

文章编号:1674-6139(2010)11-0005-05

工业增加值与废水排放量之间的关系研究

张晓颖^{1,2}, 刘小峰^{1,2}

(南京大学 工程管理学院, 江苏 南京 210093; 南京大学 社会科学计算实验中心, 江苏 南京 210093)

摘要:使用投入产出模型研究了中国工业各部门的生产增加值与其废水排放量之间的关系,提出了完全废水排放系数的计算方法,计算出工业各部门的直接废水排放系数和完全废水排放系数,并对两种废水排放系数的变化原因进行分析,根据废水处理效果的不同给出政府对相应的工业部门应该采取的治理措施,并认为废水排放治理要综合考虑产业结构、管理水平和生产规模等方面的因素,仅仅考虑提高废水处理技术是不够全面的。

关键词:工业结构;投入产出模型;废水排放系数

中图分类号:X32

文献标识码:A

The Research of the Relationship Between the Added Value of the Industry and the Amount of Wastewater Emissions

Zhang Xiaoying^{1,2}, Liu Xiaofeng^{1,2}

(1. School of Management and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. Computational Experiment Center for Social Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract:The relationship was examined between the added value of all industrial sectors and the corresponding amount of wastewater emissions of each in China with the input-output model. Then this paper advanced the methods for calculating the coefficient of complete wastewater discharge, via which the coefficients of both the direct wastewater discharge and the complete wastewater discharge were calculated. Further, the causes which incur the change of both the coefficients were discussed, and then the policies of emission control tailored for different industrial sectors were proposed. Finally we argued that policies for regulating wastewater treatment enforced by considering only the enhancement of treatment technology but the industrial structure, management efficiency, production scale and other factors were lopsidedly arbitrary.

Key words: industrial structure; input-output model; wastewater discharge coefficient

前言

近十年中国工业经济保持了年平均20%的左右的高速增长,2000年工业总产值为40 033.6亿元,2007年上升到107 367.2亿元,增长了168%;同期,2000年工业废水排放总量为1 917 668万吨,2007年工业废水排放总量为2 207 566万吨,仅增长了15.12%,说明中国工业点源污水治理取得了重大成效。然而,由于中国工业污水排放量基数大,尽管工业水污染的恶化趋势得到一定的控制,但整体仍令

人担忧,行业性污染事件常有发生,造纸、纺织、化工等行业污染量仍然很大,结构性污染问题依然严重,工业水污染控制形势不容乐观。

工业的水污染问题不仅与自身行业生产技术、管理水平及治污水平有关,受行业供应链等因素影响,还与其他行业的污染水平有密切的关联。中国正处于经济结构战略转型的重要时期,环境因素是其中的一个重要方面。关于经济与环境污染之间的关系,国内外很多学者进行了大量的研究。其中最著名的当属美国经济学家 Grossman 和 Kureger 提出的环境 Kuznets 曲线假设^[1]。而后很多学者分别采用计量经济学的时间序列分析的方法就 EKC 假设展开研究^[2-6]。因计量经济学的方法对数据要求过于严格,模拟的结果可能具有一定的误差,一些学者也试图使用投入产出模型的方法来研究经济与环境污染的关系。沈利生、唐志利用投入产出模型实证

收稿日期:2010-05-16

基金项目:国家自然科学基金重点项目(70731002);教育部高等学校博士点科研基金(20090091110001)

作者简介:张晓颖(1986-),男,山东莱芜人,南京大学工程管理学院研究生,研究方向:区域经济演化与分析、项目管理。

分析了对外贸易对中国 SO₂ 排放的影响,得出出口污染排放强度低于进口污染排放强度,认为对外贸易有利于中国污染减排^[7]。宁森应用投入产出模型构建了工业生态系统物质流分析的基本框架,在此基础上提出工业生态系统“关键种企业”的识别方法,以及工业生态系统企业能量消耗特征、累计污染排放特征的量化分析方法^[8]。王德发等联合国颁布的 SEEA 中关于环境投入产出核算的基本原理,结合中国的实践,构造出一个适合中国实际情况的环境投入产出核算模型,然后利用 2002 年上海市投入产出表,对上海市工业部门的绿色 GDP 进行测算,找出上海市环境经济发展过程中各经济部门对环境所造成的损害^[9]。

本文使用 2002 年和 2007 年的投入产出表计算出工业各部门的直接废水排放系数和完全废水排放系数,并对两种废水排放系数的变化进行分析,研究结论为中国产业结构调整,工业环境污染控制提供决策参考。

1 工业各部门废水排放系数的计算说明和计算方法

1.1 废水排放系数的计算说明

废水排放强度是指每万元工业增加值的废水排放量,是衡量随工业增长而带来的环境变化的指标。中国多用废水排放强度作为衡量地区在环境方面政绩的指标之一。本文所用的工业各部门废水排放强度的指标是直接排放系数和完全排放系数。直接排放废水系数即传统的废水排放强度,是指该部门在生产产品的过程中每万元工业增加值直接排放的废水量。工业产品作为最终产品,其排放的废水应该是直接排放和间接排放之和,即完全排放。这里引出计算工业产品废水完全排放系数采用的工具:投入产出表。

投入产出表,也称部门联系平衡表或产业关联表,它以矩阵形式描述国民经济各部门在一定时期(通常为一年)生产活动的投入来源和产出使用去向,揭示国民经济各部门之间相互依存、相互制约的数量关系,是国民经济核算体系的重要组成部分。

直接消耗系数,也称投入系数,它是指在生产经营过程中第 j 产品(或产业)部门的单位总产出直接消耗的第 i 产品部门货物或服务的价值量。将各产品(或产业)部门的直接消耗系数用表的形式表现就是直接消耗系数表或直接消耗系数矩阵,通常用字母 A 表示。直接消耗系数的计算方法为:用第 j 产品(或产业)部门的总投入 x 去除该产品(或产业)部门生产经营中直接消耗的第 i 产品部门的货物或

服务的价值量 x_{ij} 。

列昂惕夫逆矩阵是指矩阵 $(I - A)^{-1}$,其元素 $b_{ij}(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 称为列昂惕夫逆系数,它表明第 j 部门增加一个单位最终使用时,对第 i 产品部门的完全需要量。

国家统计局公布了《2002 年中国投入产出表》和《2007 年中国投入产出表》^[10](投入产出表并非每年都有,国家统计局每隔 5 年编纂一次),本文采用 42 个部门投入产出表中的工业各部门,为了与统计年鉴中的废水排放工业各部门一致,本文将废水排放统计中的工业部门合并与投入产出表相对应,采取了以下的调整方法:金属矿采选业包括黑色金属矿和有色金属矿采选业;食品制造及烟草加工业包括食品加工业、食品制造业、饮料制造业和烟草加工业;纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业包括纺织服装、鞋、帽制造业和皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业;木材加工及家具制造业包括木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业和家具制造业;造纸印刷及文教体育用品制造业包括造纸及纸制品业、印刷业和记录媒介的复制和文教体育用品制造业;化学工业包括化学原料及化学制品制造业,化学纤维制造业,橡胶制品业,塑料制品业,医药制造业;金属冶炼及压延加工业包括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;其他部门名称相同或类似。07 年的投入产出表比 02 年多了工艺品及其他制造业、废品废料两个部门,为了使其相一致,本文不再对这两个部门进行分析。

具体到工业各部门的增加值,统计数据中只包括“国有及规模以上非国有企业”,这里采用“按比例分配”的办法,根据“国有及规模以上非国有企业”各工业部门的增加值占其和的比例,对换算成 2002 年价的全部工业增加值进行了拆分,再分别除以相应工业部门的增加值率,即可得到按 2002 年价计算的工业各部门投入。换算指数采用工业品出厂价格指数,以 1985 年为基年(价格指数为 100),通过统计年鉴可以查到,2002 年为 292.6,2007 年为 353.8^[11]。

1.2 废水排放系数的计算方法

根据投入产出公式: $X = (I - A)^{-1}Y$, 式中, X 是各部门总产出, A 是直接消耗系数矩阵, $(I - A)^{-1} = b_{ij}$ 是列昂惕夫逆矩阵, Y 是最终产品。考虑第 K 部门提供 1 单位最终产品时需要其他部门的总产出:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1k} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nk} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{1k} \\ \vdots \\ b_{nk} \\ \vdots \\ b_{nk} \end{bmatrix} \quad (1)$$

第 K 部门提供 1 单位最终产品,需要所有部门都提供总产出(体现了完全消耗),就是列昂惕夫逆矩阵的第 K 列 $(b_{1k} \cdots b_{jk} \cdots b_{nk})^T$,其中第 j 部门提供的总产出就是该列中的第 j 个元素 $b_{jk}^{[7]}$ 。

令废水排放总量为 S ,第 j 个部门的废水排放总量为 $S_j, S = \sum S_j$ 。令 j 部门单位总产出的废水排放量即 j 部门的直接废水排放系数为 r_j ,

$$r_j = S_j/X_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

由式(2)可以得出,直接排放系数是由部门的废水排放量和该部门的增加值共同决定的。

K 部门 1 单位最终产品需要 j 部门提供总产出而产生的废水排放量就是:

$$f_{jk} = r_j \cdot b_{jk} \quad (j, k = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

K 部门 1 单位最终产品需要所有部门提供总产出而产生的废水排放量(即废水完全排放系数) f_k 就是:

$$f_k = \sum_{j=1}^n f_{jk} = \sum_{j=1}^n r_j \cdot b_{jk} \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

由式(4)可以看出,完全废水排放系数是由直接排放系数以及列昂惕夫逆系数共同决定的。

2 工业各部门的废水排放系数影响因素分析

(1) 污水处理技术因素对废水排放系数的影响分析。

根据直接排放系数的定义和计算方法可知,直接排放系数与该部门的原材料的间接产生的废水排放无关,只与该部门在生产产品的过程中排放的废水量有关,因其处理技术的提高,则生产单位增加值所带来的废水排放量的减少,即从公式 $r_j = S_j/X_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 体现了污水处理技术对废水排放的影响。污水处理技术因素对废水排放的影响直接反映在直接排放系数上,而且间接反映在完全排放系数上。

(2) 产业结构、生产技术等其他因素对废水排放系数的影响分析。

与上面提到的污水处理技术相区别,这里特别提到本部门以及与其相关的其他部门的生产技术对废水排放系数的影响。钱纳里^[12]等人认为,“在不同的经济发展阶段,生产力水平、技术水平不同会影响到生产要素的组合方式。当经济发展处于较低水平时,由于技术水平低,在生产经营活动中,投入的劳动和初级资源相对较多,而资本和技术的使用较少;随着经济的发展,资本的积累,生产力水平和技术水平的大幅度提高,要求使用大量的资金和技术,劳动力使用比例会有一定程度的下降。”事实上,直

接消耗系数矩阵 A 通常是由一国的生产技术和产业形态决定的,部门间消耗系数的变化往往是部门间技术水平、管理水平、生产规模水平和产业结构相对变化的综合体现,它们都反映生产技术特征决定的投入结构^[15]。由此可见,生产技术同样使得投入产出表中的系数矩阵发生变化,从而导致了完全排放系数的变化。

上面已经提到,部门间的产业结构相对变化、管理水平和生产规模水平同样会导致直接消耗系数矩阵发生变化,从而使得排放系数发生变化。一般来说,影响直接消耗系数的除了技术因素,应该还包括以下一些内容^[13-14]:规模生产和价格水平的变化和管理与创新水平的提高。规模生产会使部门产出成本急剧下降,从而改变部门投入要素间的相对价格,由此诱发部门生产投入要素组合发生改变。实质上,生产要素组合方式变化,从数量上来说,就是部门间的直接消耗系数的变化。同样,一般来说,中间投入水平的变化通常发生在新技术层出不穷的部门,新技术的运用改变了原有的中间投入的产品组合,从而改变直接消耗系数;而在技术比较成熟的部门,则相对中间使用变化比较缓慢。以服装皮革羽绒及其制品业为例,虽然服装皮革与羽绒及其制品业的直接排放系数很小,由于其原料布匹的生产行业纺织业的直接废水排放系数很大,故服装皮革羽绒及其制品业的完全排放系数比其直接排放系数要大的多。

3 计算结果和分析

根据 2002 年和 2007 年的投入产出表和各部门废水排放数据,利用上面所列公式,可计算得出各部门产品的废水直接排放系数和完全排放系数,如表 1 所示。

由表 1 可以看出,各部门产品的废水直接排放系数和完全排放系数相差很大。具体分析如下:

(1) 先从废水直接排放系数上来看,因为污水处理技术进步的因素,大多数部门的直接排放系数都有明显下降,其中金属矿采选业,非金属矿采选业,金属冶炼及压延加工业等降幅很大,分别由 308.45, 115.18, 164.57 下降为 37.96, 67.99, 49.50, 降幅为 87.69%, 40.97%, 69.92%。从国务院发改委颁布的文件,“九五”以来,为了遏制全国水污染加剧的态势,国家实行了突出重点流域的环境治理政策,国务院先后批准实施了“三河三湖”、三峡库区、渤海地区、南水北调沿线等重点流域的水污染防治规划。其中,印染、化工、造纸、钢铁、电镀和食品制造等重点污染部门首当其冲。由上面数据

可知,从2002年到2007年间金属矿采选业,非金属矿采选业,金属冶炼及压延加工业这几个部门水污染防治措施已有效果。然而食品制造及烟草加工业,纺织业,服装皮革羽绒及其制造业,水的生产和供应业等部门直接排放系数略有明显提高,分别由75.80,149.94,24.04,95.69提高为80.56,162.12,35.96,154.03,升幅为6.28%,8.12%,49.58%,60.97%。这说明政府仍需要加强对这几个部门的废水排放力度的监管,采取相应政策促使其提高技术。造纸印刷及文教用品制造业部门直接排放系数仍然很大,虽然由541.82略降为505.91,在废水直接排放系数上仍居工业各部门之首。在造纸部门比较集中的省份和地区,仍需要进一步提高污水处理技术。

(2)将直接排放系数和完全排放系数综合起来看,石油和天然气开采业和造纸印刷及文教用品制造业出现了直接排放系数下降完全排放系数却上升的情况。由上表数据可知,石油和天然气开采业、造纸印刷及文教用品制造业07年废水直接排放系数分别为02年的64.62%、93.37%,而07年废水完全排放系数为02年的109.84%、100.37%。这两个部

门的竞争相对宽松,而且石油和天然气开采业一般是国有企业,在环境保护方面严格遵循国家政策,提高污水处理技术。上面已经提到,部门间的产业结构相对变化、管理水平和生产规模水平也是导致废水排放系数变化的原因。由此可以推断,这两个部门在过去的五年里,与其他部门的投入产出联系加强,带动了其他部门的发展。金属制品业,通讯设备、计算机及其他电子设备制造业和仪器仪表及文化办公用机械制造业则出现了直接排放系数上升而完全排放系数下降的情况。由上表数据可以得知,金属制品业,通讯设备、计算机及其他电子设备制造业和仪器仪表及文化办公用机械制造业07年废水直接排放系数较之02年分别提高了31.12%、10.54%、57.07%,而这三个部门07年的完全排放系数分别为02年的70.35%、87.51%、84.54%。我们可以看出,这三个部门属于技术要求高、竞争相对激烈的部门。出于激烈的生存条件下,在过去的五年中技术提高较快,工艺进一步的完善,需要其他部门提供的原材料的种类和数量有所减少。然而,这些部门只是提高了生产技术,在污水处理技术上并没有太大起色。

表1 工业各部门的废水排放系数和完全排放系数对照表

万吨/亿元

编号	工业各部门	02年废水 直接排放 系数 Z_1	07年废水 直接排放 系数 Z_2	降幅 ($1 - Z_2/Z_1$)	02年废水 完全排放 系数 W_1	07年废水 完全排放 系数 W_2	降幅 ($1 - W_2/W_1$)
1	煤炭开采和洗选业	94.04	55.02	41.49%	156.42	110.47	29.38%
2	石油和天然气开采业	8.48	5.48	35.38%	50.42	55.38	-9.84%
3	金属矿采选业	308.45	37.96	87.69%	416.88	118	71.69%
4	非金属矿采选业	115.18	67.99	40.97%	199.17	146.64	26.37%
5	食品制造及烟草加工业	75.8	80.56	-6.28%	131.22	137.82	-5.03%
6	纺织业	149.94	162.12	-8.12%	311.68	348.51	-11.82%
7	服装皮革羽绒及其制品业	24.04	35.96	-49.58%	182.66	223.87	-22.56%
8	木材加工及家具制造业	20.71	14.08	32.01%	121.77	106.77	12.32%
9	造纸印刷及文教用品制造业	541.82	505.91	6.63%	797.12	800.04	-0.37%
10	石油加工、炼焦及核燃料加工业	97.26	83.54	14.11%	157.27	143.43	8.80%
11	化学工业	193.33	111.49	42.33%	380.11	269.33	29.14%
12	非金属矿物制品业	57.98	29.38	49.33%	182.21	138.38	24.05%
13	金属冶炼及压延加工业	164.57	49.5	69.92%	346.46	149.4	56.88%
14	金属制品业	29.88	39.18	-31.12%	217.75	153.19	29.65%
15	通用、专用设备制造业	24.26	9.36	61.42%	173.03	104.1	39.84%
16	交通运输设备制造业	20.02	11.18	44.16%	158.53	109.05	31.21%
17	电气、机械及器材制造业	12.58	5.06	59.78%	198.2	123.83	37.52%
18	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	11.96	13.22	-10.54%	136.33	119.3	12.49%
19	仪器仪表及文化办公用机械制造业	13.93	21.88	-57.07%	158.84	134.29	15.46%
20	电力、热力的生产和供应业	117.54	70.05	40.40%	180.41	163.23	9.52%
21	燃气生产和供应业	133.28	32.73	75.44%	229.08	89.3	61.02%
22	水的生产和供应业	95.69	154.03	-60.97%	174.78	223.15	-27.67%

4 结论

(1)由污水处理技术对废水排放的影响的分析可以得到,金属矿采选业,非金属矿采选业,金属冶炼及压延加工业等降幅很大,说明从2002年到2007年间这几个部门采取的措施比较有效;食品制造及烟草加工业,纺织业,服装皮革羽绒及其制造业,水的生产和供应业等部门直接排放系数略有明显提高,政府以后应该加强这几个部门的废水排放力度的监管,采取相应政策促使其提高技术,使得单位产出的废水排放量降低。造纸印刷及文教用品制造业这种水污染重点部门直接排放系数仍然很大,虽然略有降低,在造纸比较集中的地区,政府仍需要采取措施使该部门在技术上进一步的提高。

(2)石油和天然气开采业和造纸印刷及文教用品制造业等直接排放系数下降完全排放系数上升的部门,政府不仅要控制其直接排放污水量,提高污水处理技术,而且通过税收等政策鼓励其在生产运营上采用新技术,逐步减少使用直接排放系数较高的部门生产的原材料,从而促使整个经济的结构转型。而对于金属制品业,通讯设备、计算机及其他电子设备制造业和仪器仪表及文化办公用机械制造业等直接排放系数上升完全排放系数下降的部门,这些部门对技术要求高,技术更新速度也相对较快,政府应从其部门自身出发,促使其提高污水处理技术。

(3)部门间的产业结构相对变化、管理水平和生产规模水平也是影响废水排放系数的因素。因此,在考虑工业经济与废水排放量关系的时候,要综合考虑相关因素,单纯考虑技术因素、仅仅提高废水处理能力是不够全面的。

参考文献:

[1] Grossman, G. and Kuenger, A. Economic, Growth and the Environment[J]. Quarterly Journal of Economics 1995, 110(2), 353 - 377.

[2] Hannes Egli. , Are Cross - Country Studies of the Environmental Kuznets Curve Misleading? New Evidence from Time Series Data for Germany. Discussion Paper 10/2001 of Ernst - Moritz - Arndt University of Greifswald[J].

[3] Kathleen M. Day. And R. Quentin Crafton, Growth and the Environment in Canada: an Empirical Analysis, Discussion Paper of The Australian National University(2001)[J].

[4] Stern D. , Progress on the environmental Kuznets curve [J]. Environment and Development Economics, 1998, 3: 175 - 198.

[5] Panayotou T. , Economic Growth and the Environment [C]. Center for International Development, Harvard University, CID Working Paper No. 56, July 2000.

[6] Dinda S. , Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey [J]. Ecological Economics, 2004, 49: 431 - 455.

[7] 沈利生, 唐志. 对外贸易对我国污染排放的影响——以二氧化硫排放为例[J]. 管理世界, 2008(6): 21 - 29.

[8] 宁森. 投入产出模型在工业生态系统分析中的应用[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(4): 69 - 72.

[9] 王德发, 阮大成, 王海霞. 工业部门绿色 GDP 核算研究——2002年上海市能源-环境-经济投入产出分析[J]. 财经研究, 2005, 31(2): 66 - 75.

[10] 国家统计局国民经济核算司编: 2002年中国投入产出表, 2007年中国投入产出表[R]. 北京: 中国统计出版社.

[11] 国家统计局编: 中国统计年鉴: 2003, 中国统计年鉴: 2008[R]. 北京: 中国统计出版社.

[12] H. 钱纳里, S. 鲁滨逊. 工业化和经济增长的比较研究[M]. 上海: 上海人民出版社, 1995: 87 - 95.

[13] David Simpson, Jinkichi Tsuku. i The Fundamental Structure of Input - Output Table: An International Comparison [J]. Review of Economics and Statistics, 1965, XLVIII(4): 434 - 46.

[14] 李善同, 翟凡. 应正确认识中间投入率的变化趋势 [R]. 北京: 国务院发展研究中心调研报告, 1996年第106号: 4 - 6.

[15] 段志刚, 李善同, 王其文. 中国投入产出表中投入系数变化的分析[J]. 中国软科学. 2006(8): 58 - 64.