通常用来反映客体位置间的长短.在引入人的社会行为后,经济距离更需要反映出经济要素关联的紧密程度等.本文结合投入产出关联度与APL模型两种方法各自的优点,在引入了标准生产链作为参照标准后,使同一经济系统任意两部门构成的生产链均与标准生产链比较用以反映两部门之间的经济距离和关联程度,创建了区域产业关联经济距离模型,包括前向关联经济距离指数和后向关联经济距离指数.文中采用1997年、2002年和2007年中国区域间投入产出表作了实证分析,计算结果显示在区域空间分布上,

无论是区域内还是区域间采选业、电力热力业自身对电力热力业前向关联经济距离指数最大,同样重工业、建筑业和电力热力业自身对电力热力业后向关联经济距离指数最大.从上下游产业的结构调整来看,作为上游产业的采选业及电力热力业自身供给的变动会对电力热力业产生较大的影响,而作为下游产业的重工业和建筑业及电力热力业自身需求的变动同样会对电力热力业产生较大的影响.同时发现1997—2007年电力热力业区域内的前后向关联经济距离指数比区域间大,表明区域内的能源经济联系比区域间更紧密.此外,1997—2007年绝大多数区域电力热力业部门关联经济距离指数最大的上下游产业都没有出现跨区域的空间联系,表明以空间成本为主的地理要素在能源对外联系中仍起着一定程度的支配作用.

从构造的区域产业关联经济距离模型来看,由于阈值的设定具有一定主观性,因此引入的标准尺度同样可以引入不同的主观标准,但这并不妨碍在同一国民经济系统中部门之间经济距离及关联度的相互比较.因为无论是前向关联经济距离指数还是后向关联经济距离指数都是相对值,即部门之间只是比较相对大小,而不是绝对大小.从构造的模型来看,前向关联经济距离指数矩阵和后向关联经济距离指数矩阵为相似矩阵,而部门的总产出对角阵则为相似变换矩阵.因此各部门总产出的相对大小决定着两部门间的前向关联经济距离与后向关联经济距离的相对大小,另外关联程度也直接取决于直接消耗系数和直接分配系数,即现有国民经济系统的生产技术架构也决定了产业部门之间的联系紧密程度.在国民经济可持续发展中,产业结构调整是实现低碳经济的一个重要途径,任一产业规模和生产技术的变动都会通过上下游传递而影响波及到不同区域所有的产业.因此,在目前节能减排,推广低碳经济形势下,区域产业结构调整作相关决策时,应尽可能充分估计调整某一产业带来的波及影响.通过区域产业关联经济距离模型计算来寻找一些关键的生产链,这些生产链不仅关联程度紧密,而且中间生产环节少,经济距离短,相对其它产业链调整带来的影响更直接更有效,这样为相关部门制定产业规划提供相关的参考依据.

参考文献:

- [1]Chenery H B , Watanabe T. International comparisons of the structure of production [J]. *Econometrica* , 1958 , 26: 487 - 521.
- [2]Rasmussen P. *Studies in Intersectoral Relations* [M]. Amsterdam: North Holland , 1956.
- [3]Hirschman A O. *The Strategy of Economic Development* [M]. New Haven , Conn: Yale University Press , 1958.
- [4]Hazari B R. Empirical identification of key sectors in the Indian economy [J]. *The Review of Economics and Statistics* , 1970 , 52(3) : 301 - 305.
- [5]Yan C , Ames E. Economic interrelatedness [J]. *The Review of Economic Studies* , 1965 , 32(4) : 299 - 310.
- [6]Kurz H D , Dietzenbacher E , Lager C. *Input-Output Analysis(Vol III)* [M]. Cheltenham: Edward Elgar , 1998.
- [7]Khan A Q. Structural change in Pakistan's interindustry relationships [J]. *Economic Systems Research* , 1991 , 3(2) : 163 - 170.
- [8]Roberts B M. Structural change in Poland , 1980 - 1990: Evidence from social accounting multipliers and linkage analysis [J]. *Economic Systems Research* , 1995 , 7(3) : 291 - 308.
- [9]Han Xiaoli. Structural change and labor requirement of the Japanese economy [J]. *Economic Systems Research* , 1995 , 7(1) : 47 - 66.
- [10]Lin Xiannuan , Polenske K R. Input-Output anatomy of China's energy use changes in the 1980s [J]. *Economic Systems Research* , 1995 , 7(1) : 67 - 84.
- [11]Teng Jian. Input-output analysis of economic growth and structural changes in China [J]. *Journal of Applied Input-Output Analysis* , 1996 , 3: 18 - 55.
- [12]Lesuis P J J , Paul K C , et al. Structural models of factor demands and technological change: An empirical assessment of dynamic adjustment specifications for sectors of the Dutch economy [J]. *Economic Systems Research* , 1996 , 8(4) : 341 - 360.
- [13]Wolff E N. Spillovers , linkages and technical change [J]. *Economic Systems Research* , 1997 , 9(1) : 9 - 23.
- [14]钟契夫,陈锡康,刘起运. 投入产出分析修订本[M]. 第2版,北京: 中国财政经济出版社,1993.
Zhong Qifu , Chen Xikang , Liu Qiyun. *Input-Output Analysis* [M]. 2nd Edition , Beijing: China Financial and Economic Publishing House , 1993. (in Chinese)
- [15]Dietzenbacher E , Romero I , Bosma N S. Using average propagation lengths to identify production chains in the andalusian economy [J]. *Estudios de Economia Aplicada* , 2005 , 23(2) : 405 - 422.
- [16]Dietzenbacher E , Romero I. Production chains in an interregional framework: Identification by means of average propagation lengths [J]. *International Regional Science Review* , 2007 , 30(4) : 362 - 383.
- [17]邓志国,陈锡康. 中国部门生产链演化趋势及动态影响分析 [J]. *运筹与管理* , 2009 , 18(5) : 19 - 23.
Deng Zhiguo , Chen Xikang. Analysis of the evolvement trend and dynamic impact of sectors production chains in China [J]. *Operations Research and Management Science* , 2009 , 18(5) : 19 - 23. (in Chinese)
- [18]唐志鹏,刘卫东,刘红光,等. 基于投入产出技术的中国部门生产链平均能耗 [J]. *地理科学进展* , 2009 , 28(6) : 919 - 925.
Tang Zhipeng , Liu Weidong , Liu Hongguang , et al. Research on China's average energy consumption of production chain based on input-output technique [J]. *Progress in Geography* , 2009 , 28(6) : 919 - 925. (in Chinese)
- [19]张亚雄,赵 坤. 区域间投入产出分析 [M]. 北京: 社会科学文献出版社,2005.
Zhang Yaxiong , Zhao Kun. *Interregional Input-Output Analysis* [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press(China) , 2005. (in Chinese)
- [20]潘文卿,刘起运. 区域经济的空间联系: 方法与指标 [J]. *统计研究* , 2004 , (10) : 47 - 51.
Pan Wenqing , Liu Qiyun. Spatial combination of regional economye methods and indicators [J]. *Statistical Research* , 2004 , (10) : 47 - 51. (in Chinese)
- [21]国家信息中心. 中国区域间投入产出表 [M]. 北京: 社会科学文献出版社,2005.
State Information Center. *Multi-regional Input-output Model for China* [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press(Chi-

- na), 2005. (in Chinese)
- [22]刘卫东,陈杰,等. 中国 2007 年 30 省区市区域间投入产出表编制理论与实践 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
Liu Weidong, Chen Jie, et al. China's 30 Provincial Interregional Input-Output Table Theory and Practice of in 2007 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2012. (in Chinese)
- [23]刘红光,刘卫东,唐志鹏,等. 中国区域产业结构调整碳减排效果分析 [J]. 地域研究与开发, 2010, 29(3): 129 - 135.
Liu Hongguang, Liu Weidong, Tang Zhipeng, et al. The effect analysis of regional industry structure adjustment for CO₂ emission reduction in China: On the base of inter-regional input-output method [J]. Areal Research and Development, 2010, 29(3): 129 - 135. (in Chinese)
- [24]唐志鹏,刘卫东,刘红光. 投入产出分析框架下的产业结构协调发展测度 [J]. 中国软科学, 2010, (3): 103 - 110.
Tang Zhipeng, Liu Weidong, Liu Hongguang. Measuring of coordinated development of industrial structure in the framework of input-output analysis [J]. China Soft Science, 2010, (3): 103 - 110. (in Chinese)

A model construction and empirical analysis of regional industrial linkage and economic distance

TANG Zhi-peng^{1 2}, *DENG Zhi-guo*³, *LIU Hong-guang*⁴

1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China;
2. Institute of Geography Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;
3. Postdoctoral Programme, Bank of Beijing, Beijing 100082, China
4. College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: There are both a linkage relationship and economic distances between sectors in the national economic system. The linkages between sectors show their interconnection, and their economic distance reflects their intermediate production links. This paper synthesizes the advantages of the average production lengths model and relevancy of input-output method, and constructs a regional industrial linkage and economic distance model, including the forward linkage and economic distance index and the backward linkage and economic distance index. Then, we calculate these indexes according to eight-regional-input-output table for China in 1997, in 2002 and in 2007. The results show, from the viewpoint of the primary inputs of upstream industry, that the greatest interconnection and the minimum economic distance is from the sector of mining to the sector of electricity and heating power production and supply; and from the point of the final demand of the downstream industry, that the greatest interconnection and the minimum economic distance is from the sector of electricity and heating power production and supply mining to the sector of heavy industry or the sector of construction during the period from 1997 to 2007 either intra-region or inter-region. We find there are greater interconnections in intra-region than inter-region for the upstream and downstream industries of the sector of electricity and heating power production and supply, and the greatest spatial energy interconnection takes place in the vicinity of most of the eight regions because of spatial costs.

Key words: production chain; region; input-output; forward linkage and economic distance index; backward linkage and economic distance index