



环保投资的 经济效应分析

HUANBAO TOUZI DE
JINGJI XIAOYING FENXI

焦若静 杜雯翠 / 著

中国环境出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

环保投资的经济效应分析

Economic Impact Analysis of Environmental Investment

焦若静 杜雯翠 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

环保投资的经济效应分析/焦若静, 杜雯翠著. —北京:
中国环境出版社, 2014.11
ISBN 978-7-5111-2107-3

I. ①环… II. ①焦… ②杜… III. ①环保投资—
经济分析—研究—中国 IV. ①X196

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 239198 号



出版人 王新程
责任编辑 张维平
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112738 (管理图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 12 月第 1 版
印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 7.25
字 数 170 千字
定 价 28.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

编委会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

序 言

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；

完成了 100 余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

目 录

导 论	1
第 1 章 21 世纪以来中国环境政策的深刻背景	4
1.1 工业化与环境污染	4
1.2 城市化与环境污染	7
1.3 信息化与环境污染	8
1.4 农业现代化与环境污染	9
1.5 21 世纪以来的我国环境管理	9
第 2 章 环保投资的治污减排效应	11
2.1 环境管理的未来：从末端治理到全过程管理	11
2.2 治污减排效应的作用机理	11
2.3 治污减排效应的影响比较	13
2.4 治污减排效应的效果检验	18
2.5 如何通过环保投资实现全过程管理	23
第 3 章 环保投资的经济增长效应	25
3.1 环保投资的本质是投资	25
3.2 经济增长效应的作用机理	26
3.3 环保投资“乘数效应”的经验检验	27
3.4 如何通过环保投资促进经济增长	30
第 4 章 环保投资的技术进步效应	31
4.1 环保投资对生产技术的“溢出效应”	31
4.2 技术进步效应的作用机理	32
4.3 技术进步效应的效果检验	35
4.4 如何通过环保投资促进技术进步	39
第 5 章 环保投资的社会民生效应	40
5.1 环保投资与就业：“挤出”还是“带动”	40
5.2 社会民生效应的作用机理	41
5.3 社会民生效应的效果检验	42

5.4 如何通过环保投资促进就业增长	47
第 6 章 环保投资的产业绩效评估	48
6.1 环保投资与环保产业发展现状	48
6.2 环保产业总产出最终使用结构分析	49
6.3 环保产业与其后向关联产业分析	50
6.4 环保产业与其前向关联产业分析	53
6.5 如何利用环保产业推动关联产业发展	55
第 7 章 环保投资的微观经济效应	57
7.1 环保投资与环保企业发展现状	57
7.2 微观经济效应的作用机理	59
7.3 微观经济效应的效果检验	61
7.4 如何通过环保投资促进环保企业发展	66
第 8 章 环保投资的区域异质分析	67
8.1 金融发展与环保投资来源	67
8.2 环保投资的区域配置现状	68
8.3 金融发展对环保投资的作用机理	73
8.4 金融发展与环保投资的经验检验	75
8.5 如何通过金融发展促进环保投资主体多元化	80
第 9 章 后续研究设想	82
9.1 环保投资为我们带来了什么	82
9.2 未来进一步研究方向	83
参考文献	85
附录 1 “十五”与“十一五”期间我国各地区工业 SO ₂ 全过程管理	93
附录 2 “十五”与“十一五”期间我国各地区工业 COD 全过程管理	95
附录 3 “十五”与“十一五”期间我国各地区工业粉尘全过程管理	97
附录 4 环保投资数据库（2003—2010 年）	99
后 记	106

导 论

改革开放以来，我国正压缩式地经历着发达国家二三百年的工业化、城市化进程。工业化和城市化的高速发展带来了资源耗竭和环境污染，对环境质量形成巨大挑战。2011年10月以来我国多地灰霾天气造成严重大气污染，使得细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）迅速成为社会热词。随后， $\text{PM}_{2.5}$ 被相继纳入环境空气质量标准和政府工作报告，全社会对 $\text{PM}_{2.5}$ 的关注折射出当前我国环境污染的严峻性。其实，这样的空气问题不仅仅发生在中国，在全球工业化进程中也普遍存在着。不论是发达国家，还是发展中国家，都已经或正在为工业化和城市化付出惨痛的环境代价。

工业化与城市化对环境的影响总是反映出环境问题的两面性。工业化发展消耗了大量能源，释放出工业二氧化硫（ SO_2 ）、工业粉尘、工业烟尘、工业化学需氧量（COD）等各种污染物；同时，工业化还为环境污染治理提供了资金来源（即环保投资），这使得环境污染源于工业化，而污染治理在某种程度上又要依赖于工业化。

城市化与环境的关系也具有两面性，城市中人口和工业的超速集中和过度集聚带来了不容忽视的资源环境问题，然而人口和工业的集中又便于有限的环保投资应用于污染治理，从而发挥更大的治理效力。在我国即将实现工业化，并进一步加快城市化进程的关键时刻，环境问题成为政府部门、学术界、媒体和公众关注的焦点。如何在这个工业化与城市化发展的重要节点处理好工业化、城市化与环境的关系？环保投资成为解决“新四化”建设中环境问题的重要环境经济政策之一。

其实，投资在经济学领域是一个提及率十分高的名词，也是发展中国家较为关注的经济指标。为促进经济增长，以我国为代表的发展中国家纷纷采用投资驱动模式，并取得了显著成就；为实现教育均等化，学术界提出要保证每年4%的教育投资水平；为提高劳动者素质，人力资本投资被视作经济增长的又一助力。同样，为了解决工业化和城市化带来的环境问题，环保投资被提高到国家战略层面，成为短期内解决环境问题的重要途径，一些国际组织与各国环境专家认为在现代的生产规模、技术水平和自然资源条件下，环保投资占国民生产总值的比例应该为1%~2%。那么，作为环境经济政策主要内容之一，环保投资究竟是通过怎样的途径作用于经济、就业、技术水平、环保产业等主要经济因素，进而影响环境质量呢？本书研究发现，环保投资有利于带动经济增长，有利于提高生产技术，有利于扩大就业数量，有利于促进环保企业发展，更有利于实现污染物全过程管理。本研究旨在研究环保投资在经济发展、就业增长、治污减排等社会目标实现中的地位与作用。环保投资与经济、就业、全过程管理等问题的关系见图0-1。

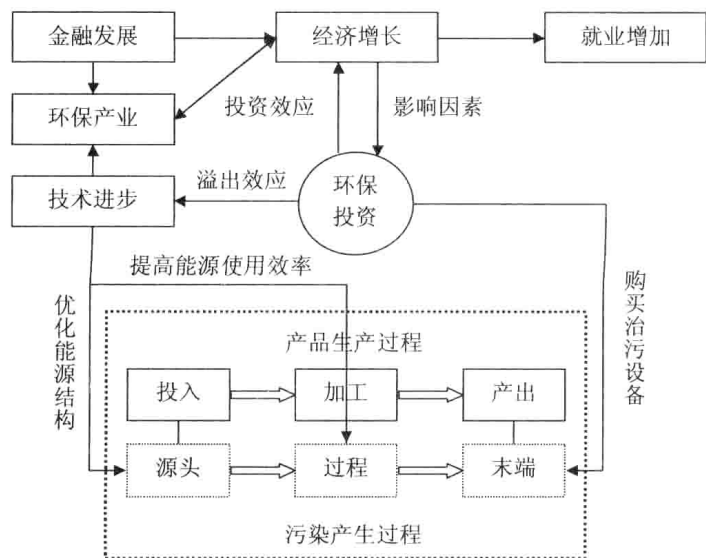


图 0-1 理论框架

图 0-1 反映了这样七种关系：

第一，环保投资与治污减排。事实证明，仅从末端治理入手的治污减排是不可持续的，只有兼顾源头预防、过程控制和末端治理的全过程管理才能从根本上降低污染排放概率，削减污染排放总量。因此，从末端治理向全过程管理的转变是我国环境保护部门在“十一五”期间的重要举措。环保投资对全过程管理的作用路径是不同的：环保投资对源头预防的作用主要体现为环保投资对能源消费结构的优化作用，能源消费结构的改进减少了化石能源的使用，从源头降低了污染排放概率；环保投资对过程控制的作用主要体现为环保投资对生产技术的溢出效应，生产技术的改进降低了单位产出的能源消耗，从过程减少了污染排放；环保投资对末端治理的作用主要体现为治污设备的采用和治污设施的建造，从末端削减已经生产出来的污染。本书第 2 章比较了“十五”与“十一五”时期工业 SO_2 、工业 COD 和工业粉尘 3 种污染物全过程管理实现情况，并检验环保投资对全过程管理的作用与影响。

第二，环保投资与经济增长。首先，环保投资规模取决于当地的经济发展水平。经济发展水平越高，就越有财力投资环境事业。反之，经济发展相对落后的地区面临的首要问题是经济发展，可能无暇顾及环境质量。这也反映了环境库兹涅茨曲线（EKC）的核心内容，EKC 假设认为污染排放会随着经济的增长而逐渐降低，这源于经济增长带来了技术进步和环保投资增加，使得污染排放总量和强度随着经济增长而逐年下降。其次，环保投资又有利于经济增长。虽然环保投资的目的在于减少污染排放，改善环境质量，但环保投资从本质上看仍然是一种投资，这些投资被用于购买污染处理设备、建造污染处理设施，从而进一步促进了经济增长。本书第 3 章着重讨论环保投资与经济增长的关系，分析并检验环保投资对经济增长的带动，以及经济增长对环保投资的影响。

第三，环保投资与技术进步。环保投资在促进经济增长，改善环境质量的同时，还有利于企业生产技术的环保水平升级，进而降低单位产出的污染排放量。因此，在排污标准既定的前提下，企业为了提高产量，不得不改进生产技术，以降低能源消耗，这便是环保

投资对技术进步的“溢出效应”。本书第4章利用环保投资将污染排放强度内生化的内生增长模型证明环保投资对生产技术的“溢出效应”，并检验我国30个地区环保投资溢出效应的作用效果。

第四，环保投资与社会民生。就业是民生之本，促进就业是安国之策，扩大就业是保障和改善民生的头等大事。因此，本书以就业为例，系统诠释环保投资与社会民生之间的作用机理与影响效果。直观来看，环保投资会对企业生产性投资形成一定的挤出，结果导致“由治污活动带来的就业”与“由生产活动带来的就业”之间出现替代关系。事实上，环保投资除了挤出生产性投资外，还有两个作用是不容忽视的。首先，部分环保投资被用于环保产业化，这部分投资同样是生产性的，与普通投资对就业的带动效应并无差别。因此，作用于环保产业化的环保投资会带动就业数量的增加。其次，部分环保投资被用于产业环保化，旨在提升非环保产业的生产清洁程度。这部分环保投资与就业的关系取决于技术进步与就业的关系，较为复杂。总体而言，环保投资对就业规模的影响取决于就业带动与就业挤出的比较。本书第5章从理论和实证两个角度分析了环保投资对就业规模与就业结构的作用机理和影响效果。

第五，环保投资与环保产业。环保投资对经济增长的带动作用不仅反映在环保投资自身对国民生产总值的贡献，还体现在环保产业对产业链上游产业的带动，以及对下游产业的推动。因此，环保产业对国民经济各部门的影响力反映出环保产业的影响力。本书第6章利用2007年中国投入产出表，分析环保产业对国民经济各部门的影响力。

第六，环保投资与环保企业发展。环保投资的微观经济效应体现在其对环保企业发展的推动作用，体现在如下几个方面：首先，随着环境规制的不断加强，对企业清洁生产的要求越来越高，各种环保标准不断提高，这些标准和规制要求排污企业加大环保投资，有效引导了排污企业对污染防治产品和服务的需求，加大了排污企业的环保投资，进而促进环保企业发展。同时，由于“三同时”制度的限制，企业在新建、改建、扩建各种项目时，必须同时设计、施工、投入生产和使用相应的环保投资项目，这就使企业对环保投资产生了刚性需求。其次，目前各级政府纷纷加大了环保投资力度，这些投资用于环境基础设施建设和工业污染源治理，直接派生了对环保产品和服务的需求，拉动了环保企业发展。再次，除直接派生环保需求外，环保投资的另一个作用在于提高环境技术，而环境技术的提高则进一步促进了环保企业的发展。本书第7章利用环保类上市公司的微观数据，检验环保投资对环保企业发展的影响。

第七，金融发展与环保投资。我国各省份环保投资的异质性不仅反映出当地财政支出能力的差异，更体现了金融发展的区域异质性。金融体制改革是经济体制改革的重要组成部分，金融发展是促进经济增长的主要源泉，也是影响企业融资约束的主要因素。从环保投资来源看，金融发展一方面促进经济增长，进而增加政府环保投资，另一方面缓解企业融资约束，进而增加企业环保投资。尽管金融发展对政府环保投资和企业环保投资的促进结果是一致的，但作用路径却是不同的。本书第8章深入讨论了金融发展对环保投资的影响，从资金来源的角度补充现有文献对环保投资影响因素的研究结论。

第 1 章 21 世纪以来中国环境政策的深刻背景

在我国工业化即将实现、城市化加速前进的背景下，如何充分解决工业化压缩式发展累积的环境污染，及时应对城市化快速发展带来的环境污染，成为摆在各级政府面前的无法回避的难题。从世界各国的发展历史看，按照工业化与城市化的关系演进特点，可以将工业化与城市化发展阶段分为起步期、成长期和成熟期，起步期以工业化为核心，推动城市化发展；成长期进入了工业化与城市化中期阶段，二者互动发展特征最为明显；成熟期工业化的作用开始淡化，城市化逐步成为经济发展的重心（景普秋和陈甬军，2004）。因此，起步期的主要环境问题是工业化快速发展带来的，成熟期的主要环境问题是如何利用城市化消除工业化发展积累的污染存量，成长期面临的环境问题最为严重，该时期不仅是工业化环境问题集中爆发的高峰期，还是工业集聚与人口集聚的初期，如何解决好工业化、城市化与环境污染三者的关系成为解决起步期污染存量的关键，更为成熟期实现生态文明建设的基础。目前，我国恰恰正处于成长期这一关键时刻。在工业化与城市化互动发展的成长期，工业化、城市化与环境三个概念是无法割裂的。首先，工业化发展消耗了大量能源，释放出工业 SO_2 、工业粉尘、工业烟尘、工业 COD 等各种污染物；其次，工业化还为环境污染治理提供了资金来源，这使得环境污染源自工业化，而污染治理在某种程度上又要依赖于工业化。另外，城市中人口与工业的超速集中与过度集聚带来了不容忽视的资源环境问题，人口与工业的集中又便于有限的环保投资应用于污染治理，从而发挥更大的治理效力。

1.1 工业化与环境污染

现有研究对工业化与环境污染的讨论主要围绕两个主题：一是工业化与污染水平，这部分理论研究以新古典经济增长理论为研究框架，将污染排放、环境质量等因素引入经济增长模型，讨论经济增长与环境污染之间的关系；经验研究是围绕环境库兹涅茨曲线（EKC）展开的，这些研究以各国数据为样本，利用多元回归，验证 EKC 假说是否存在。二是工业化与治污减排，这部分研究采用因素分解方法，分析影响工业化进程中经济总量、经济结构、技术进步、能源消耗等因素对污染排放变动的影响。

1.1.1 工业化与污染水平

（1）关于工业化与污染水平的理论研究

20 世纪 70 年代，随着环境问题的日益严重以及经济增长理论的发展，经济学家们开始把能源、环境污染问题引入新古典增长理论中。如 Dasgupta 和 Heal（1974），Stiglitz（1974）将资源的可耗竭性写入 Ramsey-Cass-Koopmans 模型的约束条件，分析了资源的最

优利用路径。Bovenberg 和 Smulders (1995) 将环境技术引进 Romer (1986) 模型的生产函数, 认为当环境规制足够有效时, 经济持续发展是可以实现的。Scholz 和 Ziemes (1999) 将资源环境因素引入 Romer (1990) 模型, 认为只有当资本产出弹性小于可耗竭资源产出弹性时, 经济才可能实现可持续发展。Stokey (1998) 将污染强度引入 Barro (1990) 的 AK 模型, 发现环境规制强度与税收制度是影响 EKC 曲线拐点的重要因素。Aghion 和 Howitt (1998) 将环境的不可逆性引入 R&D 模型, 讨论环境污染对可持续发展的影响。Barbier (1999) 认为创新的“供给”可能受到资源短缺的限制, 将资源短缺因素与人口增长引入 Romer-Stiglitz 模型, 得出最优的平衡增长路径。Grimaud 和 Rouge (2003) 等将环境污染与稀缺资源引入 Schumpeterian 模型中, 分析环境与资源制对可持续发展的影响, 以及政策因素对稳态的作用。孙刚 (2004) 在 Stokey-Aghion 模型的基础上, 引入环境保护投入, 认为社会计划通过环保投入改善环境, 环保投入对环境质量改善的边际贡献率能否长期大于一个临界值是可持续发展能否维持的关键。彭水军和包群 (2006) 将环境质量作为内生因素同时引入生产函数与效应函数, 构建三个带有环境污染约束的经济增长模型, 认为严厉的环境规制有利于实现经济可持续发展。李仕兵和赵定涛 (2008) 基于 Romer 模型, 将污染引入生产函数, 环境质量引入效用函数, 构建了一个带有环境污染约束的内生增长模型, 推导出模型平衡增长路径的最优经济增长率。Lin *et al.* (2012) 在 Stokey-Aghion 模型与孙刚 (2004) 的基础上, 认为环保投入不仅能够改善环境质量, 还有利于提高环境技术, 产生溢出效应, 从而实现可持续发展。上述理论文献发现, 包含环境变化的内生增长模型基本上都支持新古典理论关于生态环境与经济增长关系的研究结论。一般情况下, 相对于不含环境因素的内生增长模型, 最优的污染控制要求一个较低的稳态增长率, 并且严厉的环境标准有利于经济维持持续的增长。

(2) 关于工业化与污染水平的实证研究

关于工业化与污染水平的实证研究主要围绕 EKC 假说展开, EKC 假说最早由 Grossman 和 Krueger (1991) 提出, 他们研究了 66 个国家不同地区内 14 种空气污染和水污染物质的变动情况, 发现大多数污染物质的变动趋势与人均国民收入水平的变动趋势间呈倒 U 型关系, 即当一国经济发展水平较低时环境污染较轻, 但其恶化程度随经济增长而加剧, 当该国经济发展达到一定水平后, 环境质量会逐渐改善。他们试图以此研究模式来说明, 若存在一定的环境政策干预, 一个国家的整体环境质量或污染水平随着经济增长和经济实力增强表现为先恶化后改善的趋势。此后, 国际上环境经济学界的研究者针对不同污染物 (如 CO、SO₂、NO_x、CO₂、COD、烟尘、空气悬浮颗粒物), 用大量统计数据验证 EKC 假说, 发现这条曲线对于发达国家和新兴工业化国家在工业化时期都是普遍适用的 (Panayotou, 1993; Dasputa *et al.*, 2002; Taylor 和 Copeland, 2004; 吴玉萍等, 2002; Dinda, 2004; 彭水军和包群, 2006; 宋涛等, 2007; 刘金全等, 2009)。还有一些学者用工业化发展水平代替 EKC 中的收入, 专门研究了污染排放与工业化之间的关系 (Jenkins, 1998; Ryan, 2012; 张赞, 2006), 认为工业化水平与环境质量之间的发展态势符合 EKC 曲线特征。这些研究发现, 经济增长和环境质量之间存在倒 U 型曲线关系, 污染排放随经济增长而增加, 在到达某点后又随经济增长而下降。换句话说, 环境能够在工业化进程中实现自我调节, 而这个调节过程依赖于经济结构调整和技术结构调整 (Bruyn *et al.*, 1998)。还有部分学者通过方向性距离函数研究了工业化进程与资源环境的协调性 (涂正革, 2008;

涂正革和肖耿, 2009), 认为现阶段我国工业快速增长的同时, 污染排放总体上增长缓慢, 环境全要素生产率已成为我国工业高速增长、污染减少的核心动力。

1.1.2 工业化与治污减排

工业化与环境污染的第二个讨论主题是工业化与治污减排。这类文献利用因素分解法, 将污染排放总量或排放强度分解为经济总量、结构调整、能源效率、技术进步等因素, 比较这些因素对改善环境质量的贡献大小。因素分解法包括拉氏分解法 (Laspeyres Decomposition) 与狄氏分解法 (Divisia Decomposition)。拉氏分解法是假定其他因素不变, 直接对各个因素进行微分, 从而求出某一因素的变化对被分解变量的影响, 这是最为常见的一种分解方法, 在 20 世纪 70 年代末、80 年代初被广泛应用。狄氏分解法由 Divisia 提出, 这种方法的宗旨是把分解出的各个因素都看成是时间的连续可微函数, 对时间进行微分, 然后分解出各个因素的变化对被分解变量的影响。与狄氏分解法相比, 拉氏分解法的乘数分解关系很难割裂, 因此狄氏指数法得到广泛应用。之后, Boyd *et al.* (1988) 提出了算术平均的狄氏分解法 (AMDI), Ang 和 Liu (2007) 提出了对数平均的狄氏分解法 (LMDI), 对该方法进行了标准化改进。现有关于工业化与治污减排的文献大多采用上述方法。

De Bruyn (1997) 使用 LMDI 分解了 1980—1990 年荷兰与西德的 SO_2 排放情况, 发现两国单位产出的 SO_2 排放减少主要归功于技术效应, 而结构效应的作用十分有限。Zhang (2000) 对我国 1980—1997 年的 CO_2 排放进行了分解, 认为人均 GDP 增加、人口增长和能源消耗强度提高是污染增加的主要原因。Hamilton 和 Turton (2002) 分解了 1982—1997 年 OECD 国家的 CO_2 排放, 发现人均 GDP 增加和人口增长提高了污染排放; 而能源消耗强度降低和化石能源使用减少降低了污染排放。Levinson (2007) 分解了 1970—2002 年美国四种主要污染排放, 发现技术效应是降低污染排放量的主要原因。近年来, 我国学者也开始利用分解的方法研究环境和能源问题。齐志新和陈文颖 (2006) 使用拉氏分解法分解了 1980—2003 年我国的能源效率的提高, 认为产业结构调整和各产业部门能源消耗强度降低提高了能源使用效率。黄菁 (2009) 使用 LMDI 分解了 1994—2007 年我国四种主要工业污染物的排放情况, 发现规模效应是增加工业污染的主要原因, 技术效应是减少污染的最重要力量, 结构效应的变化在一定程度上增加了我国的工业污染。李荔等 (2010) 使用 LMDI 分解了 1997—2007 年我国各地区的 SO_2 排放强度, 并进行了东、中、西地区差异分解分析。研究发现, 能源强度变化对 SO_2 排放强度变化起到了最为显著的作用, 因此, 要把提高能源利用效率作为重要工作方向。成艾华 (2011) 使用拉氏分解法分解了 1998—2008 年我国工业排污排放, 研究发现技术效应对工业减排的贡献最大, 而结构调整效应对环境的改善并不大。张平淡等 (2012c) 利用 LMDI 分解了 1998—2009 年我国 SO_2 排放强度, 认为 SO_2 排放强度的降低主要源于污染处理技术的提高, 其次是能源消耗强度的降低。张平淡等 (2013) 利用 LMDI 分解方法分解了 2001—2010 年我国工业 COD 排放强度, 认为工业 COD 排放强度的降低主要归于水资源消耗强度效应, 其次是污水处理效应, 水资源重复利用效应几乎不存在。Zhang (2013) 利用 LMDI 分解方法分解了 2001—2010 年我国工业 SO_2 排放强度, 发现从“十五”到“十一五”, 中国开始了从末端治理向全过程管理的转型。杜雯翠 (2013c) 利用 1990—2009 年全球 6 个工业国和 7 个准工业国

的经济与环境数据,通过因素分解方法将各国空气质量的改善分解为能源效应和技术效应两个部分,发现工业国多依靠提高能源效率改善空气质量,准工业国则更多地依靠治污技术的应用。

1.2 城市化与环境污染

城市化与环境污染的研究最早见于人口与环境污染的相关文献中,这些文献检验了人口增长对污染排放的影响,认为污染排放与人口增长呈现正相关关系(Daily 和 Ehrlich, 1992; Zaba 和 Clarke, 1994; Dietz 和 Rosa, 1997; Cramer, 1998, 2002; Cramer 和 Cheney, 2000)。其中, Shi (2003) 利用 1975—1996 年共 93 个国家的数据检验人口与环境污染之间的关系,发现两者的正相关关系在低收入国家更加明显,在高收入国家并不是那么明显。Martínez-Zarzoso *et al.* (2007) 发现人口增长与环境污染的正相关关系在欧盟老成员国和新成员的表现存在差异。

现有研究对城市化与环境污染的检验结果主要分为三类。第一类研究认为城市化与环境污染之间的关系是线性的,城市化带来了能源消费增长,进而恶化了环境质量(Parikh 和 Shukla, 1995; Cole 和 Neumayer, 2004; York, 2007; 王会和王奇, 2011)。其中, Parikh 和 Shukla (1995)、Cole 和 Neumayer (2004) 和 York (2007) 认为城市化带来的能源消费增长是导致环境恶化的主要原因。例如, Parikh 和 Shukla (1995) 检验了发展中国家城市化水平对温室气体排放与能源消耗的影响,发现城市人口每增加 10%, 能源消耗上升 4.7%, CO₂ 排放上升 0.3%。Cole 和 Neumayer (2004) 检验了 1975—1998 年 86 个发达国家的城市化与污染排放的关系,发现城市化率每上升 10%, CO₂ 排放量增加 7%。Virkanen (1998)、冯薇 (2006) 和侯凤岐 (2008) 并没有研究城市化与环境污染的关系,但他们研究了工业集聚对环境污染的影响,而工业集聚正是城市化的主要表现之一。他们认为工业集聚对环境污染产生了负面作用。王会和王奇 (2011) 以牛奶生产为例,分析了城市化如何引起人们生活方式的改变,进而说明城市化从生活和生产两个方面恶化了环境质量。

第二类研究认为城市化与环境污染之间的关系是线性的,但城市化能够提高公共设施和公共交通的使用,形成产业集聚,进而降低能源消耗和污染处理成本(Xepapadeas, 1997; Andreoni 和 Levinson, 2001; Managi, 2006),从而有利于污染排放的降低(Fan *et al.*, 2006; Liddle 和 Lung, 2010; 闫逢柱等, 2011; 蒋洪强等, 2012)。

第三类研究认为城市化与环境污染之间的关系是非线性的,这些研究借鉴 EKC 的实证方法,检验城市化率与污染排放的关系,得到了不同结论。现有文献发现城市化率与环境污染之间呈现倒 U 型(Ehrhardt-Martínez *et al.*, 2002; York *et al.*, 2003; Martínez-Zarzoso 和 Maruotti, 2011; 杜江和刘渝, 2008; 王家庭和王璇, 2010; 黄棣芳, 2011), N 型(黄棣芳, 2011), 正 U 型(杜江和刘渝, 2008; 黄棣芳, 2011; 何禹霆和王岭, 2012; 杜雯翠和冯科, 2013)等多种关系。

国内外现有理论研究对城市化与环境污染之间的关系并没有达成一致,实证检验结果也存在很大差异。主要原因有两个:第一,城市化与环境之间的关系是复杂的,这不仅取决于城市化进程的速度,还受城市化的社会环保意识、经济结构调整和法律制度健全等因素的影响(杜江和刘渝, 2008)。可一些实证研究仅以城市化率和污染排放为自变量和因

变量做回归,遗漏了其他影响污染排放的重要因素,一些研究在加入其他控制变量后也发现结论有很大变化,因此,这种结论并不稳健。第二,样本选择差异也是造成结论千差万别的主要原因。

1.3 信息化与环境污染

2002年党的十六大明确提出,以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走“资源消耗低、环境污染少”的新型工业化道路。经过“十五”到“十一五”两个五年计划,我国新型工业化是否实现?工业化与信息化的深度融合是否在保证经济增长的同时,改善了环境质量?如何通过工业化与信息化的融合开展生态文明建设?这些问题都是需要解决的。然而,现有理论研究多关注工业化、信息化与环境质量三个概念的两两关系,较少将三者结合起来,分析“两化”融合对环境质量的影响。

事实上,工业化、信息化、环境质量三个概念是息息相关、无法割裂的。首先,关于工业化与环境质量,环境经济学提出EKC假说,认为工业化与污染排放呈倒U型关系,即当一国经济发展水平较低时环境污染较轻,其恶化程度随经济增长而加剧,当该国经济发展达到一定水平后,环境质量会逐渐改善(Grossman和Krueger, 1991)。相关文献用大量统计数据验证EKC假说,发现这条曲线对于发达国家和新兴工业化国家在工业化时期都是普遍适用的(Panayotou, 1993; Dasputa *et al.*, 2002; Taylor和Copeland, 2004; 吴玉萍等, 2002; Dinda, 2004; 彭水军和包群, 2006; 宋涛等, 2007; 刘金全等, 2009)。其次,关于工业化与信息化,现有研究结论较为一致,认为信息化可以带动工业化,而工业化对信息化又有促进作用(俞立平等, 2009; 乌家培, 1993),两者之间是相互融合的关系(肖静华等, 2006; 谢康等, 2012)。再次,关于信息化与环境质量,现有研究较少涉及。国外文献主要集中于环境法领域,这些研究讨论了环境政策制定与实施中的信息成本问题(Krier和Stewart, 1971; Krier和Montgomer, 1973; Krier和Ursin, 1977),以及环境领域的信息规制(Information Regulation)问题(Salzman, 1999; Case, 2001),这与我国信息化的概念是有差别的。国内文献多属概念讨论与描述分析,缺乏逻辑演绎与实证分析。唐小坤和王哲(2007)分析了信息化在环保领域的作用,认为信息化有利于环境监管部门及时获取数据,提高环保执法水平。陈滢和王爱兰(2010)认为信息化与工业化融合将对实现能源品种多元化、节能减排、降低污染、发展低碳工业具有重要的技术辅助作用,是发展低碳经济的一条有效途径。相比之下,唐小坤和王哲(2007)对信息化与环境保护的关系界定是狭义的,信息化对环保领域的作用只是信息化与环境污染关系的一部分,信息化对环境保护的意义还在于其对工业生产方式的改变。陈滢和王爱兰(2010)的界定较为合理,但仅限于描述性分析,缺乏理论依据与经验证据。可见,现有研究对信息化、“两化”融合与质量环境的关注是不足的。

“两化”融合与环境污染有着密不可分的关系。首先,工业化提高了人们的生活条件,而信息化则改变了人们的生活方式。例如,智慧电力赋予消费者管理其电力使用,并选择污染最小的能源权力,减少电网内部的浪费,提高家庭能源使用效率并保护环境。其次,工业化增加了企业的产品数量,信息化则改变了企业的生产方式。通过办公自动化减少见面沟通,节约纸张;通过企业资源计划把产、供、销、人、财、物进行有机组合,降低生

产的中间损耗。再次,信息化实现了污染源监测的立体化、实时化、连续化,有利于治污减排政策的实施。最后,信息化改变了城市发展方式。例如,智慧城市的兴起从交通、医疗、公共安全、公共事业、教育、市民服务等方面,通过新一代信息技术的应用,令城市生活更加智能,优化有限资源的使用,减少污染、保护环境。另外,信息化本身就是资源节约、环境友好的。从原材料角度看,信息化建设的投入大部分为人力资源,生产材料和能源投入相对较少;从产出角度看,信息化产品能够被重复利用,是可再生的;从污染角度看,信息化产品的生产过程不排放污染,生产过程是清洁的。因此,在工业化与城市化快速发展的中国,只有将工业化与信息化融合起来,才能在发展经济的同时,改善环境质量,破解工业化与城市化进程中的环境污染难题。

1.4 农业现代化与环境污染

农业现代化是指从传统农业向现代农业转化的过程和手段。在这个过程中,农业日益用现代工业、现代科学技术和现代经济管理方法武装起来,使农业生产力由落后的传统农业日益转化为当代世界先进水平的农业。改造传统农业、建设现代农业、实现农业现代化,是我国长期而艰巨的任务。然而,在农业生产日益走向现代化的同时,农业现代化带来的环境污染问题也逐渐凸显出来。

一方面,工业化发展对农业环境造成了巨大污染。例如,我国因固体废物堆弃而被占用和损毁的农田面积已达200万亩以上,8000万亩以上的耕地遭受不同程度的大气污染。全国利用污水灌溉的面积已经占全国总灌溉面积的7.3%,比10年前增加了1.6倍。由于大量工业污水排放入海、入江,每年造成渔业经济损失几十亿元。

另一方面,农业自身造成的污染也日趋严重。据2005年《中国统计年鉴》,化肥年使用量4637万t,按播种面积计算,化肥使用量达 40 t/km^2 ,远远超过发达国家为防止化肥对土壤和水体造成危害而设置的 22.5 t/km^2 的安全上限(苏杨和马宙宙,2006)。地膜污染、农业废弃物、畜禽粪便等污染也呈加剧趋势。

可见,农业现代化与环境污染之间的关系是双向的。工业化带来的环境污染严重损害了农业现代化发展所必需的农业生产资料,例如土地、空气、水,从而在一定程度上阻碍了农业现代化的发展。反过来,农业现代化打破了传统耕种模式,采用了更多的农机具和农业试剂,但这些农业现代化产品与工具(如化肥、农药、地膜等)往往会对土壤、水等环境资源带来极大污染,这些污染恰恰是难以降解、难以处理的。因此环境污染制约农业现代化发展,而农业现代化发展又反作用于环境,造成更加严重的环境污染。如果不解决农业现代化带来的环境污染,或者环境污染对农业现代化的负面影响,农业现代化与环境污染将陷入可怕的恶性循环。

1.5 21世纪以来的我国环境管理

在刚刚结束的2014年全国“两会”提案议案中,环保类提案议案占27%,雾霾成为最受关注的话题,其关注度远超过就业、腐败、立法等热点话题,足见国家与公众对环境污染问题的急切关注。事实上,21世纪以来,我国对环境问题早已日益重视。特别是党的