

中国石化工业园区升级壁垒分析

张传平, 余磊, 曹肖, 赵亚楠, 张静

(中国石油大学经济管理学院, 山东青岛 266580)

摘要:利用结构方程模型(SEM)分析石化园区升级到生态工业园的发展壁垒。结果表明:实现石化工业园区升级,提高能源资源利用率(效应系数为 0.710),本质上就是减少废物排放(效应系数为 0.395);石化工业园区升级到生态工业园的最大壁垒为技术壁垒(影响度 3.197),其次为意识与信息壁垒(影响度 2.273)和企业运营壁垒(影响度 2.118);三个主要壁垒的路径依赖关系为意识与信息壁垒(效应系数 0.542)→技术壁垒(效应系数 0.502)→企业运营壁垒。

关键词:石化园区;生态工业园;壁垒;结构方程模型

中图分类号:TU 984

文献标志码:A

Upgrad barriers analysis of petrochemical park in China

ZHANG Chuan-ping, YU Lei, CAO Xiao, ZHAO Ya-nan, ZHANG Jing

(School of Economics and Management in China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

Abstract: The influential barriers that petrochemical park in China was upgraded to the eco-industrial park were analyzed by the structural equation model. The results show that the essence of achieving the upgrade and improve the utilization of energy and resource is to reduce waste emissions. The effect coefficients are 0.710 and 0.395 respectively. And the main barriers are technology barriers (the influence is 3.197), business operation barriers (the influence is 2.273) and awareness and information barriers (the influence is 2.118). The path dependency among the three barriers is awareness and information barriers (the effect coefficient is 0.542)→technology barriers (the effect coefficient is 0.502)→business operation barriers.

Key words: petrochemical park; eco-industrial park; barriers; structural equation model

生态工业园是一个能最大限度地发挥人的积极性和创造力的高效、稳定、协调和可持续发展的人工复合生态系统^[1-2],整个系统对自然环境“零排放”,是一种新型工业组织形态,是继工业园区和高新园区之后的第三代工业园区。笔者探究财政金融、政策监管、个人和行为、意识和信息、企业运营和技术等壁垒对石化工业园区升级到生态工业园的影响,利用结构方程模型(SEM)考察各壁垒对石化工业园区升级到生态工业园壁垒的影响程度。

1 结构方程模型的建立

结构方程模型是从微观个体出发,探讨宏观规律的一种统计方法,其将一些无法直接观测而又待研究的问题作为潜变量,通过一些可以直接观测的

变量(指标)反映这些潜变量,建立变量与潜变量以及潜变量之间的关系,即结构。结构方程模型是一种验证性分析方法,它从逻辑推演出发,通过收集数据,利用协方差矩阵建立模型,基于测量指标的信度和效度,验证结论真伪^[3-8]。

1.1 指标选择

中国石化工业园区升级到生态工业园壁垒和石化园区质量指标选择见表 1。

表 1 中观测变量与潜变量以及潜变量之间的路径/结构关系如图 1 所示。可以看出,图中蕴含着 9 个潜变量之间的关系:(H1)财政税收壁垒与企业运营壁垒成正相关^[9];(H2)个人和行为壁垒与企业运营壁垒成正相关;(H3)技术壁垒与企业运营壁垒成正相关;(H4)信息和意识壁垒与技术壁垒成正相

关^[10]; (H5) 政策监管壁垒与能源利用成负相关; 业运营壁垒与能源利用成负相关; (H8) 企业运营壁
(H6) 政策监管壁垒与资源利用成负相关; (H7) 企 垒与资源利用成负相关; (H9) 技术壁垒与能源利用

表 1 石化园区升级壁垒和质量指标体系

Table 1 Barriers and quality index about petrochemical park upgraded into eco-industrial park			
潜变量	潜变量标签	观测变量	观测变量标签
石化园区 发展壁垒	政策监管壁垒	清洁生产相关指标达标情况的监管力度	x_1
		循环经济诸法的落实情况	x_2
		环境目标责任制的实施力度	x_3
	财政税收壁垒	财政补贴政策	x_4
		税收优惠政策	x_5
		小微企业财税政策	x_6
	个人和行为壁垒	不同企业员工心态	x_7
		入园企业地位	x_8
		入园企业动机	x_9
	意识和信息壁垒	生态工业园社会普教程度	x_{10}
		企业互动介绍	x_{11}
		业界联谊培训	x_{12}
石化园区 质量指标	企业运营壁垒	投资回收期	y_1
		成本	y_2
		投资回报率	y_3
	技术壁垒	余热、余压多级利用技术	y_4
		物质循环利用技术	y_5
	能源利用	能源利用率	y_6
		园区单位产值能耗	y_7
	废物排放	工业固体废物综合利用率	y_8
		二氧化硫排放量	y_9
		废水排放量	y_{10}
	资源利用	工业用水重复利用率	y_{11}
		主要再生资源回收利用量	y_{12}

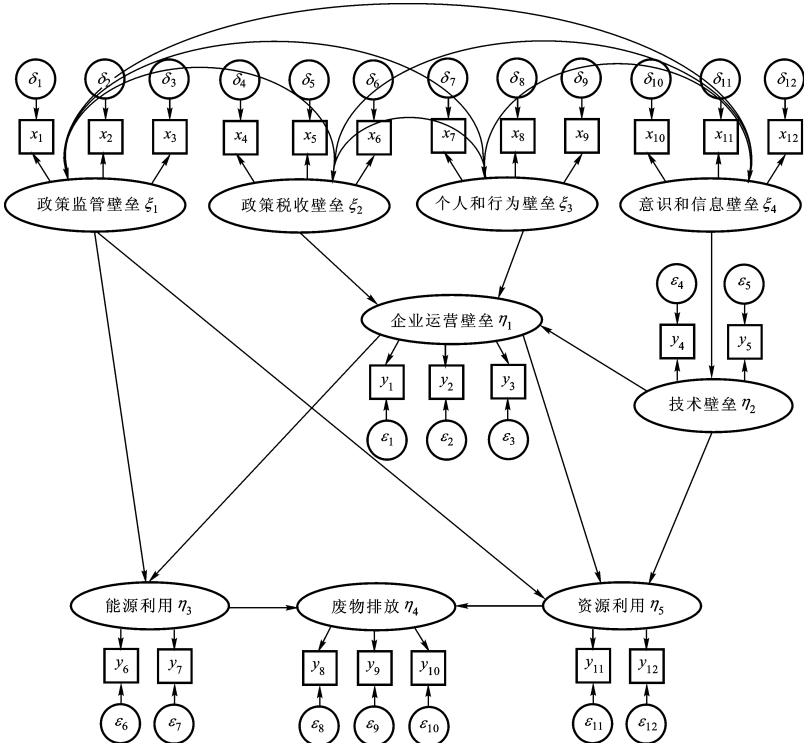


图 1 石化园区发展壁垒和指标路径

Fig. 1 Barriers about petrochemical park upgraded into eco-industrial park and index path

成负相关;(H10)技术壁垒与资源利用成负相关;(H11)能源利用与废物排放成负相关;(H12)资源利用与废物排放成负相关。

1.2 结构方程

建立石化园区升级壁垒和质量指标结构方程如下:

$$\begin{cases} \eta_1 = \beta_{12}\eta_2 + \gamma_{12}\xi_2 + \gamma_{13}\xi_3 + \zeta_1, \\ \eta_2 = \gamma_{24}\xi_4 + \zeta_2, \\ \eta_3 = \beta_{31}\eta_1 + \beta_{32}\eta_2 + \gamma_{31}\xi_1 + \zeta_3, \\ \eta_4 = \beta_{43}\eta_3 + \gamma_{45}\eta_5 + \zeta_4, \\ \eta_5 = \beta_{51}\eta_1 + \beta_{52}\eta_2 + \gamma_{51}\xi_1 + \zeta_5, \end{cases} \quad (1)$$

用矩阵表示有

$$\begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \beta_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{31} & \beta_{32} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{43} & 0 & \beta_{45} \\ \beta_{51} & \beta_{52} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & \gamma_{12} & \gamma_{13} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_{24} \\ \gamma_{31} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \gamma_{51} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_4 \\ \xi_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \\ \zeta_5 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

简记为

$$\eta = B\eta + I\xi + \zeta.$$

式中, ξ 为模型中的外生潜变量; η 为模型中的内生潜变量; I 和 B 为结构系数矩阵,分别表示模型中外生潜变量 ξ 对内生潜变量 η 的影响以及内生潜变量 η 之间的互相影响; ζ 为模型的残差。

由图1可知,政策监管壁垒的测量方程为

$$\begin{aligned} x_1 &= \lambda_{11}\xi_1 + \delta_1, \\ x_2 &= \lambda_{21}\xi_1 + \delta_2, \\ x_3 &= \lambda_{31}\xi_1 + \delta_3. \end{aligned} \quad (3)$$

式中, δ_i 是测量误差。通常有 $E(\delta_i) = 0$ 且误差项 δ_i 与潜变量 ξ_i 不相关。同理可得其他测量方程。全部测量方程用矩阵表示为

$$\begin{aligned} Y &= A_y\eta + \varepsilon, \\ X &= A_x\xi + \delta. \end{aligned} \quad (4)$$

当把结构方程(2)与测量方程(4)联立时,得

$$\begin{aligned} \eta &= B\eta + I\xi + \zeta, \\ Y &= A_y\eta + \varepsilon, \\ X &= A_x\xi + \delta. \end{aligned} \quad (5)$$

其中: $E(\eta) = 0, E(\xi) = 0, E(\zeta) = 0, \zeta$ 与 ξ 无关; E

$(\varepsilon) = 0, E(\delta) = 0, \varepsilon$ 与 η 无关, δ 与 ξ 无关。

当 $\text{var}(\xi) = \Phi, \text{var}(\zeta) = \Psi, \text{var}(\varepsilon) = \Theta_\varepsilon, \text{var}(\delta) = \Theta_\delta$,则得到 $B, I, A_x, A_y, \Phi, \Psi, \Theta_\varepsilon, \Theta_\delta$ 8个待估计参数矩阵。对石化园区升级壁垒和质量指标的结构方程模型,用样本表示的总体方差/协方差矩阵 Σ 为

$$\Sigma = \text{cov} \begin{pmatrix} Y \\ X \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \text{var}(Y) & \text{cov}(Y, X) \\ \text{cov}(X, Y) & \text{var}(X) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

含有带估计参数的方差/协方差阵 $\Sigma(\theta)$ 为

$$\Sigma(\theta) = \begin{bmatrix} \Sigma_{yy}(\theta) & \Sigma_{yx}(\theta) \\ \Sigma_{xy}(\theta) & \Sigma_{xx}(\theta) \end{bmatrix}. \quad (7)$$

按照式(5)的条件有

$$\begin{aligned} \Sigma_{yy}(\theta) &= E(YY') = E[(A_y\eta + \varepsilon)(\eta'A_y' + \varepsilon')] = \\ &= A_y E(\eta\eta') A_y' + \Theta_\varepsilon = A_y (I - B)^{-1} (I\Phi I' + \Psi) [(I - B)^{-1}]' A_y' + \Theta_\varepsilon, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Sigma_{yx}(\theta) &= E(YX') = A_y E(\eta\xi') A_x' + \Theta_\varepsilon = \\ &= A_y (I - B)^{-1} I\Phi A_x', \end{aligned} \quad (9)$$

$$\Sigma_{xx}(\theta) = A_x \Phi A_x' + \Theta_\delta, \quad (10)$$

$$\Sigma_{xy}(\theta) = A_x \Phi I' [(I - B)^{-1}]' A_y'. \quad (11)$$

求解非线性方程组 $\Sigma = \Sigma(\theta)$,可实现完整模型的参数辨识。

2 实证分析

2.1 数据获取与检验

在调研与问卷基础上,取得由251个子样观测值组成的样本。经运用SPSS17.0进行信度检验(可靠性检验)以及KMO和Bartlett球形检验(效度检验),可靠性检验Cronbach's Alpha值为0.756;Kaiser-Meyer-Olkin度量为0.718;Bartlett的球形度检验结果为:近似卡方781.110、自由度276、显著性0。检验结果表明数据集可以用来进行分析。

2.2 模型求解与结果分析

建立式(5)的石化工业园区升级到生态工业园壁垒结构方程模型,运用AMOS17.0进行计算,所得到的各变量之间的路径系数和相应的检验值见表2。

表2中,在选定显著水平(一般选取5%)之后,计算出CR和P值,在5%的显著性水平上,CR的绝对值应大于1.96。由表2可知,所有路径系数的统计显著性非常理想(95%的置信水平上显著)。

石化工业园区升级到生态工业园壁垒结构方程模型的拟合指数见表3。可以看出,结构方程模

型的拟合指数均达到要求,模型有很好的拟合度。

表 2 结构模型标准化因子载荷

变量间路径关系	标准路 径系数	CR	P
技术壁垒←意识和信息壁垒	0.542	2.082	0.037
企业运营壁垒←财政税收壁垒	0.229	2.362	0.019
企业运营壁垒←个人和行行为壁垒	0.152	6.358	≤0.001
企业运营壁垒←技术壁垒	0.502	4.571	≤0.001
资源利用←技术壁垒	-0.443	-7.352	≤0.001
能源利用←政策监管壁垒	-0.070	-2.907	0.004
资源利用←政策监管壁垒	-0.389	-4.892	≤0.001
能源利用←技术壁垒	-0.593	-2.271	0.023
能源利用←企业运营壁垒	-0.646	-3.963	≤0.001
资源利用←企业运营壁垒	-0.727	-2.634	0.009
废物排放←资源利用	-0.395	-5.135	≤0.001
废物排放←能源利用	-0.710	-2.592	0.010
x_4 ←财政税收壁垒	-0.745		
x_5 ←财政税收壁垒	-0.767	-6.755	≤0.001
x_6 ←财政税收壁垒	-0.382	-3.049	0.002
x_1 ←政策监管壁垒	-0.670		
x_2 ←政策监管壁垒	-0.786	-5.909	≤0.001
x_3 ←政策监管壁垒	-0.731	-5.987	≤0.001
x_7 ←个人和行行为壁垒	0.610		
x_8 ←个人和行行为壁垒	0.484	3.868	≤0.001
x_9 ←个人和行行为壁垒	0.865	4.717	≤0.001
x_{10} ←意识和信息壁垒	-0.419		
x_{12} ←意识和信息壁垒	-0.756	-3.569	≤0.001
y_5 ←技术壁垒	-0.405	-2.671	0.008
y_2 ←企业运营壁垒	0.388	2.983	0.003
y_7 ←能源利用	-0.825		
y_6 ←能源利用	0.622	5.169	≤0.001
y_{12} ←资源利用	0.288		
y_{11} ←资源利用	0.619	2.032	0.042
y_{10} ←废物排放	0.557		
y_9 ←废物排放	0.524	3.820	≤0.001
y_8 ←废物排放	-0.469	-3.615	≤0.001
y_4 ←技术壁垒	-0.411		
y_1 ←企业运营壁垒	0.516		
y_3 ←企业运营壁垒	0.746	3.873	≤0.001
x_{11} ←意识和信息壁垒	-0.745	-3.688	≤0.001

注:CR 为检验参数显著性的统计量;P 为显著性概率值。

由 AMOS17.0 求解式(5)的结果,石化工业园区升级到生态工业园各壁垒的关系表达式为

企业运营壁垒=0.502×技术壁垒+0.229×财政税收
壁垒+0.152×个人和行行为壁垒+ ζ_1 , (12)

技术壁垒=0.542×意识和信息壁垒+ ζ_2 , (13)

能源利用=-0.646×企业运营壁垒-0.593×技术壁
垒-0.070×政策监管壁垒+ ζ_3 , (14)

资源利用=-0.727×企业运营壁垒-0.593×技术壁
垒-0.389×政策监管壁垒+ ζ_5 , (15)

废物排放=-0.710×能源利用-0.395×资源利用+
 ζ_4 . (16)

其中, $\zeta_i(i=1,2,3,4,5)$ 表示残差。

表 3 结构方程模型拟合指数

拟合指数	判定标准	检验结果
绝对适配度指标:		
χ^2/df	一般要求介于[1,2]	1.345
RMSEA	低于 0.05 拟合很好,在[0.05,0.08]之 间拟合较好,在[0.08,1]之间可以接 受,且越小越好	0.059
GFI	>0.90	0.906
AGFI	>0.90	0.951
增值适配度指数:		
NFI	>0.90	0.933
RFI	>0.90	0.967
IFI	>0.90	0.901
TLI	>0.90	0.936
CFI	>0.90	0.913
简约适配度指数:		
PGFI	>0.50	0.638
PNFI	>0.50	0.536
PCFI	>0.50	0.730

式(12)~(16)表明,中国石化生态工业园提高能源、资源利用率本质就是减少废物排放,直接效应分别为 0.71 与 0.395;提高能源、资源利用率有赖于消除企业运营壁垒、克服技术壁垒与强化政策监管;克服技术壁垒,主要在于生态工业园实体的意识和园内实体间或社会实体间的信息开放、交流与应用(直接效应 0.542);消除技术壁垒(直接效应 0.502),应加大财政政策支持(直接效应 0.229),营造诚信的营商环境(直接效应 0.152)。

2.3 因子效应

潜变量之间的结构关系一般通过直接效应、间接效应以及总效应来反映。直接效应是原因变量对结果变量的直接影响,用原因变量到结果变量的标准路径系数来衡量。间接效应指原因变量通过一个或者多个中介变量,对结果变量的间接影响,当只有一个中介变量时,间接效应是两个标准路径系数的乘积。直接效应与间接效应之和称为原因变量对结果变量的总效应。由表 1 和图 1 可得影响石化工业园区升级到生态工业园的原因变量与结果变量之间的总效应(表 4)。

表 4 中,影响度是潜变量对其余潜变量的总效应(每行前 9 列(绝对值)相加);被影响度是潜变量所受其它潜变量影响的总效应(每列前 9 行(绝对值)相加)。由表 4 可见,石化工业园区升级到生态工业园影响度最高的为技术壁垒、意识和信息壁垒、企业运营壁垒。

表 4 原因变量与结果变量之间的效应关系
Table 4 Response relation among reason & result variables

指标	政策监管 壁垒①	财政税收 壁垒②	个人和行 为壁垒③	意识和信 息壁垒④	企业运营 壁垒⑤	技术 壁垒⑥	能源 利用⑦	废物 排放⑧	资源 利用⑨	影响 度⑩
政策监管壁垒①	—	—	—	—	—	—	-0.070	0.203	-0.389	0.662
财政税收壁垒②	—	—	—	—	0.229	—	-0.148	0.171	-0.166	0.714
个人和行为壁垒③	—	—	—	—	0.152	—	-0.098	0.113	-0.111	0.474
意识和信息壁垒④	—	—	—	—	0.272	0.542	-0.497	0.525	-0.437	2.273
企业运营壁垒⑤	—	—	—	—	—	—	-0.646	0.745	-0.727	2.118
技术壁垒⑥	—	—	—	—	0.502	—	-0.917	0.970	-0.808	3.197
能源利用⑦	—	—	—	—	—	—	—	-0.710	—	0.710
废物排放⑧	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
资源利用⑨	—	—	—	—	—	—	—	-0.395	—	0.395
被影响度⑩	0	0	0	0	1.155	0.542	2.376	3.832	2.638	—

3 结束语

实现中国石化工业园区升级到生态工业园,提高能源、资源利用率,本质上就是减少废物排放,直接效应系数分别为 0.710 与 0.395。而实现中国石化工业园区升级到生态工业园的最大壁垒为技术壁垒(影响度 3.197),其次为意识和信息壁垒(影响度 2.273)与企业运营壁垒(影响度 2.118),3 个主要壁垒的路径依赖关系为意识与信息壁垒(效应系数 0.542)→技术壁垒(效应系数 0.502)→企业运营壁垒。

参考文献:

[1] 国务院. 石化和化学工业“十二五”发展规划 [EB/OL]. <http://www.gov.cn>. 2011-12-15.

[2] 国务院. 循环经济发展战略及近期行动计划 [EB/OL]. <http://www.gov.cn>. 2013-1-23.

[3] 易丹辉. 结构方程模型[M]. 北京:中国人民大学出版社,2008:143-175.

[4] ROBERTS B H. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study [J]. Journal of Cleaner Production, 2004, 12 (10): 997-1010.

[5] STEVEN Klepper. The origin and growth of industry clus-

ters: the making of silicon valley and detroit [J]. Journal of Urban Economics, 2010, 67 (1): 15-32.

[6] NAGESHA N, BALACHANDRA P. Barriers to energy efficiency in small industry clusters: multi-criteria-based prioritization using the analytic hierarchy process [J]. Energy, 2006, 31 (12): 1969-1983.

[7] BEHERA Shishir Kumar, KIM Jung Hoon, LEE Sang Yoon, et al. Evolution of ‘designed’ industrial symbiosis networks in the Ulsan eco-industrial park: ‘research and development into business’ as the enabling framework [J]. Journal of Cleaner Production, 2012, 29 (7): 103-112.

[8] CAGNO E, WORRELL E, TRIANNI A, et al. A novel approach for barriers to industrial energy efficiency [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 19 (3): 290-308.

[9] 国务院. 节能减排“十二五”规划 [EB/OL]. <http://www.gov.cn>. 2012-8-21.

[10] 中国社会科学院工业经济研究所课题组. 第三次工业革命与中国制造业的应对策略[J]. 学习与探索, 2012 (9): 93-98.

The Research Group of Industrial Economy Institute of Chinese Academy of Social Sciences. The strategy of the third industrial revolution and the manufacturing of China [J]. Study & Exploration, 2012 (9): 93-98.

(编辑 刘为清)