

曹东 王金南 等著

中国 工业污染经济学

中国环境科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国工业污染经济学 / 曹东, 王金南等编著. - 北京:
中国环境科学出版社, 1999. 7
ISBN 7-80135-738-8

I. 中… II. ①曹… ②王… III. 工业 - 环境污染 - 环境 - 控制 - 环境经济学 IV. X508

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 29165 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
化学工业出版社印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

1999 年 7 月第一版	开本 168×240mm
1999 年 7 月第一次印刷	印张 21
印数 1—1,500	字数 400 千字
定价: 32.00 元	

前言

工业污染是中国环境污染的主要来源，工业污染防治是中国环境管理和污染控制的工作重点。经过近十年的努力，中国的工业污染已经得到一定的控制，工业污染并没有与工业增长同步增长，工业污染防治的政策和法规体系也已基本形成。但是，在新的市场经济条件和环境政策目标下，中国的工业污染防治正面临着许多新的挑战，迫切需要改革和调整。然而，工业污染控制经济学信息的缺乏，极大地阻碍了经济有效的工业污染控制政策的制定和实施。

长期以来，世界银行对中国的环境问题给予了极大的关注，不时地给中国政府开出治理污染的政策“药方”。世界银行发展研究部在90年代后期开展了《发展中国家工业污染经济学》的国际研究项目。该研究主要有5个目的：(1)对各国现行的工业污染控制规制进行经济评价；(2)确定污染物的治理成本，为污染控制经济手段的建立提供信息；(3)分析企业间环境行为差异的原因，为制定更加经济有效的政策提供依据；(4)分析直接管制手段(如标准、收费和交易许可证等)实施的有效性；(5)分析“正式的”和“非正式的”手段对污染治理的作用。该研究主要由世界银行专家与各案例国家的研究小组共同完成。被世界银行选定的案例国家主要有中国、印度、印尼、菲律宾、巴西、墨西哥和南非7个国家。

针对中国的案例研究，即《中国工业污染经济学研究》包括五项任务，它们分别是：(1)中国现行工业污染控制评价；(2)中国企业污染行为的计量经济分析；(3)工业污染排放和削减费用的预测；(4)更加经济有效的中国工业污染控制政策；(5)天津市工业污染控制经济学案例研究。《中国工业污染控制经济学研究》项目由中国国家环境保护总局和世界银行主持，中国环境科学研究院环境管理研究所负责实施，中国环境监测总站和天津市治理工业污染基金办公室参加了本项目的研究工作。课题组成员经过3年的努力，于1998年11月圆满完成了本

项目的全部研究内容。本书是在该研究成果的基础上完成的,取其书名为《中国工业污染经济学》。本书共分7章,其中第1章为概述,第2章为中国现行工业污染控制评价,第3章为企业污染行为的计量经济分析,第4章为工业污染排放和削减费用预测,第5章为更加经济有效的工业污染控制政策,第6章为天津市工业污染控制经济学研究,第7章为结论和建议。其中第1章、第2章、第3章、第5章、第7章由曹东和王金南主笔;第4章由梁念、刘志虹和高秀兰主笔;第6章由李小宁、邵玉林和鲁德福等主笔。全书由曹东负责完成统稿和审定。

在本书的完成过程中,我们得到了原国家环境保护局张坤民副局长、尹改司长、刘亿副主任、过孝民副司长、陆新元司长以及刘启凤和邹首民处长的热情帮助和技术指导;得到了世界银行发展研究部 David Wheeler 先生、Susmita Dasgupta 博士和王华博士的悉心指导和热情帮助。国家环境保护总局张庆丰博士、王湘君女士、冯东方女士、田长安和肖学智先生为项目的协调和管理付出了艰辛的劳动,在此我们表示衷心的感谢。本书在最终形成过程中,吸收了1998年5月和1998年10月分别在天津市和美国首都华盛顿举行的《中国工业污染控制经济学研讨会》中提出的专家意见和建议,使本书得以完善和提高,在此对这些专家表示由衷的谢意。此外,我们感谢所有在本书形成过程中给予帮助和技术指导的朋友和专家。

编 者

1999.1.28

项目组织单位 中国国家环境保护总局
世界银行中国和蒙古局

项目实施单位 中国环境科学研究院环境管理研究所
世界银行发展研究部

项目参加单位 中国环境监测总站
天津市治理工业污染基金办公室

项目总顾问 张坤民

项目领导小组

组 长 尹 改

副组长 刘 亿 过孝民 段 宁

成 员 张庆丰 王湘君 罗 毅 田长安 冯东方

项目顾问组

陈 真 尹 改 陆新元 过孝民

段 宁 万本太 周 静

项目技术组

组 长 王金南

副组长 曹 东 吴忠勇 李小宁

成 员 杨金田 高树婷 钱小平 葛察忠 张建辉

梁 念 刘志虹 高秀兰 邵玉林 鲁德福

韩修娥 包景岭 张 潞 黄平沙 周秀娟

世界银行专家小组

David Wheeler

Susmita Dasgupta

Hua Wang

Chonghua Zhang

目 录

第1章 概 述	1
1.1 研究内容和方法	1
1.1.1 研究内容	1
1.1.2 研究方法	3
1.1.3 环境问题的计量经济分析	3
1.2 数据分析	9
1.2.1 中国环科院的数据库	9
1.2.2 中国环境监测总站数据库	11
第2章 现行工业污染控制评价	13
2.1 工业污染的现状	13
2.1.1 经济增长和工业化进程	13
2.1.2 工业污染的排放现状	18
2.1.3 工业污染的经济学特点	21
2.2 工业污染防治的主要效果	29
2.2.1 工业污染防治的基本历程	29
2.2.2 工业污染防治的主要效果	30
2.2.3 工业污染控制面临的挑战	34
2.3 工业污染防治的管理体制	37
2.3.1 管理体制的基本架构	37
2.3.2 污染防治中的国家权力机关	39
2.3.3 污染防治中的国家行政机关	42
2.3.4 污染防治中的国家司法机关	48
2.4 控制工业污染的规章制度	49
2.4.1 产业布局和调整	49
2.4.2 工业污染物排放控制标准	52
2.4.3 控制老污染源的规章制度	57
2.4.4 控制新污染源的规章制度	62
2.4.5 排污申报与许可证制度	67

2.5 控制工业污染的非管制手段	69
2.5.1 公众参与和舆论监督	69
2.5.2 清洁生产和全过程控制	75
2.5.3 环境标志和 ISO 14000	78
2.5.4 控制工业污染的经济手段	80
2.5.5 排污收费制度	85
2.6 本章小结	92
第 3 章 企业污染行为的计量经济分析	94
3.1 环境问题的计量经济分析	94
3.1.1 计量经济学模型的建立	94
3.1.2 环境问题的计量经济分析	95
3.2 污染治理费用函数和治理费用	96
3.2.1 费用函数的确定	96
3.2.2 工业污染物削减费用	102
3.3 污染刺激函数和削减水平	131
3.3.1 污染刺激函数	131
3.3.2 污染处罚与排放强度	134
3.4 环境需求函数和污染物排放强度	138
3.4.1 环境需求函数	138
3.4.2 有效收费强度与排放强度	146
3.4.3 污染处罚和有效收费强度的比较	156
3.5 工业企业环境行为分析	160
3.5.1 影响工业企业环境行为的企业内部因素	160
3.5.2 影响工业企业环境行为的政策因素	164
3.6 本章小结	165
第 4 章 工业污染排放和削减费用预测	167
4.1 工业污染预测系统的建立	167
4.1.1 建立 CNIPPS 信息源	167
4.1.2 CNIPPS 的功能	168
4.1.3 预测内容和预测模型	169
4.2 预测方案和参数确定	171
4.2.1 预测情景方案	171
4.2.2 需求函数参数的确定	174
4.2.3 处理费用函数参数确定	180

4.3	工业污染物排放量预测	181
4.3.1	全国工业污染物排放量预测	181
4.3.2	三种方案的预测结果比较	186
4.3.3	主要行业的污染物排放预测	191
4.3.4	地区工业污染物排放量预测	195
4.4	不同 EPLI 下的污染物排放量预测	198
4.4.1	现行 EPLI 下的污染物排放量预测	199
4.4.2	中长期工业污染控制的 EPLI	200
4.5	削减费用和治理投资预测	201
4.5.1	工业废水污染物削减费用预测	202
4.5.2	工业废气污染物削减费用的预测	204
4.5.3	污染物治理投资费用预测	208
4.6	本章小结	210
第 5 章	更经济有效的工业污染控制政策	213
5.1	经济持续增长的环境涵义	213
5.1.1	GNP 的持续增长	213
5.1.2	经济增长的环境污染图景	215
5.1.3	经济增长的污染损失代价	217
5.1.4	产业结构的环境影响	218
5.2	利用调整计划削减污染	220
5.2.1	工业增长速度的影响	220
5.2.2	通过调整工业结构减轻污染	222
5.2.3	提高工业规模的环境效应	223
5.2.4	企业所有制变革的环境影响	225
5.3	提高排污收费的刺激效率	226
5.3.1	现行的排污收费刺激力度	227
5.3.2	实现总量控制目标的 EPLI	228
5.3.3	不同行业的有效收费强度	230
5.4	促进管制手段更加经济有效	232
5.4.1	主要污染控制手段的评价	232
5.4.2	提高直接管制手段的效率	235
5.4.3	经济有效的非正式管制	238
5.5	经济有效的污染投资计划	240
5.5.1	中长期的工业污染投资需求	240
5.5.2	投资有效的排放标准	241

5.5.3	优先投资的污染行业	245
5.5.4	不同投资强度的污染控制效果	251
5.6	本章小结	253
第 6 章	天津市工业污染控制经济学	256
6.1	天津市工业污染控制现状评价	256
6.1.1	社会经济概况	256
6.1.2	天津市工业污染现状	258
6.1.3	天津市工业污染防治的管理体制	261
6.1.4	控制工业污染的规章制度和非强制手段	263
6.2	天津市水污染治理费用函数	267
6.2.1	数据分析及参数选择	267
6.2.2	水污染治理费用函数	271
6.2.3	天津市水污染物削减费用	273
6.3	天津市污染行为函数	282
6.3.1	厂级污染行为函数	283
6.3.2	有效收费强度和污染物排放量	286
6.3.3	区域污染行为函数	289
6.3.4	区域污染行为模型的经济计量学结果	291
6.4	天津市工业部门污染排放预测系统	293
6.4.1	预测模型的建立	295
6.4.2	污染物排放预测	297
6.4.3	污染物削减费用预测	300
6.5	天津市污染监测、控制管理和投资优先部门确定	303
6.5.1	天津市工业污染控制手段	303
6.5.2	天津市污染治理投资优先部门确定	304
6.6	天津市更加经济有效的工业污染控制政策	308
6.6.1	天津市环境可持续发展的工业发展目标	308
6.6.2	提高经济手段的刺激效率	312
6.6.3	社会经济发展对工业污染控制的影响	313
6.6.4	预防污染是最具生命力的工业污染控制措施	313
6.6.5	更加有效的工业污染控制政策框架	314
第 7 章	结论和建议	316
7.1	主要研究结论	317
7.2	建议	323

第1章 概 述

经济发展和环境问题是中国的两大热点问题，两者之间存在着一定的必然联系。中国工业污染经济学研究就是针对环境问题和经济发展所作的综合研究，其目的是探究中国工业污染和经济发展之间的内在联系，从宏观和微观两个角度对中国工业污染的经济特点进行分析，提出环境和经济可持续协调发展的政策建议和对策。

本章将从研究目的和方法、研究数据来源分析以及本书的结构等几个方面对本书作一全面的介绍，其中重点介绍本书中分析研究采用的有关计量经济模型和数据样本的特性。

1.1 研究内容和方法

1.1.1 研究内容

中国工业污染经济学研究的最终目的是提出与中国现有经济条件相一致的、经济有效的工业污染控制政策框架。其具体内容包括以下几个方面。

分析现行工业污染控制政策

对中国现行的环境管理政策和制度的执行情况，包括覆盖面、执行成本、有效程度和发展潜力等进行评价和分析，提出对现行环境政策和管理制度的综合评价结果和改革建议。

开发工业污染治理费用模型

以世界银行发展研究部(DRG)开发的污染治理费用函数为基础,利用中国的数据拟合出中国工业企业污染(末端)治理费用函数,并利用此费用函数,提出中国工业企业的污染物治理费用和边际处理费用,初步分析污染物排放标准和排污收费标准对工业企业污染治理费用的影响。

分析中国企业环保行为的差异

参照世界银行开发的环境需求函数和环境供给函数模型,根据中国数据的条件(数据项、数据质量、数据量),建立中国的环境需求函数和环境供给函数,利用所建立的函数,分析排污收费等政策因素对工业企业污染物排放强度和排放量的影响,分析人口密度、平均教育水平和人均收入等社区因素对地区污染强度和污染物排放量的影响,通过分析,揭示出中国工业企业在环境行为上的差异及其原因。

此外,根据中国排污收费中“四小块”收费的性质和内容,在数据允许的前提下,建立中国工业污染刺激函数。分析污染处罚对企业污染物排放强度和排放量的影响,并分析污染处罚和排污收费对不同企业环境行为影响的差异。

中国工业污染排放和削减费用预测

利用所得到的污染物削减费用函数和环境需求与供给函数,建立中国的工业污染预测系统。根据不同的中国经济发展图景的描绘,对中国未来工业污染排放和削减费用进行预测。

针对中国特定地区的案例研究

根据世界银行和中国政府的要求,在中国的某一地区进行案例研究,以证明以上研究方法和模型的准确性和可靠性。该地区应当具有较好的基础数据和较强的环境科研能力。为此,选择天津市作为案例。天津市的案例研究主要是针对天津市的具体情况,分析工业污染控制政策在天津市的执行情况,建立天津市的企业污染计量经济学模型,通过预测和分析为天津市的工业污染控制决策提供信息,提出适合天津市的工业污染控制政策建议。

提出更加经济有效的污染控制政策

在以上研究的基础上,提出更加经济有效的工业污染控制政策,包括直接管制政策和经济刺激手段的改进。这些政策的提出是面向企业和市场的,其目的就是提高工业污染控制的经济有效性。同时,在现行政策分析、污染排放量和削

减费用的预测以及计量经济分析中所得到的结论，将为中国政府有关部门进行相关决策提供非常有用的信息。

1.1.2 研究方法

中国工业污染的经济学研究，其核心内容包括两个方面：首先，在宏观上，分析中国工业污染与环境管理规制和宏观经济发展的关系，其次，通过计量经济学模型的建立来分析中国工业企业的环境行为。因此，在研究方法上主要是围绕宏观经济分析和微观计量经济模型的建立和分析展开的。

无论是国家一级的研究还是天津市的案例研究，其具体内容均包括现状评价、计量经济模型建立、预测分析和政策建议等4个方面。应该说，这4个方面的内容是密切相关的。从各项研究内容的性质来看，现状评价和预测研究是宏观方面的研究，是针对国家政策和全国污染排放和削减所作的预测。而计量经济分析是建立在企业层次上的，是对企业环境污染行为的微观层次上的分析。研究项目的结论部分是政策建议，该部分内容是综合了前面的宏观和微观分析所提出的，其中既包括宏观的环境政策，又包括微观的针对企业的管制措施。因此，中国工业污染经济学研究是一个宏观分析和微观研究相结合的项目。

在研究的技术方法上，主要注重了宏观研究和微观研究的结合。在得到计量经济学研究结论的过程中，特别指出了研究结论的适用范围和适用条件。在从微观结论向宏观结论推测的过程中，也特别注意了推测的边界条件和微观分析结论的代表性和局限性。

1.1.3 环境问题的计量经济分析

环境问题的计量经济分析主要是利用计量经济学的建模手段，通过计量经济学模型，对有关的环境问题进行定量分析。

用于本书的计量经济学模型主要有四个，它们分别是：污染治理费用函数、污染刺激函数、环境需求函数和环境供给函数。下面分别对这些模型的建立过程和各个模型在本书中的作用进行说明。

污染物削减费用函数 工业企业进行污染削减的最直接方法就是利用污染处理设施对其所排放的污染物进行治理。因此，传统上，污染物的削减费用函数的确定主要以污染治理设施的费用、污染物削减量等数据为基础来建立，这种基于工程的削减费用函数曾得到了广泛的应用。但该费用函数由于缺乏企业的环境行为变量，在进行有关预测时存在着一定的不准确性，很难识别政策变量对污染削减费用的影响。

实际上,企业在进行污染削减时,可以采用很多方法来降低削减成本,包括改进生产工艺、实行清洁生产、采用新的治理技术和提高削减效率等,也就是说,企业的污染物削减是和生产的全过程紧密相关的,因此,更精确地反映企业污染物削减费用的函数应是全因子费用函数。对于企业 i 而言,其全因子费用函数可以表示为:

$$C_i = f(Q_i, W_i, I_{ik}, E_{ik}, M_j, X_i) \quad (1-1)$$

式中, C_i —— 企业 i 每年的污染削减费用;

Q_i —— 企业 i 的产值;

W_i —— 企业 i 每年的废水或废气排放量;

I_{ik} —— 企业 i 所产生的 k 种污染物的进口浓度;

E_{ik} —— 企业 i 所产生的 k 种污染物的出口浓度;

M_j —— 企业 i 所在的 j 地区的成本价格(包括煤价、电价、原材料和劳动力价格等);

X_i —— 企业 i 的特性(工厂 i 所属行业、所有制、规模和厂龄等)。

由于目前的数据没有提供有关生产原料、生产效率、劳动力使用、能源利用等方面的信息,建立全因子的污染治理费用函数存在一定的困难,因此只确定了直接削减费用函数。

对于某一污染处理设施而言,污染物的削减存在一定的相关性,即在处理一种污染物的同时,也相应地处理了其它污染物,例如 COD、BOD 和 TSS 在一套污水处理设施中往往被同时削减。因此建立的费用函数不能是针对某一单一污染物的,而应针对所有被处理的污染物,为此建立如下费用函数。

对于处理 k 种污染物的第 i 个工厂的污染治理,其污染物削减的费用可以表示为以下一些变量的函数,即:

$$C_i = f\left(W_i, \frac{E_{ik}}{I_{ik}}, X_i\right) \quad (1-2)$$

从对费用函数变量的定义看出,所建立的费用函数有不同于以往建立的费用函数的两个特点。

首先,在所建立的费用函数中,污染物的变量定义为出口浓度和进口浓度的比值,通过这样的定义,可以完成以下分析:

- ◆ 典型规模平均污染物进出口浓度下的一套污染治理设施的费用;
- ◆ 不同规模不同污染物削减水平下的一套污染治理设施的费用;
- ◆ 典型规模平均污染物的进口浓度下,不同的污染物出口浓度对处理费用的影响,分析不同的污染物排放标准对污染物削减费用的影响。

在上式中,对污染物的排放量进行偏导,可以得到污染物的边际削减费用函数。对于第 k 个污染物而言,其边际削减费用函数表示如下:

$$\frac{\partial C_i}{\partial E_{ik}} = \frac{\partial f\left(w_i, \frac{E_i}{I_i}, X_i\right)}{\partial E_{ik}} \quad (1-3)$$

通过对边际削减费用的分析,可以得到以下一些分析结论:

- ❖ 典型规模平均削减率水平下污染物的边际削减费用;
- ❖ 不同规模不同削减率水平下污染物的边际削减费用;
- ❖ 如果考虑将污染物的边际削减费用视为排污收费标准,则可以分析不同的排污收费标准对污染物削减费用的影响。

其次,建立的费用函数的另一个特点是,在污染物削减费用函数中,增加了反映企业性质的变量。这些变量在函数中是以整变量(0, 1 变量)的形式出现的,这些整变量包括反映企业行业属性的变量,反映企业所有制性质的变量和反映企业规模的变量。利用这些变量,可以分析不同行业、不同所有制和不同规模的企业在污染治理费用上的差异,为环境管理和决策提供更为有力的信息支持。

以上关于污染物直接处理费用和边际削减费用的具体函数形式的推导和确定包含在本书第 3 章中。有关回归计算结果和分析结论包含在本书第 3 章和第 5 章中,第 3 章侧重于对全国的情况的分析,第 5 章则重点放在对天津市的研究。在国家一级的研究中,选择 COD 和 TSS 作为水污染物处理费用函数中的主体污染物,在大气污染物处理费用函数中选择烟尘和二氧化硫作为主体污染物,分别对这四种污染物的直接处理费用、边际削减费用以及排放标准和排污收费标准对这些污染物的处理费用的影响进行了分析。天津市的案例研究中,只确定了水污染物的处理费用函数,根据天津市的实际情况,所选择的主体污染物是 COD 和油类。

污染刺激函数 在中国目前所实行的排污收费制度中,有一个很特殊的部分,即基于加倍收费、提高征收标准收费、加收滞纳金和补偿性罚款的“四小块”收费。根据中国国务院的有关规定,加倍收费是指环境保护部门根据国家有关环境保护法规,向某些违反环境保护法规而认为缴纳了排污费就等于买到了合法的排污权,就可肆意排放污染物,就可擅自拆除或停止使用防治污染设施的排污单位,施加的一种带有强制性的经济处罚;提高征收标准,是对缴纳排污费后仍未达到排放标准的排污单位,从开征第三年起,每年提高排污收费标准的 5%;滞纳金是环境保护部门对排污单位拖欠或不按规定日期缴纳排污费的,按规定征收的一种罚金,是对排污单位的滞纳行为的一种教育和处罚;补偿性罚款是指对周围环境造成环境损害和违反有关环保法律法规的处罚。

从“四小块”的征收内容和征收性质来说,“四小块”的收费不同于一般意

义上的排污收费，它可以看作是对企业的一种污染加重处罚。“四小块”收费的大小反映了企业对于污染治理的重视程度。可以通过“四小块”来分析行政处罚对于企业的污染削减刺激作用，也就可以以此为基础建立企业的污染刺激函数。

为了具有可比性，将污染刺激函数的左变量定义为单位产值的污染物排放强度，这样，对于第 i 个工厂的第 k 种污染物，其污染刺激函数可以表示为如下形式：

$$\eta_k = f(Q_i, W_i, \lambda_k, F_k, X_i) \quad (1-4)$$

式中， η_k —— 污染物 k 的排放强度；

Q_i —— 企业 i 的产值；

W_i —— 企业 i 的废水或废气的排放量；

λ_k —— 污染物 k 的处理效率；

F_k —— 污染物 k 的四小块收费额；

X_i —— 反映企业性质的整变量。

从污染刺激函数变量的定义可以看出，在右变量中，环境政策变量只有四小块收费，因此，可以通过污染刺激函数，重点分析四小块收费对企业的污染物排放强度产生的影响。同时看到，四小块收费对污染物排放强度的影响与企业产值、污染物产生量、污染物处理情况和企业性质有关。对于反映企业性质的整变量而言，不同与污染物处理费用函数的是，除了包括企业所有制性质、企业所属行业和企业规模等属性外，还包括了企业所在地区的整变量。

有关污染刺激函数具体函数形式的确定以及回归计算结果和分析结论等有关内容主要包含在本书第 3 章中。由于受到数据的限制，只分析了 COD 和 TSS 的污染处罚(四小块收费)对这两种污染物排放的刺激作用。同时分析比较了不同行业、不同所有制性质、不同规模和不同地区的企业对污染处罚这一政策反映的敏感程度。污染刺激函数的建立和分析只限制在国家一级的研究中，天津市的案例研究中没有建立该函数。

环境需求函数 微观经济学所要解决的是资源配置问题，其核心是价格理论。需求和供给是微观经济学的两个最基本的概念。需求(demand)是指居民(消费者)在某一特定时期内每一价格水平上愿意而且能够购买的商品量。

就环境问题而言，可以将环境视为一种资源，而将污染物向环境的排放权力视为一种商品，这样，环境需求就可以定义为企业在某一特定时期内在每一价格水平上愿意而且能够购买的污染物排放的权力。这就意味着环境资源是有价值的，企业向环境排放污染物必须付出一定的费用。因此，环境需求就是企业因为排放污染物的需要而产生的对环境容量的需求，决定该需求的重要因素是环境资源的价格，环境资源的价格是和污染物的排放量呈负相关关系的，排污收费是环境资源价值的重要体现，在一个完全市场化的经济体制中，如果将排污收费作为

衡量环境资源的价格，则环境需求函数主要反映的就是排污收费和污染物排放之间的关系。

对于一个企业而言，影响其购买环境资源的价格因素主要体现在两个方面，排污收费和污染物处理费用，即企业进行污染控制的总费用。对于排污收费而言，中国目前实行的是单因子超标排污收费，假设第 i 个企业的第 k 种污染物超标；而污染物的处理费用函数采用上面所确定的函数形式，则第 i 个企业的污染控制的总费用可以表示为：

$$\begin{aligned} T_i &= L_i + C_i = f(P_k, \eta_k, S_k, W_i, Q_i, X_i) + f(W_i, \eta_k, \lambda_k, Q_i, X_i) \\ &= f(P_k, \eta_k, \lambda_k, S_k, W_i, Q_i, X_i) \end{aligned} \quad (1-5)$$

式中， T_i —— 企业 i 的污染控制总费用；

L_i —— 第 i 个企业的排污收费额；

C_i —— 第 i 个企业的污染物处理费用；

P_k —— k 污染物的有效收费强度（不同于排污收费标准，是指实际征收的排污收费额与该收费额所对应的污染物排放量的比值。）；

η_k —— 单位产值污染物 k 的排放强度；

S_k —— k 污染物的排放标准；

W_i —— 第 i 个工厂的超标污染介质(污水、废气)排放量；

Q_i —— 企业 i 的产值；

λ_k —— 污染物 k 的产生强度；

X_i —— 企业 i 的特征变量。

欲使企业 i 的污染控制费用最小，即选择合适的 η_k ，使得：

$$\frac{\partial T_i}{\partial \eta_k} = \frac{\partial f(P_k, \eta_k, \lambda_k, S_k, W_i, Q_i, X_i)}{\partial \eta_k} = 0 \quad (1-6)$$

因此，对于第 i 个企业，其污染控制费用最小化下的污染物排放强度(环境需求函数)可以表示为如下一些变量的函数：

$$\eta_k = f(P_k, \lambda_k, S_k, W_i, Q_i, X_i) \quad (1-7)$$

上式表明，某种污染物的排放强度是和企业的产值、污染物产生情况、污水或废气的处理情况、排放标准和有效收费强度相关的。

在需求函数中，可以将变量分为三种类型，整变量、环境特征变量和环境政策变量。其中反映企业特性的整变量包括企业所有制性质、企业所属行业、企业规模和企业所在地区等；环境特征变量主要是反映企业的污染物排放情况和治理情况的变量；至于环境政策变量，则包括排污收费和排放标准等。从目前的数据可得性来看，在所确定的环境需求函数中，只包括了排污收费一个政策变量，因此通过需求函数主要分析排污收费对企业环境行为的影响。

在本书的第 3 章和第 5 章中，分别建立了国家一级和天津市的环境需求函数。在国家一级的环境需求函数中，分别尝试了用 COD、TSS、烟尘和二氧化硫的排污收费作为污染价格；在天津市的案例研究中，只以 COD 和油类的排污收费作为环境定价的基础。在分别建立不同的环境需求函数后，在第 3 章中，分析了不同污染物的排污收费对其污染物排放强度的影响，同时比较了排污收费和污染处罚对污染物排放强度影响的差异，分析了不同的行业对不同的政策手段的反映敏感度。在第 5 章中，分析了不同的 COD 和油类排污收费标准对污染物排放强度的影响。

环境供给函数 在微观经济学中，供给(supply)是指厂商(生产者)在某一特定时期内，在每一价格水平上愿意而且能够出卖的商品量。

就环境问题而言，将环境视为一种资源，将向环境排放污染物视为商品，该商品的价格仍然以排污收费进行衡量，生产厂商可以理解为社会或社区。环境供给函数就可以理解为：在某一特定社区内，在不同的排污收费标准下，社会(区)所能够允许的污染物的排放量，即社会(区)所提供企业的污染排放保留量。

因此，环境供给函数所反映的是地区或社区因素对污染物排放强度和排放量的影响。该函数所包括的变量主要是地区污染物排放强度(排放量)和反映社区因素对环境作用的一些变量(如社区平均教育水平、社区工业化水平和社区的人均收入等)。首先从污染损害函数(Damage Function)的建立入手来确定环境供给函数。地区 r 的总的污染损害可以表示如下：

$$V_r = f(O_r, T_r, N_r, y_r) \quad (1-8)$$

式中， V_r ——地区 r 的污染损害；

O_r ——地区 r 的污染物排放量；

T_r ——地区 r 的面积；

N_r ——地区 r 的总人口；

y_r ——地区 r 的人均收入。

对于地区 r 而言，其排污收费也反映了边际的污染损害。同时考虑到其它一些因素的影响，例如一个地区的基本教育水平能够反映出该地区人们的环境意识和对环境问题的重视程度，地区的工业化程度不仅直接影响到该地区排污收费对污染的控制作用，而且影响到环境部门对工业企业的管理。因此，地区 r 的环境供给函数可以表示如下：

$$P_r = \frac{\partial V_r}{\partial O_r} = \frac{\partial f(O_r, T_r, N_r, y_r)}{\partial O_r} e_r i_r \quad (1-9)$$

式中， P_r ——地区 r 的有效排污收费强度；

e_r ——地区 r 受中等以上教育人数；

i_r ——地区 r 工业总产值占国民生产总值的比例。