

环境科学学术文库·水环境

流域环境经济系统规划 与污染的最优动态控制

杨珂玲 著



Environment Economic System Planning
of Watershed and Optimal Dynamic
Control of Pollution



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

环境科学学术文库·水环境

流域环境经济系统规划 与污染的最优动态控制

杨珂玲 著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

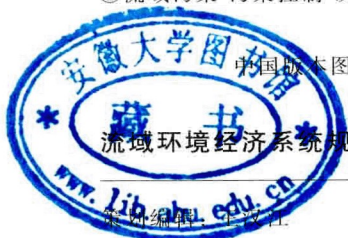
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

流域环境经济系统规划与污染的最优动态控制/杨珂玲著. —武汉: 华中科技大学出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-5609-9936-4

I. ①流… II. ①杨… III. ①流域经济-环境经济-经济规划-研究-中国
②流域污染-污染控制-研究-中国 IV. ①F127 ②X52



中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 042277 号

流域环境经济系统规划与污染的最优动态控制

杨珂玲 著

责任编辑: 余涛

封面设计: 范翠璇

责任校对: 邹东

责任监印: 周治超

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编: 430074 电话: (027)81321915

录排: 武汉市洪山区佳年华文印部

印刷: 华中理工大学印刷厂

开本: 850mm×1168mm 1/32

印张: 7.5

字数: 184 千字

版次: 2014 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 25.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书以流域的水污染防治(产业规划源头减排)控(环境经济政策控制)为研究对象,并基于多目标规划与 CGE 的建模和模拟展开研究。本书首先论述了流域水环境经济系统规划及水污染控制的理论和方法;接着论述了水环境 CGE 模型的建模原理和 ES-AM 的编制方法;然后以云南洱海流域为例,分区、分期地进行环境经济系统规划论证,并构建动态 ERCGE 模型,对政府征收排污费的控污政策进行动态模拟;最后提出最优控污方案。

前 言

随着我国经济的快速增长,人民物质生活水平的不断提高,以及国家对经济可持续发展的需求,一方面资源消耗大幅度增加,污染排放强度加大与负荷增高,以及主要污染物排放量超过受纳水体的环境容量,另一方面我国人均拥有水资源量不仅远低于世界平均水平,而且由于水资源短缺而导致的水污染加重,并由于水污染加重又进一步加剧水资源的供需矛盾。所以,长期严重的水污染问题影响着水资源利用和水生态系统的完整性,影响着人民群众的身体健康,已成为制约我国经济社会可持续发展的重大瓶颈。因此,研究环境经济系统规划的课题具有重大意义。

另外,由于我国主要河流的污染负荷不断增加、污染治理进展缓慢,水污染加剧的态势并未得到有效遏制,而且湖泊水富营养化问题严重,已形成了以氮、磷污染为基本特征的湖泊水环境问题。此外,由于不合理的经济社会活动、水土资源的过度开发以及全球气候变暖,还由于生态用水被大量挤占,河流干枯、湿地退化、流经城市的河段受到严重污染,城市河流普遍发黑发臭,生物多样性减少,河流水生态系统受到严重破坏等,这些都使得水环境的现实状况与经济社会发展对水环境的需求之间存在着尖锐矛盾。并且由于长期以来对于水污染问题缺乏系统性、协同性和创新性的科学研究以及水污染控制的技术支撑比较薄弱,水污染依然严重的态势尚未得到根本扭转。故在未来 5~15 年甚至更长时间内,伴随

我国经济社会的高速发展,水资源与水环境质量也是制约与威胁我国经济社会发展的重大瓶颈。因此,污染的最优动态控制课题具有重大意义。

本书基于上述背景,选择了流域的环境经济系统规划与污染的最优动态控制为研究对象,并基于多目标规划与 CGE 的建模和模拟展开研究。为此,本书的研究思路是以第一章阐述选题依据、国内外有关同类选题的研究动态与评述为基础的。首先,在第二章中对流域环境经济系统的污染状况、污染原因、对社会经济的影响、发展趋势及其环境经济政策进行综述,并对流域的环境经济系统规划理论、多目标规划方法进行研究,同时探讨目前常使用的不确定性多目标规划、层次分析法、系统动力学等方法的优劣。其次,在第三章中简述流域水污染控制政策的理论与方法,并探讨可计算的一般均衡模型的原理、结构、计算机实现和应用领域。然后,在第四、五章中讨论把流域水环境资源纳入 CGE 模型之中构建 ERCGE 模型,并讨论环境社会核算矩阵的编制方法和 ERCGE 模型参数的标定等。接着,在第六、七章中以云南洱海流域为例,分区(洱源县和大理市)、分期(近期、中期、远期)地进行环境经济系统规划,得出在高、中、低三种情境下的产业结构调整和优化方案,并且对三种方案进行评价分析,最终提出最优的规划方案,为政策的制定提供科学依据;随后,构建扩展后的动态 ERCGE 模型,在对规划方案实施后随着外部经济(价格)的冲击,流域生产方式面临重组、污染物的排放量面临重新配置的情况下,政府如何对实施征收排污费的控污政策进行动态分析,并提出最优控污方案。最后,在第八章中总结全书并展望未来。

目前,国内外对于流域的环境经济系统规划的研究多采用不确定性多目标规划法,而对水污染控制的研究则多采用命令型控制政策和环境经济政策。本书在流域水环境承载力的基础上,通

过实地调研和专家建议,采用多目标规划方法对流域水环境经济系统规划进行了研究,并把水环境纳入到 CGE 模型中,构建了流域水环境的动态 CGE 模型,并且对水污染控制的环境经济政策进行了模拟,提出了最优控污方案。其具体研究内容如下。

1. 流域环境经济系统规划

本书从流域环境经济系统的特点、发展趋势和规划方法上入手,对流域环境经济系统规划进行了研究。本书在流域环境经济系统规划研究方法上采用目前比较常用的多目标规划方法。但在建立多目标模型时,首先在模型上进行改进,即以产出最大化和产业结构最优化为目标;其次在约束条件上进行扩充,即把当地的实际情况和专家的经验相结合并融入其中;最后在求解方法上进行简化。由于所构建的多目标线性规划模型并未考虑过多的不确定因素,而是以当地政府的要求和流域的水环境承载力相结合设定高、中、低三种模拟方案,故所建立的确定性多目标规划模型采用的是一般的加权算法,且用 Lingo 软件在计算机上实现,并对结果进行评价分析。

2. 污染物控制政策模拟

本书在此部分分析了目前国内外的环境经济政策及研究方法。首先,概述 CGE 模型的原理、结构及其在环境经济领域的应用;其次,分析了把水环境纳入 CGE 模型的方法,并构建流域水环境资源的动态 CGE 模型;最后介绍了社会核算矩阵的编制原理与方法,并且分析了区域社会核算矩阵的编制方法,编制了洱海流域 2008 年的环境社会核算矩阵。

3. 环境经济系统规划与污染最优动态控制的实证分析

本书在此部分以洱海流域为例,首先分析了洱海流域的社会经济结构、发展速度与污染物排放量之间的关系;其次构建了多目标线性规划模型,分区(洱源县和大理市)、分期(近期、中期、远期)

地进行环境经济系统规划,并根据当地政府对经济发展速度和污染物消减量两方面的要求,以洱海流域的水环境承载力为依据设定高、中、低三种模拟方案,并在三种方案的情景下得到了三种最优解;然后对上述结果进行分析,给出了洱海流域农业(种植业和畜牧业)、工业、旅游业三个产业产出较大、污染排放较少且劳动力转移较多的产业结构调整和优化方案,并分析了在外部环境的冲击(外部价格的冲击)下,在所得到的产业结构调整优化方案重组的情况下,设定情景方案模拟分析政府实施的排污费收取的变化对各个经济部门的影响;最后根据以上分析提出了洱海流域污染控制的最优政策方案。

本书的研究特点是以新的视角和方法对流域水环境污染防控进行全面、综合的研究,在理论和方法上都有创新之处。

1. 理论上的创新

本书以流域的水污染防(产业规划源头减排)控(环境经济政策控制)为研究对象进行理论研究,体现防控的统一性。而以往的著作或文章把两者分开进行研究,有些只研究水环境流域的环境经济系统规划,有些只研究水环境流域的污染控制政策模拟分析。

2. 方法上的创新

第一,本书在流域环境经济系统规划实证分析方面,选用多目标线性规划模型,模型中目标函数和约束条件是在实际调研和专家建议的基础上建立的。在建模过程和模型求解上是对过去成果的改进和扩展,同时求解的结果较详实、具体且符合当地实际情况。

第二,本书在对流域的污染控制政策的模拟分析方面,采用了动态的环境 CGE 模型,从模型的建立到方案的设定是在前人研究成果的基础上的改进和扩展。

第三,本书在 ERCGE 模型数据的整理上,查阅大量的数据文

献并采用从下向上的方法编制云南大理白族自治州(简称大理州)的环境社会核算矩阵(ESAM),在目前用此法编制洱海流域的社会核算矩阵尚属首例。

本书在研究方法上体现流域水污染防治的协调和统一,理论研究上不是简单地照搬,而是结合实际情况对其进行改进,并引入新的研究方法。

本书的出版受到了湖北省教育厅课题“四湖流域农业面源污染治理政策研究”(编号:Q20132204)与国家水体污染控制与治理科技重大专项:“洱海全流域清水方案与社会经济发展友好模式研究”(2009ZX07105—001)经费的资助,同时也得到了华中科技大学出版社的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

杨珂玲
湖北经济学院

目 录

第一章 导论	(1)
第一节 本书的选题依据	(1)
一、本书的选题背景	(1)
二、本书的研究意义	(6)
第二节 国内外有关本选题的研究动态与评述	(10)
一、流域环境经济系统规划的研究现状	(10)
二、流域污染物控制政策的研究现状	(13)
三、流域污染物控制政策模拟方法的研究现状	(17)
第三节 研究内容、研究思路和创新之处	(21)
一、研究内容	(21)
二、研究思路与框架	(23)
三、研究方法	(24)
四、创新之处	(25)
第二章 环境经济系统规划理论与方法	(27)
第一节 环境经济系统规划方法概述	(27)
一、环境经济系统规划概述	(27)
二、环境经济系统规划方法分类	(33)
第二节 多目标规划方法	(47)
一、灰色多目标规划	(47)
二、层次分析法	(49)

第三节 不确定性多目标规划方法	(54)
一、不确定性概念及分类	(54)
二、不确定性模糊多目标规划	(56)
第四节 动态规划方法	(58)
一、动态规划模型	(58)
二、系统动力学方法	(62)
第三章 水污染控制政策的理论与方法概述	(65)
第一节 水污染控制规划概述	(65)
一、水污染控制规划的发展概况	(66)
二、水污染控制规划过程	(67)
三、水环境容量	(68)
第二节 水污染控制政策分类	(69)
一、命令控制型政策	(69)
二、环境经济政策	(70)
三、环境信息公开政策	(72)
第三节 水污染控制政策的分析方法	(73)
一、环境经济学分析	(73)
二、计量经济学分析	(75)
三、物质平衡分析模型	(85)
四、一般均衡分析模型	(87)
五、系统动力学分析模型	(89)
第四章 环境 CGE 模型的原理与应用	(91)
第一节 环境 CGE 模型的理论概述	(91)
一、一般均衡理论溯源	(92)
二、环境要素的处理	(94)
三、环境 CGE 模型中环境经济系统的相互作用	(97)
第二节 环境 CGE 模型的基本构成和计算	(102)

一、环境 CGE 模型的基本构成	(102)
二、CGE 模型的计算机实现	(110)
第三节 CGE 模型在环境资源经济领域的应用	(110)
第五章 环境 CGE 模型的数据基础	(117)
第一节 ESAM 的编制	(118)
一、环境社会核算矩阵简介	(118)
二、ESAM 的编制方法	(120)
三、宏观 ESAM 的框架结构	(121)
四、ESAM 平衡	(125)
五、环境污染核算方法	(128)
第二节 云南省洱海流域环境资源 SAM(ERSAM)的编制	(130)
一、小区域 ESAM 编制的意义与方法	(130)
二、流域 ESAM 的编制	(131)
三、流域 ESAM 的调平	(138)
第六章 洱海流域环境经济系统规划	(142)
第一节 研究区概况	(142)
一、研究区背景	(142)
二、系统描述与分析	(145)
第二节 洱海流域社会经济结构、发展速度与污染物控制研究	(150)
一、洱海流域社会经济结构与污染物控制研究	(150)
二、洱海流域社会经济发展速度与污染物控制研究	(155)
第三节 洱海流域环境经济系统规划模型	(159)
一、多目标线性规划模型的构建	(161)
二、参数获取与情景方案的设定	(167)
三、模型的求解与结果分析	(168)

第七章 洱海流域污染物控制政策模拟	(186)
第一节 流域环境经济动态 CGE 模型——REECGE 模型的构建	(186)
一、生产方程	(187)
二、收入方程	(190)
三、贸易方程	(193)
四、价格方程	(194)
五、支付方程	(196)
六、污染处理方程	(198)
七、宏观闭合方程	(200)
八、社会福利方程	(202)
九、闭合规则	(204)
十、动态机制	(204)
第二节 REECGE 模型的情景方案设计	(205)
第三节 REECGE 模型的求解与结果分析	(206)
一、流域 REECGE 模型的模拟结果分析	(206)
二、政策建议	(210)
第八章 结论与展望	(212)
参考文献	(214)

第一章 导 论

第一节 本书的选题依据

一、本书的选题背景

(一) 流域环境状况

近 20 年来,我国的经济处于快速增长阶段,相应的资源、能源消耗大幅度增加,随之而来的是污染排放强度大、负荷高,排入水体的主要污染物超过受纳水体的环境容量。长期严重的水污染问题影响着水资源的利用和水生态系统的完整性。同时,我国的人均拥有水资源量远低于世界平均水平,水资源的短缺导致水污染加重,进而影响着人民群众的身体健康,以上这些矛盾已经成为制约我国经济社会可持续发展的重大瓶颈。

目前,我国大型湖泊水富营养化问题日益严重,形成了主要以氮、磷污染为基本特征的湖泊水环境问题。同时,饮用水源受常规污染物和新型有毒物质的污染,而且饮用水的深度处理、输配送技术相对落后,城乡居民的饮用水安全受到严重威胁。

此外,粗放型的社会经济活动、水土资源的过度开发、全球气候的暖化、生态用水被大量挤占导致的河流干枯、湿地退化,城市河流受到的严重污染,生物多样性的减少,都严重破坏了我国河流

的水生态系统。水环境的现实状况与社会经济发展对水环境的需求之间存在着尖锐矛盾。长期以来,我国的水污染问题缺乏系统性和创新性的科学研究,导致了水污染依然严重的态势尚未得到根本扭转。因此,有效遏制水污染加剧的态势已经刻不容缓。

2006年,七大水系的408个地表水监测断面中,I~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为46%、28%和26%。其中,辽河、淮河、黄河、松花江水质较差,海河污染严重,主要河流水生生态系统健康受到明显影响。2006年,27个国控重点湖(库)中,Ⅴ类水质的湖(库)有5个,占19%;劣Ⅴ类水质湖(库)13个,占48%。太湖、滇池和巢湖处于中度富营养状态。

(二) 流域水污染问题及现状

1. 人口和经济增长的压力

流域人口、经济的快速增长使我国的主要流域的水污染现象日益严重。我国的人口基数大,人口增长也较快,以及经济的高速发展对资源、环境的压力,已经成为制约环境与经济协调发展的主要因素。例如,太湖流域总人口已经超过4000万,人口密度达每平方公里1000人。近10年来,太湖流域的工业产值特别是太湖沿岸的乡镇工业总产值翻了2~3番,工业、生活废水产生量随之增大,导致太湖流域内水体水质普遍下降了2~3个等级。这是人口和经济增长对水质影响的一个有力证明。

2. 结构性污染严重

目前,中国经济的粗放型增长方式尚未得到有效改善,三大产业结构不合理,能源资源利用效率低,物耗、能耗等指标居高不下,企业的规模效益差,排污量较大,水污染形势严峻。以洱海流域为例,流域内造纸、饮料制造、食品制造、农副食品、医药制造和纺织行业是污染排放量和排放强度最大的几个行业,占工业污染负荷的50%以上。目前,从全国形势来看,每年有360多亿吨的废水

排放量,几乎是美国和日本两国废水排放量总和,可以看出中国粗放型工业格局的普遍性。经济的发展不仅是质和量的增加、科技进步和管理效率的发展,而且环境保护也是发展的一个重要部分,即人类与环境资源的和谐发展,才能保证人类社会的可持续发展。

3. 农业面源污染严重

在各种污染源中,农业面源污染占河流、湖泊营养物负荷总量的 70% 以上,成为流域最主要的氮、磷污染源。以洱海为例,进入洱海的面源污染主要来自畜禽粪便和化肥的流失:洱海流域村镇每年大约产生垃圾 15 万吨,污水 1036 万吨,粪便 291 万吨,其中由村落污染、牲畜粪便产生的污染负荷 COD 为 33 889.4 t/a, TN 为 7 566.1 t/a, TP 为 1 552 t/a; 在洱源县,2004 年化肥 TN 流失 329 t, TP 流失 48.8 t, 分别占当年入湖污染物总量的 27.2% 和 45.9%。

4. 污水直接排放量大且污水处理率偏低

与欧美各国 80%~90% 的污水处理率相比,我国的污水处理率极低,大量的污水未经处理直接排入江河,导致流域污染加剧。我国工业废水处理的突出问题是污水处理设施的有效利用率低,许多企业原有的治污设施不能得到有效运转,有的甚至不运转。在调查的 2 万多套处理设施中,运行良好、一般和差的各占 1/3,即使运行较好的处理量往往也只有原设计流量的 50%。所以在加强工业废水处理的同时,我们还要下大力气筹措资金建设城市污水处理厂,从而削减生活污水的入河(湖)量。

5. 环境保护的意识淡薄、管理薄弱、执法力度不够

在我国,从很多领导干部到普通群众,对环境保护的重要性和紧迫性只是停留在口头上的宣传,并不能把环保意识渗透到实际的生产和生活当中,自觉地思考自身的生产生活行为对环境造成的恶劣影响。目前,环境和发展的综合决策机制尚未有效地发挥

作用,一个造纸厂污染一条河的现象屡见不鲜,牺牲环境和资源去追求眼前的利益是我国盲目追求经济高速发展的副产物。同时,环保部门执法力量的薄弱和监督管理机构的不健全,也使得多“龙”治水、无法可依、有法不依的现象时有发生。

6. 排污收费等经济政策未能起到预期的积极作用

目前,由于排污收费制度的不健全使得企业治污的主动性不高,鼓励和刺激全社会积极主动地防治污染、改善环境的综合经济政策体系还不成熟,环保行业难以吸纳社会等各方面的资金,还处于完全靠政府投资的局面。由于污水处理设备成本较高,同时排污收费标准的不合理(它不仅远低于相应的污染治理成本,更远低于污染导致的社会成本,这种过低的收费标准在一定意义上使超量污染排放合法化)使得许多企业宁可交排污费也不愿意购买废水处理设备。

据估计,我国由于水污染直接导致的经济损失约占 GNP 的 2% 左右,水是工农业生产、人民生活的血脉,水资源的持续利用是流域可持续发展的基础。水污染使水资源短缺,水污染实际上动摇了流域可持续发展的基础,受水资源质量和数量的瓶颈制约作用,许多地区经济发展基础十分脆弱。水污染灾害是流域可持续发展的最大障碍,水污染防治的中心任务是防污减灾。

(三) 流域水污染的防控对策现状及其分析

1. 水污染防治策略的战略转移

从 1973 年开始,我国采用的水污染防治的基本方针是“点源治理、达标排放”、“谁污染,谁治理”,对工业污染源主要采取的是末端治理,主要以控制浓度为主。经过历史的经验教训,我国水污染控制正在实现或将要实现下述转变过程:

- (1) 从“点一面一整个流域、区域”综合整治发展;
- (2) 从污染的“末端—源头—工业生产全过程”控制过渡;