

环境经济系统分析

——规划方法与模型

张慧勤 过孝民 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

环境经济系统是一门发展中的学科,从研究的范畴到具体的技术方法都有待进一步完善。本书较全面地介绍了环境经济系统的分析方法与各种实用模型,特别突出了环境与经济的协调、宏观规划与微观规划的结合、环境对策方案的费用效益分析,以及环境决策支持系统的建立,并给出了一些应用实例。

本书内容丰富、举例详实,可供环境界、经济界的科学工作者和环境管理人员参考,也可作为高等学校环境科学系学生、教师的参考书。

(京)新登字 158 号

环 境 经 济 系 统 分 析
——规划方法与模型
张慧勤 过孝民 编著

清华大学出版社出版
北京 清华园
印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本: 850× 1168 1/32 印张: 11.5 字数: 298 千字
1993 年 月第 1 版 1993 年 月第 1 次印刷

印数 0001—

ISBN 7-302-01287-3/X · 18

定价: 0.00 元

目 录

第一章 绪言	1
第一节 未来学的发生与发展	2
第二节 环境问题——全球重大问题之一	5
一、发达国家“先污染后治理”的环境保护历程	5
二、发展中国家的环境问题	9
三、全球性的环境问题	11
四、从世界环境问题中得到的启示	12
第三节 科学技术进步对环境的影响	13
第二章 环境预测与规划的理论基础	19
第一节 系统论与环境经济系统分析	19
一、环境与经济、人口、科学技术进步的关系	20
二、环境经济系统的层次与边界	21
三、污染物产生、排放与自然资源的消耗	23
四、污染治理和保护自然环境的费用	24
五、对策方案的评价	24
第二节 控制论与环境决策过程	25
一、系统控制的原理	26
二、环境系统控制过程	27
第三节 信息论与环境决策和规划	31
一、信息与信息论	31
二、信息的主要特征	32
三、信息方法与环境决策过程	33
第三章 我国环境规划概述	37
第一节 我国环境规划的发展历程	37
一、孕育时期(1973年—1980年)	37
二、探索时期(1981年—1985年)	38
三、发展时期(1986年—)	40

第二节	环境规划的分类及其内容	42
一、	按照规划期分类	42
二、	按照环境要素分类	43
三、	按照行政区划和隶属关系分类	43
四、	按照环境规划的内容分类	44
第三节	环境规划编制的基本原则	47
一、	经济建设、城乡建设和环境建设同步原则	47
二、	遵循经济规律,符合国民经济计划总要求的原则	48
三、	遵循生态规律,合理利用环境资源的原则	48
四、	预防为主,防治结合的原则	48
五、	实事求是,因地制宜的原则	49
六、	污染防治与基本建设、技术改造和城乡建设紧密结合, 实行环境综合整治的原则	49
七、	强化环境管理的原则	50
第四节	环境规划的指标体系	50
一、	确定环境规划指标体系的原则	51
二、	区域环境规划指标体系的实例	51
三、	部门环境规划指标体系	58
第四章	环境经济计量模型	64
第一节	物质生产部门宏观经济模型	65
一、	投入产出计量经济模型	66
二、	中长期经济预测模型	68
第二节	我国环境污染物宏观总量控制模型	75
一、	污染物宏观总量控制模型总体设计	76
二、	中长期环境污染物宏观总量控制结构模型	81
三、	科学技术进步在环境保护中的作用 ——污染物产生系数的修正	85
四、	我国中长期环境污染物宏观总量控制研究实例	92
第五章	环境经济投入产出线性规划模型	100
第一节	环境经济投入产出表	100
一、	基本原理和结构	100

二、矩型表的应用	106
第二节 环境经济线性规划模型	108
一、应用投入产出模型完全依存系数建立模型	108
二、应用投入产出模型物料平衡流量表建立模型	109
第三节 应用实例	110
一、炼油厂生产特点和模型结构的选择	110
二、矩型投入产出模型	113
三、线性规划模型	118
四、模型的功能	120
结束语	122
第六章 系统动力学方法在环境管理中的应用	123
第一节 系统动力学的基本概念	123
一、信息反馈系统	123
二、系统动力学中的延迟	124
三、反馈环的机理	124
第二节 系统动力学计算机模拟语言 DYNAMO 和方程简介	125
一、DYNAMO 语言系列	125
二、方程式的种类	125
第三节 流图设计	127
一、流图基本构造元素	127
二、流图设计步骤	129
第四节 天津市环境经济系统仿真模型实例	131
一、研究范围	131
二、模型变量选择	132
三、反馈结构	138
四、建立系统动力学流图	141
五、确定表函数和参数值	142
六、模型调试和灵敏度分析	144
七、仿真实验和策略分析	145
结束语	146
第七章 区域环境规划与污染物总量控制	147

第一节	几个必须补充说明的问题	147
一、	生产布局与污染物排放的分布	147
二、	环境承载能力的简化描述	150
三、	污染物总量控制	151
四、	边际费用 ——多个污染源削减负荷最优分配的一种判据	154
第二节	一个区域环境规划模型	165
一、	问题的阐述	165
二、	优化模型	166
三、	模型的功能	167
第三节	总量控制规划实例研究 ——第二松花江吉林江段总量控制规划研究	169
一、	研究内容	170
二、	各污染源治理方案的提出及边际费用的计算	175
第八章	大气环境质量预测方法	179
第一节	能源结构与大气污染物排放	182
一、	能源结构与大气污染物排放系数	182
二、	污染物排放量的预测	186
第二节	大气扩散模式	190
一、	点源扩散模式	190
二、	非点源扩散模式	192
三、	特殊条件下的扩散公式	195
四、	模式合成	200
五、	烟气抬升	202
六、	扩散参数的估值	203
第三节	常州市“八五”大气环境质量预测	204
一、	常州市自然条件、社会经济概况	204
二、	污染气象特征	204
三、	大气污染物排放量预测	206
四、	大气环境质量模拟与预测	208
第九章	水质模拟预测与污染负荷分配计算	210

第一节	基本水质模型	211
一、	水质模型的基本方程	211
二、	水质模型的选择	216
三、	水质模型的标定和检验	217
四、	水质预测的基本方法	219
第二节	设计流量的分析计算	220
一、	水文资料的一般性分析	220
二、	设计流量的计算	221
三、	设计径流量的年内分布	223
四、	河流的流量系数	223
第三节	河流水体水质的模拟预测	224
一、	完全混合的水质浓度	224
二、	一维稳态水质浓度分布(解析解)	225
三、	枝状河流稳态水质浓度分布	226
四、	一维河网的水质预测	228
第四节	河流有机污染负荷分配计算	228
一、	污染负荷分配计算的基本概念	228
二、	污染负荷分配计算方法	229
第十章	环境决策中的费用效益分析	235
第一节	环境费用效益分析的发生与发展	235
第二节	环境费用效益分析的理论和基本概念	237
一、	财务评价和国民经济评价	237
二、	外部不经济性	238
三、	环境资源的特征与环境效益	238
四、	环境破坏和污染引起的经济损失	239
五、	环境保护措施的效益和费用	240
六、	经济效益与环境效益的统一	241
七、	最佳污染控制水平	242
八、	污染控制费用占国民生产总值(GNP)的最佳比例	243
九、	时间因素和社会贴现率	245
十、	费用与效益的评价指标	247

第三节	常用的环境费用效益分析方法	248
一、	市场价值法(即生产率法)	250
二、	机会成本法	250
三、	恢复和防护费用法	251
四、	影子工程法	252
五、	修正人力资本法或工资损失法	252
六、	调查评价法	253
第四节	环境费用效益分析的步骤	253
一、	弄清问题	254
二、	环境功能的分析	255
三、	确定环境破坏的程度与环境功能危害的关系, 即剂量-反应关系	255
四、	弄清各种对策方案改善环境的程度	255
五、	计算各个对策方案的环境保护效益	256
六、	计算各个对策方案的费用	256
第五节	环境污染及生态破坏经济损失计算纲要	256
一、	环境污染引起的经济损失计算方法和参数	256
二、	生态破坏引起的经济损失计算方法和参数	259
第六节	中国环境污染和生态破坏经济损失估算的研究实例	262
一、	环境污染损失的估算	263
二、	生态环境破坏的经济损失估算	272
附录 1	一些重要的剂量反应关系	279
一、	SO ₂ 和酸雨(酸沉降)对农作物产量的影响	279
二、	酸雨和 SO ₂ 对森林生长的影响	279
三、	酸雨和 SO ₂ 对材料腐蚀的影响	282
附录 2	深圳河黑臭影响调查表	285
第十一章	环境管理信息系统的系统分析与设计	287
第一节	环境管理信息系统概述	287
一、	环境管理信息系统简介	287
二、	环境管理信息系统的系统分析与系统设计的适用范围 和作用	290

三、环境管理信息系统的开发程序	291
第二节 环境管理信息系统可行性研究	291
一、初步系统调查	292
二、可行性分析	293
第三节 环境管理信息系统的系统分析	295
一、详细调查	295
二、环境保护组织结构	296
三、工作流程图	297
四、数据流图	297
五、系统功能需求分析	301
六、数据分析	302
七、处理逻辑说明	304
八、系统分析报告的编写	306
第四节 环境管理信息系统的系统设计	306
一、系统设计评价标准	307
二、系统的分解与总体设计	307
三、编码设计	309
四、系统流程图	309
五、输入输出设计	309
六、数据库系统的选择	310
七、软硬件环境分析	310
八、应用模型的选择	311
九、编写系统设计报告提纲	312
第十二章 环境决策支持系统	313
第一节 环境决策问题的分析	313
一、一般决策过程	313
二、决策问题的分类	315
三、宏观环境决策的特点	315
四、环境决策支持系统(EDSS)的提出	317
第二节 用户及其需求分析	318
一、系统的用户	318

二、用户需求及其分析	319
第三节 EDSS 总体设计思想	320
一、应用原型方法进行开发研制	320
二、灵活, 方便, 友好的用户界面	321
三、采用模型库管理系统(MBMS)对模型进行管理	322
四、知识库辅助决策	323
五、建立方法库(AB)	323
六、开放性思想	324
七、面向用户的设计思想	325
八、结构化程序设计思想(SP)	325
第四节 EDSS 功能及总体结构分析	326
一、功能分析	326
二、总体结构及其分析	327
第五节 EDSS 运行支持机制	330
一、现状评价	330
二、制定宏观环境保护, 域市环境质量目标和政策	333
第六节 EDSS 的简例	334
一、DIDASS 的基本思想	334
二、DIDASS 的实现	336
三、简例	337
第十三章 国外环境战略模型简介	340
第一节 美国战略环境评价系统模型	340
一、经济子系统	342
二、能源子系统	345
三、环境子系统	346
四、SEAS 模型的应用	349
第二节 日本环境保护长远规划模型简介	351
参考文献	354
后记	356

第一章 绪 言

环境问题是当今世界人们极其关注的重大全球问题之一。正如 1972 年斯德哥尔摩人类环境宣言中指出的那样：“现在已达到历史上这样一个时期：我们决定世界各地行动的时候，必须更加审慎地考虑它们对环境产生的后果。由于无知或不关心，我们可能给我们的生活和幸福所依靠的全球环境造成巨大的无法挽回的损害。反之，有了比较充分的知识和采取比较明确的行动，我们就可能使我们自己和我们的后代，在一个比较符合人类需要和希望的环境中过着较好的生活”。人类对环境问题的这种认识是花了极大的代价的。20 世纪 50 年代以来，由于工业的快速发展和人类缺乏对环境问题的深刻认识，致使发生一系列耸人听闻的严重公害事件，不少地方大气、河流被污染，森林被破坏，生态失去平衡，人类健康受危害甚至丧失生命。大自然对人类的惩罚，使人们逐渐地认识到环境问题的重要性。因此，人类必须对自己发展计划的后果进行预测，不仅要看到我们行动的第一步，而且还要看到第二步，第三步。

如果说过去环境问题还多是局部地区的危害，人们还可以迁移到其它地方去生活的话，那么，在当今经济、科学技术高速发展的时代，对环境的危害的深度和广度则是全球毁灭性的。温室效应、臭氧层破坏和酸雨等全球性环境问题，如果不采取全球性的果断行动，人类唯一赖以生存的地球将被毁灭，人类也就自我毁灭了。环境预测与规划的目的正是为了从目前和未来潜在的环境问题出发，制定我们的对策方案，通过方案比较和评价而进行环境决策。然而，环境与经济存在着互相依赖，互相制约的双向联系，规划

环境问题必须把环境与经济作为一个大系统来研究。把环境规划列入国民经济和社会发展计划是 70 年代末、80 年代初才真正开始的。传统的国民经济和社会发展计划和传统的发展战略是不考虑或很少考虑,甚至牺牲环境去追求暂时经济繁荣的,结果造成一系列公害事件,使人类遭到大自然的报复。从产业革命开始到 20 世纪 70 年代的漫长时期内,为了缓和发展与环境的矛盾,也有过环境规划,采取过治理措施,但是只限于对污染的治理,同时,把污染也只看成一个个孤立的事物,仅仅是生产末端的事物,很少从相互依赖,相互制约的经济,人口和环境的关系上加以考虑。1975 年联合国欧洲经济委员会在荷兰的鹿特丹召开了经济计划的生态对策讨论会,提出了“在制定经济发展规划中要考虑生态因素,制定环境规划”。1982 年联合国环境规划署,在内罗毕召开了第二届人类环境会议,提出了“环境、发展、人口和资源之间存在着紧密而复杂的相互关系,只有采取一种综合的,统一的方法,才能使环境无害化和社会经济持续的发展。与其花很多钱费很多力气,在环境破坏之后亡羊补牢,不如预防其破坏,对可能影响环境的活动进行妥善的规划。从此环境规划在世界上得到了较快的发展。

第一节 未来学的发生与发展

预测与规划都是面向未来的,预测未来将发生什么事情,规划我们应该如何去行动,因而预测和规划与未来学是分不开的。未来学也称未来预测学或未来研究,是一门利用事物过去、现在的信息,预测事物发展未来状态的一门综合性学科。虽然它是于 20 世纪 60 年代才形成的一门新兴学科,但是未来学的思想却可以追溯到很远。在人类社会发展的历史中,对未来的研究早就是人类普遍关心的问题。从古到今,人们对预测未来的研究先后经历了神话、宗教、哲学和科学四个不同阶段。

神话是人类早期预测活动的雏形。人类的祖先由于对天地日月,山川湖泊,风雪雷电等自然现象不能理解,随之产生一种神秘感,逐渐把这些自然现象超自然化,超人格化加以崇拜,并把自己的命运寄托在主宰这些自然现象的神身上。在人类远古时期,人们以巫术和占卜来预测未来的吉凶。如我国殷商时期,根据龟甲或兽骨上裂痕来占卜吉凶以及战争,天灾和收获的丰歉。

随着社会的发展,奴隶制的形成,人类社会出现的阶级对立,人们在无法掌握自己的命运情况下,出现了宗教。正如列宁所说:被剥削阶级由于没有力量同大自然搏斗而产生对上帝,魔鬼,奇迹等一样的信仰,宗教与科学知识是严重对立的,剥削阶级利用宗教阻止人们以科学的态度去研究未来,企图使人们永远生活在愚昧之中。

1530年著名波兰天文学家哥白尼写了《天体运行论》,但由于中世纪欧洲宗教势力的强大压力,直至哥白尼逝世的1543年,《天体运行论》这个点燃了真理的火炬才放出了光明,从此科学才大踏步地向前发展。许多科学家,哲学家开始用科学和理性来展望与研究未来,随着科学和技术的迅速发展,社会生产力的显著提高,科学技术的社会功能日益增强,各种预测方法才逐渐产生,人们才开始把预测作为一门科学。

对预测和它的重要意义,我国古代劳动人民早就有正确的理解和深刻的认识。两千多年前,《礼记·中庸》中明确提出“凡事预则立,不预则废”,“人无远虑,必有近忧”的论断,至今仍然是人们预测指导未来行动的重要准则之一。但由于长期受封建统治等社会条件的影响,我国早期的各种预测研究,并没有上升成为一门科学。

近30年来,科学技术的发展带动了许多新兴工业的发展,如高分子合成工业、原子能工业、电子计算机工业、半导体工业、宇航工业和激光工业等等。今天,工业为人们提供的产品,90%都是本

世纪初所没有的。新产品不但层出不穷,而且更新换代周期也大大缩短。曾几何时,人们还习惯于老牛拉犁的田园生活,而今人类已闯出地球进入宇宙。科学技术的发展使人们生活的节奏加快了,如果我们缺乏必要的预测,那将会带来严重的经济后果和社会后果。

另外,高速发展的工业也给人类社会带来了许多不良后果,如人口、资源等问题。这些重大问题影响深远,一旦恶化再去解决就十分困难,在某种程度或某些问题上具有不可逆转性,所以人们力图防患于未然,这对预测科学提出了强烈的需求。

近十几年来,未来学发展得十分迅速,世界各国都十分重视,其中,美国发展最快。美国的预测工作开展得相当广泛,几乎所有主要的世界闻名的工业公司都有自己的预测部门,从事未来发展方面的研究;另外还有许多专业预测公司,如最大的预测公司资料资源公司,大通经济计量公司,沃顿经济计量预测公司等。政府部门也有自己的所谓“计划规划预测系统”。美国总统有专门的“科学技术办公室”从事未来研究,还有政府的智囊机构,例如著名的兰德公司。美国的学术界有不少名牌大学都设立了未来研究所,如哥伦比亚大学,哈佛大学,普林斯顿大学等,并且拥有一批世界著名的未来学专家,例如控制论的发明者 N. 维纳;投入产出表的发明者 W. 里昂节夫;系统动力学的发明者 J. 福莱特等等。

前苏联及一些东欧国家,近几年来未来学的研究也发展较快,主要集中在经济、社会研究及科学技术方面。比如苏联开展的“目标纲要法”长期规划,把经济、自然资源、社会发展、环境作为一个整体来规划;在经济领域,部门联系平衡和计量经济学方面也取得了较快的发展,为此前苏联科学家康托洛维奇曾获得诺贝尔奖金。

我国最近几年来,由于经济发展,改革开放,公元 2000 年战略目标的确定以及世界新技术革命的挑战,未来学的研究与应用也得到了飞速的发展。国家计委成立了预测中心(后改名为信息中心),中央各部都开展长远规划的研究与编制工作,国务院发展中

心组织开展了“2000 的中国”研究;。由于市场经济的发展和竞争机制的引入,企业界也对市场的变化趋势预测十分关心,推动了预测学的发展。学术界也成立了未来学研究会,出版了未来学杂志,出现了一大批未来学方面的科研成果。未来学的发展提高了我国的决策现代化水平,环境预测和规划水平的提高就是一个明显的例子。

第二节 环境问题——全球重大问题之一

环境问题与人口、资源问题等被称为当今世界的重大问题,而环境问题涉及面之广泛,影响程度之深远更为突出,同时环境问题又是一个十分复杂的问题,不同国家有不同的特征。发达国家的环境问题主要表现在现代化工农业发展和消费活动排出废物造成的环境污染,发展中国家主要表现为人口增长过快和贫困引起的生态环境破坏。而我国是经济振兴中的发展国家,以上两种形式的环境问题都很突出。回顾世界环境问题的发生、发展过程,分析其内在的根源,对预测我国的环境状况,研究我国的环境战略是十分重要的。

一、发达国家“先污染后治理”的环境保护历程

发达国家环境问题的发生和发展经历了一个“先污染后治理”的过程。

发达国家环境污染问题的发生可以追溯到很远以前,在煤炭之花盛开的英国,早在爱德华一世(1272—1307)、爱德华三世(1307—1327)时期就有对煤炭的“有害气味”进行抗议的记载,而后1661年约翰·伊凡林曾写了一本关于伦敦烟气的有名著作“驱逐烟气”。然而,环境问题成为普遍的社会问题是在18世纪末到20世纪初的产业革命时期。由于钢铁和煤炭的需求刺激了煤炭工

业、矿业和化学工业的发展,大量地燃烧煤使以伦敦为代表的英国各城市的煤烟和二氧化硫大气污染十分严重。1819年英国议会就成立了特别委员会,研究防止煤烟污染问题。但是,由于科学技术原因并没有找到可行的方法。1873年伦敦就发生过类似1952年的烟雾事件,但当时并没有认识。例如,位于美国田纳西州的弋斯特镇,19世纪末期由于附近炼铜厂的废气污染,周围山上的树木逐渐枯萎死亡,剩下了秃山,每当雨季洪水成灾,废矿水使河水污染,鱼虾绝迹,镇上居民逐渐离去以至矿山倒闭。又如日本足尾事件,是日本明治期间最大的社会问题,足尾以黄铜矿为原料冶炼铜,冶炼废气中含有浓度较高的二氧化硫,且杂有剧毒的砷化物和有色金属粉尘,使附近山林和庄稼毁坏。矿山周围24平方公里地区成为不毛之地,受害面积达400平方公里。铜矿排出的有毒废水流入渡良濑川,1890年由于洪水泛滥有毒废水扩散,使周围四县数万公顷土地受害,田园荒芜,鱼类死亡,沿江数10万人流离失所。

20世纪中叶,世界经济又有一个大发展。美国利用二次大战中国土无战争取得了利益,经济发展迅速。日本战后的双倍增计划(1961—1970)每年国民生产总值增长率达10.7%,煤炭,石油,矿产的发展十分迅速,但生产技术还处于较低水平,能源和资源利用率也较低,污染物排放量猛增,造成公害事件屡屡发生,这一时期是发达国家公害事件泛滥时期。

20世纪70—80年代为发达国家的污染治理时期,由于一系列环境公害事件的发生,教育了人类,使人们逐渐认识到对环境问题必须给充分地重视。正如1972年斯德哥尔摩人类环境宣言中指出的那样:“现在已达到历史上这样一个时期,我们决定世界各地的行动的时候,必须更加审慎地考虑它们对环境产生的后果,由于无知或不关心,我们可能给我们生活和幸福所依靠的地球环境造成巨大的无法挽回的损害”。日本,美国等发达国家在广大人民群

众的强大舆论下,采取了一系列措施投入了占国民生产总值的1—2%的资金,对已造成的严重污染进行了治理,与此同时世界发达国家的科学技术取得了较快的发展,由于电子计算机,微电子技术的应用和生产的规模效应,使资源和能源的利用率显著提高,对环境污染的控制取得了较好的效果。环境质量有了明显的好转。1977年美国工厂排放的大气中,已有94%符合排放标准。1973年与1972年相比,烟尘排放量减少了10%,二氧化硫减少了17%,一氧化碳减少了35%,铅减少了26%。匹兹堡素有烟都之称,经过治理,该市每月每平方英里(约2.56平方公里)降尘量从51.5吨降为30.5吨,二氧化硫浓度从0.093ppm降为0.056ppm。曾面临“死湖威胁”的美加边境五大湖已初见成效,某些名贵鱼类(鳟鱼、鲑鱼)又游回来了。许多关闭的海滨浴场也重新开放了,芝加哥河、底特律河不少河流已成为清洁河流。全国建立了几百个自然保护区和国家公园,森林覆盖率达32%,首都华盛顿每人平均绿地面积为40.8平方米,绿树成荫,环境十分优美。

日本列岛曾被称为“公害列岛”,现在环境状况已明显改善,1975年449个城市中,大气环境质量达到标准的城市已占73%,二氧化硫浓度1970年为0.043ppm,1975年降为0.021ppm,1978年又降为0.017ppm,氮氧化物得到了控制,据1977年对公用水域水质监测结果,全国5100个地点的总检测样数中,没达到环境标准的检测数比率仅为0.08%,比70年代初大大减少。汞、烷基汞、有机磷及六价铬等四种物质浓度未超过环境标准,其它有害物质含量也显著降低,光化学氧化剂污染已有所减轻,1980年发出警报的天数由1973年的328天减少到86天,森林等绿化面积几乎占全国国土面积的70%。

西欧工业发达国家的状况也大大好转,法国十年来烟尘减少80%,二氧化硫减少40%,汽车排气中的一氧化碳减少50%。英国自1960年执行烟雾控制法以后,以烟雾弥漫而闻名的