

# 江苏沿江地区工业企业环境压力的 LISREL 模型分析

王宜虎<sup>1,2</sup>, 陈 雯<sup>1,\*</sup>, 陈江龙<sup>1</sup>, 段学军<sup>1</sup>

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 工业企业的压力就是企业受到的来自外部的促使其改善环境行为的各种压力。为了更好地掌握和了解我国较发达地区工业企业所受环境压力的构成、程度及其变化, 以便调整和创新环境制度, 推动工业绿色化的发展, 本文基于企业问卷调查数据, 采用 LISREL 模型分析了江苏沿江地区工业企业所受环境压力及其不同方面的贡献程度。结果指出该地区目前的企业环境压力仍然以政府的行政管理压力为主, 企业环境行为的改善仍然主要靠政府的强力推动, 市场的压力虽逐步增强, 但尚未成为主导, 特别是国内市场的压力不强, 公众的压力也仍然较弱, 与发达国家市场和公众是主要的环境压力相比, 仍有一定差距。今后应在继续保持政府环境压力的同时, 采取措施增强市场和公众的环境压力。

**关键词:** 江苏沿江地区; 工业企业; 环境压力; LISREL 模型

文章编号: 1000-0585(2007)04-0705-07

## 1 引言

企业所受的环境压力是指, 随着工业化的不断发展, 工业污染不断增加, 严重的环境问题促使人们的环境意识不断增强, 开始通过政府、市场、公众等方面对工业企业施加各种影响, 以促使其改变环境认知和环境行为, 推动工业绿色化的发展<sup>[1]</sup>。

企业环境压力主要源自政府的环境政策和法规、市场的环境准入性和交易对象的环境选择、公众的抱怨与投诉、媒体、行业协会和非政府组织的压力等<sup>[2]</sup>。根据西方发达国家的经验, 企业的环境压力随着经济发展阶段的变化其侧重点有所不同。20 世纪 90 年代前, 发达国家的企业主要在政府政策监控下, 按照环保法规日益严格的要求, 进行污染末端处理<sup>[3~5]</sup>, 此时, 评估国家减污政策及环保工程效用, 继而提出政策创新建议, 成为主要研究内容。其后, 随着国际间环保与贸易关系的日益复杂化, 以及公众环境意识的提高和监督作用的增强, 企业更看重其环境行为带来的效益, 以及良好的环境形象对其竞争力的促进, 开始了自觉的减废行为<sup>[6~8]</sup>。对德国 592 个不同规模和行业的企业的研究发现, 环境问题正逐渐成为市场问题, 环境要求被逐渐整合到需求政策之中<sup>[9,10]</sup>; 相关的研究开始转向信息公开以及公众对环境问题披露的反映及其对企业的激励与监控作用<sup>[11]</sup>。

我国的工业化发展迅速, 工业化带来的环境问题日益凸显。为此, 我国政府制定并实

收稿日期: 2006-09-22; 修订日期: 2007-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40371031) 与中国科学院知识创新项目 (KZCX3-CW-427) 联合资助

作者简介: 王宜虎 (1973-), 男, 山东省滕州人, 博士研究生。主要从事区域经济学、环境经济学研究。

E-mail: wyhtz@163.com

\* 通讯作者: 陈雯, 研究员。E-mail: wchen@niglas.ac.cn

施了一系列的环境政策和规章制度来约束企业的环境行为,促进企业的绿色化进程。对环境压力的研究也逐渐成为热点。相关研究认为我国影响企业环境行为的关键因素有规章制度、工厂和企业的性质以及周围社区施加的压力<sup>[12]</sup>。对江苏省镇江市工业企业的调查分析表明,在检查、污染收费、居民抱怨等影响企业环境表现的决定因素中,检查对企业的环境表现有明显的影响<sup>[13]</sup>。近几年来,随着人们环境意识的不断提高,来自市场和公众的环境压力开始不断增强。掌握和了解企业所受环境压力的构成、程度及其变化,有助于调整和创新环境制度,进而推动工业绿色化的发展。

但是,由于环境压力是一种不能准确、直接测量的潜变量(latent variable),往往含有误差,也不能用单一指标(题目)测量,只能用一些外显指标(observable indicators)间接测量这些潜变量。许多统计分析方法由于需要假设自变量没有误差,因而不能妥善处理这类潜变量。因此,相关研究大多是根据相关环境法规的多少、市场的环境准入情况等定性描述,很难进行定量的分析。本文在对企业进行问卷调查的基础上,利用线性结构方程模型对企业环境压力进行定量的分析。

线性结构方程模型(LISREL)是结构方程模型(SEM)的一种方法,20世纪70年代由瑞典统计学家、心理测量学家Karl G. Joreskog及其合作者提出。它能够同时处理潜变量及其指标,也容许自变量和因变量均含有测量误差,还能同时处理多个因变量、估计因子结构与因子关系、估计整个模型的拟合程度,目前已经成为多变量分析的重要方法,国内的心理学、教育学、流行病学以及一些社会科学中较多进行调查类研究的领域已开始广泛地应用结构方程。由于LISREL模型适用于已有文献作为理论基础,并且潜变量间存在有较强关系的研究领域,对企业环境压力的研究正符合这一特点。

## 2 研究方法

### 2.1 研究对象

江苏省沿江地区指长江沿岸的南京、镇江、常州、扬州、泰州、南通6个市区和句容、扬中、丹阳、江阴、张家港、常熟、太仓、仪征、江都、泰兴、靖江、如皋、通州、海门、启东15个县(市)。2004年,本地区以江苏省24%的土地,创造了全省53%左右的生产总值,是江苏省经济社会较为发达的地区和重化工业的核心区域。重化工业的快速发展使得该地区生态环境面临较大的压力,成为经济与环境矛盾的瞩目焦点<sup>[14]</sup>。近几年来,由于环境治理投入较大,环境状况有改善的趋势,企业环境压力的构成也在发生变化,是一个较好的研究样本区。

### 2.2 量表内容设计

本研究对江苏沿江地区的350家企业发放问卷,收回有效问卷244份,然后用列删法处理问卷中缺失的数据,最终得到151份完整数据。其中,国有企业占6.6%,集体所有制企业占19.8%,私营企业占23.2%,外资企业占28.5%,港澳台资企业占21.9%;特大型企业占2%,大型企业占14.6%,中型企业占45%,小型企业占38.4%;纺织业占25.5%,化学工业占20.4%,冶金及金属制品业占14.3%,机械、电气、电子设备制造业占31.6%,其他行业(食品及烟草饮料业、造纸及纸制品业、塑料制品业等)占8.2%。

调查量表除了企业基本信息外,主要包括四个部分:(1)政策压力。政府采取的一系列环境政策和法规对企业环境行为引导和约束的影响,主要从企业对排污收费( $Y_1$ )、排污许可( $Y_2$ )、达标治理( $Y_3$ )、限期治理( $Y_4$ )的响应入手。(2)行政压力。政府采取

的各种环境管理行政手段对企业改善环境行为的影响，主要从对企业的定期检查（ $Y_5$ ）、不定期抽查（ $Y_6$ ）、关停并转（ $Y_7$ ）等响应调查。（3）市场压力。是指市场上绿色消费的需求以及国际市场绿色壁垒对企业环境行为的影响。主要以企业分别从国内市场（ $Y_8$ ）和国际市场（ $Y_9$ ）上感受到的环境改善要求和急迫程度来反映。（4）公众压力。主要是指公众对企业环境污染的抱怨、投诉或行为监督等企业排污行为产生的影响。分别从行业协会（ $Y_{10}$ ）、非政府组织（ $Y_{11}$ ）、社区居民（ $Y_{12}$ ）、媒体（ $Y_{13}$ ）等对企业环境行为的关注给企业造成的压力来反映。量表均采用五点计量，环境压力由非常小到非常大分别用 1~5 来表示。

### 2.3 信度分析

使用 Cronbach  $\alpha$  方法对回收问卷所得结果进行信度检验，结果表明，整个量表的克伦巴赫  $\alpha$  信度系数为 0.87，具有相当高的信度，各潜变量的  $\alpha$  信度系数见表 1。学者 De Vellis(1991)认为，信度系数 0.65~0.70 为最小可接受值，0.70~0.80 为相当好，0.80~0.90 为非常好<sup>[15]</sup>，因此本次问卷调查结果的信度是可以接受的，由于信度系数评价的是量表中各题项得分间的一致性，代表了问卷条目的内部一致性，因此本次调查结果的信度还表明，可以进行进一步的结构方程分析。

### 2.4 模型的建立

在对问卷调查结果进行基本分析的基础上，建立 13 个指标的相关系数矩阵（表 2），然后建立结构方程模型，分析企业所受环境压力的结构。

表 2 各指标间的相关矩阵

Tab. 2 Correlation matrix of the 13 observed variables

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_9$	$Y_{10}$	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$
$Y_1$	1.00												
$Y_2$	0.56	1.00											
$Y_3$	0.48	0.57	1.00										
$Y_4$	0.53	0.50	0.60	1.00									
$Y_5$	0.45	0.43	0.45	0.50	1.00								
$Y_6$	0.38	0.48	0.40	0.39	0.49	1.00							
$Y_7$	0.36	0.39	0.50	0.47	0.62	0.41	1.00						
$Y_8$	0.22	0.35	0.31	0.18	0.37	0.37	0.32	1.00					
$Y_9$	0.17	0.30	0.34	0.21	0.33	0.35	0.31	0.43	1.00				
$Y_{10}$	0.16	0.25	0.30	0.18	0.35	0.29	0.33	0.36	0.66	1.00			
$Y_{11}$	0.16	0.08	0.12	0.22	0.16	0.09	0.12	0.03	0.05	0.12	1.00		
$Y_{12}$	0.25	0.28	0.40	0.30	0.21	0.27	0.30	0.20	0.43	0.42	0.30	1.00	
$Y_{13}$	0.21	0.32	0.43	0.34	0.29	0.28	0.26	0.25	0.44	0.44	0.24	0.64	1.00

LISREL (Linear Structural Relationship) 的原理就是通过考察各个变量之间的方差、协方差结构或相关结构来确定变量之间的关系<sup>[16,17]</sup>。LISREL 分为测量方程 (measurement equation) 和结构方程 (structural equation) 两部分。测量方程描述潜变量与指标之间的关系，公式为： $X = \Lambda_x \xi + \delta$ ； $Y = \Lambda_y \eta + \epsilon$

式中： $X$  为外源指标组成的向量， $Y$  为内生指标组成的向量， $\xi$  为外源潜变量， $\eta$  为

表 1 潜变量的克伦巴赫  $\alpha$  信度系数

Tab. 1 Cronbach  $\alpha$  coefficient of the 4 latent variables

潜变量	Cronbach $\alpha$
政策压力	0.83
行政压力	0.76
市场压力	0.66
公众压力	0.70

内生潜变量,  $\Lambda_x$  为  $X$  对  $\xi$  的回归系数矩阵,  $\Lambda_y$  为  $Y$  对  $\eta$  的回归系数矩阵,  $\delta$  和  $\epsilon$  分别是  $X$  和  $Y$  的测量误差向量。

结构方程描述潜变量之间的关系, 公式为:  $\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$

式中:  $B$  为内生潜变量之间的效应矩阵,  $\Gamma$  为外源潜变量对内生潜变量效应的系数矩阵,  $\zeta$  为残差向量。

模型建立过程中, 通过极大似然法 (Maximum Likelihood) 等进行参数估计, 最后得到标准化的回归系数, 称为路径系数 (path coefficient), 被标示在路径图中连接变量与指标之间、变量与变量之间带有单向箭头的直线上, 用来衡量变量之间的影响程度或变量的效应大小。

本研究中的 LISREL 模型不含外源指标, 且  $B=0$ , 是一个二阶因子模型, 只有结构方程和一个测量方程, 其模型架构数学式为: 测量方程  $Y = \Lambda_y\eta + \epsilon$ ; 结构方程  $\eta = \Gamma\xi + \zeta$

式中:  $Y$  为 13 个指标组成的向量,  $\eta$  为 4 个一阶因子,  $\xi$  二阶因子,  $\Lambda_y$  为一阶因子负荷矩阵,  $\Gamma$  为二阶因子负荷矩阵,  $\epsilon$  为指标  $Y$  的误差项,  $\zeta$  为结构方程的残差项。

### 2.5 模型的拟合度报告

对该模型进行参数估计后, 得到的结果及模型拟合的良好性检验分别见图 1 和表 3。根据模型的拟合优度来看, 近似误差均方根 (RMSEA) 为 0.085, 非范拟合指数 (NNFI) 为 0.94, 比较拟合指数 (CFI) 为 0.95, 标准化残差均方根 (SRMR) 为 0.076。而一般认为当 RMSEA 低于 0.1, NNFI 和 CFI 大于 0.9, SRMR 小于 0.08 时, 模型就是好的<sup>[16]</sup>。自由度 (df) 和卡方 ( $X^2$ ) 的大小很难说明模型的好坏, 但对比较多个模型有用, 因此一并报告。整体来看, 该模型是可以接受的。

表 3 模型的拟合优度报告

Tab. 3 Goodness of fit statistics for hypothesized model

df	$X^2$	RMSEA	NNFI	CFI	RMR	SRMR
61	132.79	0.085	0.94	0.95	0.076	0.076

### 2.6 结果分析

由图 1 的 LISREL 模型可以看出, 在促使企业环境行为改善的各种环境压力中, 居前两位的分别是行政压力和政策压力, 其路径系数分别为 0.90 和 0.85, 表明政府的环境行政管理以及目前实行的各项环境政策和法规仍是促使企业改善环境行为的主要压力, 政府仍然是工业绿色化进程的主要推动力量。尽管如此, 来自市场的环境压力已

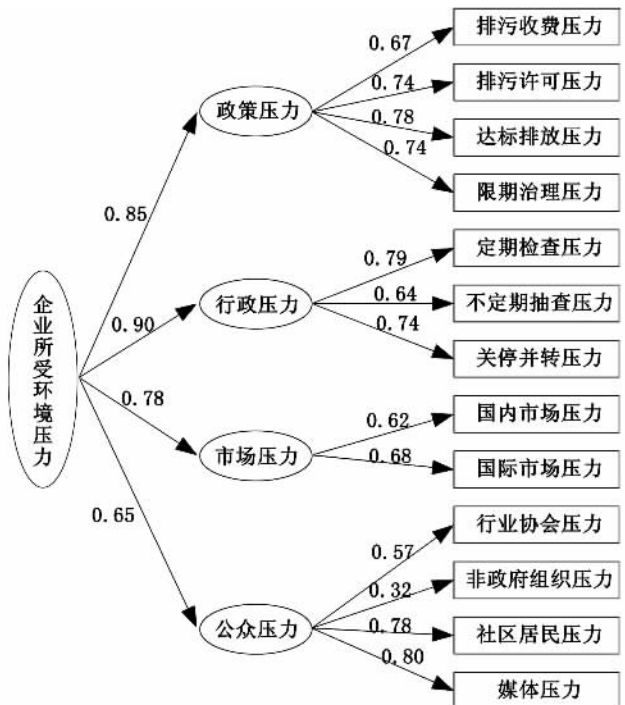


图 1 企业所受环境压力的 LISREL 模型

Fig. 1 Standardized path coefficients and factor-loading for hypothesized model

经逐渐为企业所重视，模型中市场压力的路径系数为 0.78，虽然对企业的影响仍不及政府的行政管理和环境政策，但是作为一种趋势，市场压力将逐渐成为企业环境压力结构中的主导环境压力，这一点已经逐渐为国内企业所认识。公众压力的路径系数最小，表明在企业认知的环境压力结构中，公众的环境压力还没有达到较高的水平，对企业的环境行为改善作用较小。

在环境压力的各具体指标中，政策压力和行政压力中各指标的路径系数均较高，尤其行政压力中定期检查的压力最大，这和 Susmita Dasgupta 2000 年得出的检查对企业的环境表现有明显影响的结论一致，也完全符合我们国家政府对企业行政管治能力较强的实际。市场压力下的两个指标的路径系数与其他指标相比也不高，表明企业目前实际受到的国内外市场环境压力还不是很大，尤其国内市场的环境压力较轻，也说明我们国民的绿色消费意识还较淡漠，市场还没有较好的环境准入措施。公众压力的各指标中，媒体和社区居民的压力大，表明媒体对企业环境行为的监督已经起了一定的作用，社区居民出于自身的利益，也对企业的环境行为施加了相当的压力。相比之下，行业协会与非政府组织给与企业的环境压力较弱，这当然和行业协会对企业的约束力不强以及其他的环境非政府组织 (ENGOS) 缺乏有关。

### 3 讨论与建议

#### 3.1 讨论

模型分析揭示了江苏沿江地区环境压力的构成以及各种压力的贡献度，有助于正确认识江苏沿江地区工业企业环境压力的现状及其与发达国家的差距，也为合理调控各种环境压力提供了基础。另外，对调查量表以及量表附带的企业基本信息的统计分析还发现，受各种环境压力大（环境压力指标的平均值大于 3）的企业，在环境行为信息公开化评级中的结果普遍较好，参评企业中 91% 为蓝色或绿色，没有一家为黑色和红色；而全部被调查的参评企业中达到这一结果的只有 75%，黑色和红色企业却占到 13%<sup>①</sup>（图 2）。结果表明，环境压力的大小影响着企业的环境行为，在促进企业环境行为改善方面具有积极的影响，环境压力大的企业环境行为表现往往较好。

要更深入地了解各种环境压力对企业的影响，还需要进一步对各种环境压力与企业的各种性质进行关联分析，深入探讨不同类型的环境压力与不同规模、不同行业、不同所有制形式的企业之间的相互关联程度，明确各种环境压力的作用点，并以此为根据，调整和

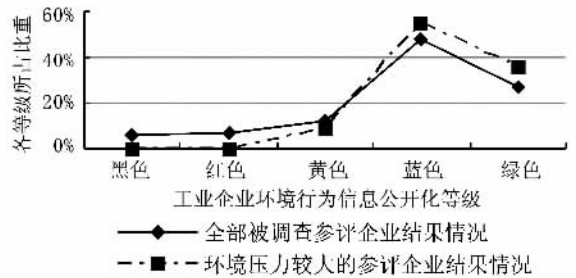


图 2 环境压力大的企业与全部被调查参评企业在环境信息公开化评级中的结果情况对比

Fig. 2 The comparison of environmental performance rating for industrial firms with heavy pressure and all firms investigated

<sup>①</sup>企业环境行为信息公开化评级将企业的环境行为分为五类，分别以绿、蓝、黄、红、黑五种颜色表示。绿色为环境行为的最高等级；蓝色是人们对环境质量的基本要求，达到公众认可的一个标志；黄色是警告色，虽做到达标排放，但环境管理力度仍显不够；红色是一种违章色，表示企业的环境行为没有达到基本要求；黑色表示企业污染严重，对环境造成较为严重的危害。

创新环境制度,推动工业绿色化的发展。这些都有待于今后进一步的深入研究。

### 3.2 建议

根据模型分析的结果,江苏沿江地区工业企业目前的环境压力结构与发达国家相比仍存在一定的差距,基本上处在以政府的行政压力 and 政策压力为主的阶段,市场压力和公众压力有待加强。因此,为了进一步促进工业企业环境行为的改善,加快工业绿色化的进程,必须采取相应措施,调整环境压力的结构。

首先,近期要继续加强政府的环境管制。由于环境压力可以促进企业环境行为的改善,压力越大,其环境行为表现得就越好。在目前市场和公众压力尚弱的情况下,政府的环境管制是促使企业环境行为改善的主要推动力量,今后政府应继续重视企业的环境建设,根据目前工业绿色化的进程和企业环境行为的实际继续完善政府的环境政策,加强对企业的环境行政管理,促使企业进一步改善环境行为。

其次,要加快培育市场和公众的力量。在发达国家,市场和公众已经取代政府成为促使企业改善环境行为的主导力量,而且在促使企业自觉改善环境行为方面比政府压力更为有效。因此,应积极借鉴发达国家的经验,加快培育市场和公众的力量。通过积极倡导绿色消费,实行各种环境标志认证与市场准入措施,进一步强化市场的环境压力;增强群众环境意识和对企业环境行为的监督作用;公众作为弱势群体,对企业的不良环境行为,除了抱怨、投诉以外,很难有更大的作为,因此应适当发展一些环保组织,积极引导并鼓励他们对企业环境行为进行有效监督,增强公众对企业的环境压力。

### 参考文献:

- [1] 陈雯, Dietrich Soye, 左文芳. 工业绿色化: 工业环境地理学研究动向. 地理研究, 2003, 22(5): 601~608.
- [2] 周群艳, 周德群. 企业环境管理行为的动机分析. 重庆环境科学, 2000, 22(1): 9~11.
- [3] 谢红彬, 陈雯. 发达国家工业绿色化过程及其启示. 环境科学动态, 2002, (3): 23~25.
- [4] Hart S L. Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World. Harvard Business Review, 1997, (1): 67~76.
- [5] Gladwin Thomas N. Green Cognition. Behavior and Emotion: A Content Analysis. Stern School of Business. Working Paper, New York, 1991. 1~21.
- [6] Soye Dietrich. Environmental knowledge, the power of farming and industrial change. In: Hayer R, R Le Heron (eds.). Knowledge, Industry and Environment Institution and Innovation in Territorial Perspective. London: Ashgate, 2002. 187~208.
- [7] Kurt Fischer, Johan Schot. Environmental Strategies for Industry. Washington D. C. : Island Press, 1994. 4~13.
- [8] Soye Dietrich. Industrial resource use and transnational conflict; Geographical implications of the James Bay Hydropower Schemes. In: Environmental Change: Industry, Power and Policy. England: Avebury Press, 1995. 107~127.
- [9] Steger Ulrich. The Greening of the Board Room: How German Companies Are Dealing with Environmental Issues. In: Kurt Fischer, Johan, Schot. Environmental Strategies for Industry, International Perspectives on Research Needs and Policy Implications. Washington D. C. : Island Press, 1993. 147~166.
- [10] Hahn Robert W. The Impact of Economics on Environmental Policy. Journal of Environmental Economics and Management, 2000, 39(3): 375~399.
- [11] Shameek Konar, Mark A Cohen. Information as regulation: The effect of community right to know laws on toxic emissions. Journal of Environmental Economics and Management, 1997, 32(1): 109~124.
- [12] Susmita Dasgupta, David Wheeler. Citizen Complaints as Environmental Indicators: Evidence from China. Development Research Group The World Bank, 1996.
- [13] Susmita Dasgupta, Benoit Laplante, Nlandu Mamingi, et al. Industrial Environmental Performance in China: The

Impact of Inspections. Development Research Group The World Bank, 2000.

- [14] 何剑峰, 庄大方. 长江三角洲地区城镇时空动态格局及其环境效应. 地理研究, 2006, 25(3): 388~396.
- [15] 彭迎春, 常文虎, 沈艳红. 如何测量问卷的信度. 中华医药管理杂志, 2004, 20(6): 383~384.
- [16] 侯杰泰, 温忠麟, 成子娟, 等. 结构方程模型及其应用. 北京: 教育科学出版社, 2004.
- [17] 曾武, 黄子杰. 线性结构方程模型的原理及其实际应用. 福建医科大学学报(社会科学版), 2001, 2(1): 76~79.

## Analysis of the environmental pressures on industrial firms with LISREL model in the zone along the Yangtze River of Jiangsu Province

WANG Yi-hu<sup>1,2</sup>, CHEN Wen<sup>1</sup>, CHEN Jiang-long<sup>1</sup>, DUAN Xue-jun<sup>1</sup>

(1. Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing 210008, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The environmental pressures on industrial firms, involving government, public and market etc., come from exterior of the firms and force the firms to improve their environmental behaviours. The industry in Jiangsu Province along the Yangtze River has been developing rapidly in recent years, and thus inducing many environmental problems. The increasing environmental problems in consequence enhanced the environmental pressures on the industrial firms from exterior. In order to get insight into the structure, degree and changes of environmental pressures on the firms so as to adjust and innovate the environmental policies for enhancing industrial greening, this article studies the impacts of all kinds of environmental pressures on industrial firms and their contributions based on dataset of questionnaire from concerning firms with LISREL model. This study revealed that in the study region the pressure from government administration is still the main pressure to the industrial firms, and the improvement of the environmental behaviors of industrial firms is also made by the force of government. Although it is becoming more and more important, the pressures from market, especially the pressures from domestic market have not been the main ones to the industrial firms, and the pressures from the public are also very weak. But in the developed countries, the pressures from market and public are the main environmental ones to the industrial firms. Therefore, there is a long way for China to go to adjust the structure of environmental pressures. In the future, necessary measures should be taken to improve the environmental pressures from market and the public while with the pressure from government administration being sustained.

**Key words:** the zone along Yangtze River of Jiangsu Province; industrial firms; environmental pressure; LISREL model