

城市环境综合整治 最优规划方法

段 宁 马建勋 尹荣楼 主编



中国环境科学出版社

1991

城市环境综合整治 最优规划方法

段 宁 马建勋 尹荣楼 于秀玲 孙启宏
陈文明 张久根 张宏剑 徐贞元 唐宗武

编 著

中国环境科学出版社

1991

内 容 简 介

编写此书的目的,是为了配合国家环境保护局正在大力贯彻执行的《城市环境综合整治及定量考核制度》。并针对我国城市环境综合整治规划的实际情况和从事这方面工作的环境管理与环境科研干部的需要,比较系统地介绍了城市环境综合整治规划的方法。着重阐述水、气、渣等环境要素相互作用的结合界面,以及数学模拟不同环境要素结合界面的理论和方法,并用实例研究和具体数字证实了城市环境综合整治规划相对于单环境要素规划的优越性,且前者不是后者的简单迭加。

本书共分十二章,其内容是:城市环境综合整治规划的基本概念、组成部分、内容及其重要性;制定城市环境综合整治规划的一般步骤;市社会经济概况及自然环境特征调研;城市环境质量历史及现状调查评价;环境功能分区和城市环境综合整治规划目标的确定原则、方法及与功能区关系;经济、社会与城市环境质量预测;城市环境综合整治规划备选方案的调研与制定;城市环境综合整治规划算法、简介;规划方案的可实施性研究;城市环境综合整治规划与现行环境管理制度;综合整治规划的申报、审批程序及实施;实例研究简介(重点介绍中国环境科学研究院环境管理研究所研制的IPSUEI大型环境规划软件及其使用)等。

这是一本比较好的城市环境综合整治规划方法的参考书,内容全面系统,而且深入浅出,适合各类各级环境管理干部及从事有关城市环境综合整治规划的人员阅读,同时可供大专院校环境专业的师生阅读参考。

城市环境综合整治最优规划方法

段 宁 马建勋 尹荣楼 于秀玲 孙启宏
陈文明 张久根 张宏剑 徐贞元 唐宗武

编

(责任编辑 吴振峰)

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

中国环境科学研究院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991年8月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1991年8月第一次印刷 印张: 20.5
印数: 0001—2,000 字数: 510 千字

ISBN 7-80093-052-1/X·543

定价: 15.00 元

序

随着城市经济体制改革的深化,环境保护工作也在不断地发展和深化。城市环境管理由过去的纵向封闭型结构,向开放型结构转化,环境污染治理由部门、地区、行业单项治理发展到打破部门、地区、行业界限,从城市环境整体出发,进行综合整治,这正是城市环境保护事业的发展趋势。

为此,中共中央《关于经济体制改革的决定》(简称“决定”)中提出“城市政府应该集中力量做好城市的规划、建设和管理,加强各种公用设施的建设,进行环境的综合整治”。本书正是为进一步贯彻“决定”和适应发展趋势而编写的。

本书内容丰富,全面系统,与同类书籍相比,具有一定的特色。全书共分十二章,第一章概论(于秀玲和陈文明编写);第二章城市环境综合整治规划工作步骤(孙启宏编写);第三章城市社会经济概况及自然环境特征(马建勋编写);第四章城市环境质量历史及现状调查评价(于秀玲编写);第五章环境功能分区和城市环境综合整治目标的确定原则、方法及与功能区关系(张久根编写);第六章经济、社会与城市环境质量预测(其中第一节张久根编写,第二节张宏剑编写,第三节唐宗武编写,第四、五两节张久根编写);第七章城市环境综合整治规划备选方案的调查与制定(孙启宏编写);第八章城市环境综合整治规划算法简介(陈文明编写);第九章规划方案的可实施性研究(尹荣楼编写);第十章城市环境综合整治规划与现行环境管理制度(尹荣楼编写);第十一章城市环境综合整治规划申报、审批程序及实施(张久根编写);第十二章实例研究简介(段宁、徐贞元编写)。

本书在编写过程中曾得到刘培哲、傅国伟、叶文虎、马倩如、李金龙、张永良等有关专家的指导与帮助。本书脱稿后,国家环保局杨作精、过孝民二位处长审阅了全稿,并提了许多宝贵意见。中国环科院刘鸿亮院长十分关心本书的出版。在此一并致谢。

本书主编:段宁、马建勋、尹荣楼。参加编写人员(按姓氏笔划):于秀玲、陈文明、张久根、张宏剑、徐贞元、唐宗武、孙启宏等。

由于写作与编辑水平所限,对书中存在的缺点和错误,请读者批评指正。

编 者

1991年8月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 城市环境综合整治的重要性	(1)
一、世界城市的挑战	(1)
二、中国城市的挑战	(1)
三、城市环境综合整治的定义和发展过程	(2)
第二节 城市环境综合整治最优规划的重要性	(3)
第三节 城市环境综合整治规划概论	(6)
一、环境规划的历史和发展趋势	(6)
二、环境规划方法论简介	(6)
三、不同类型的环境规划具有不同的涵义	(7)
第二章 城市环境综合整治规划工作步骤	(9)
第三章 城市社会经济概况及自然环境特征	(11)
第一节 概述	(11)
第二节 城市生态环境	(11)
第三节 人口、社会、经济概况	(13)
一、城市人口	(13)
二、城市社会、经济概况	(14)
第四节 城市的自然环境	(18)
第五节 绿化	(20)
一、城市绿化方针和指标	(20)
二、绿化类型和功效	(20)
第六节 交通	(21)
第四章 城市环境质量历史及现状调查评价	(24)
第一节 污染源调查与监测	(24)
一、污染源的概念及污染源调查的目的和意义	(24)
二、污染源的类型及主要污染物	(24)
三、污染源调查的主要内容	(26)
四、污染源评价	(27)
五、污染源及环境质量监测	(29)
第二节 环境质量现状评价	(50)
一、大气、水体、土壤等环境质量现状评价	(50)
二、城市噪声环境质量现状评价	(55)
第三节 环境管理制度贯彻概况	(57)
第五章 城市环境功能区划分和城市环境综合整治规划目标的确定	(59)
第一节 城市环境功能区划分的目的和意义	(59)
第二节 城市环境功能区划分的总原则	(60)
第三节 水环境功能区的划分	(61)
一、划分原则	(61)

二、划分依据	(62)
三、划分方法和步骤	(62)
第四节 大气环境功能区的划分	(62)
一、划分原则	(63)
二、划分依据	(63)
三、划分方法和步骤	(63)
第五节 噪声环境功能区划分	(63)
一、划分原则	(63)
二、划分依据	(63)
三、划分方法	(64)
四、划分步骤	(64)
第六节 城市环境综合整治规划目标的确定	(65)
一、确定城市环境综合整治规划目标所要考虑的因素	(65)
二、城市环境综合整治规划常用目标	(65)
第六章 经济、社会与城市环境质量预测	(66)
第一节 经济、社会发展预测	(66)
一、城市人口预测	(67)
二、城市总体发展预测	(67)
三、城市产值预测	(68)
四、大型工程预测	(69)
五、资源预测	(69)
六、环境治理和环保投资预测	(70)
第二节 大气环境影响预测	(71)
一、大气环境影响预测的目的和步骤	(71)
二、基础资料的整理与分析	(72)
三、大气扩散模式的确定	(75)
四、参数的确定	(89)
五、大气扩散研究中的观测试验	(105)
六、大气污染物排放量的预测	(109)
七、大气污染浓度计算	(116)
第三节 水环境质量预测	(117)
一、水环境预测的一般程序和方法	(117)
二、污水排放量预测	(117)
三、接纳水体污染预测	(130)
第四节 噪声预测	(174)
一、工厂噪声预测	(174)
二、交通噪声预测	(176)
第五节 固体废弃物预测	(182)
一、城市垃圾预测	(182)
二、城市粪便预测	(184)

三、工业固体废弃物预测	(184)
第七章 城市环境综合整治规划备选方案的调研与制定	(192)
第一节 地址选择、工艺改造类方案	(193)
一、地址选择方案	(193)
二、工艺改造类方案	(194)
第二节 能源、资源综合利用和合理使用类方案	(196)
一、节能和能源工程	(197)
二、工业节水、综合利用与水污染控制	(201)
三、固体废弃物资源化	(203)
第三节 污染源单项治理处置类方案	(205)
一、水污染源治理	(205)
二、大气污染源治理	(208)
三、有害固体废弃物处理	(210)
四、固定源噪声控制	(211)
第四节 污染源综合治理与集中治理、处置类方案	(213)
一、污染物综合治理	(213)
二、水污染物集中处理	(213)
三、城市垃圾处理	(216)
第五节 城市绿化工程和交通噪声控制方案	(217)
一、城市绿化工程	(217)
二、交通噪声控制	(219)
第八章 城市环境综合整治规划算法简介	(221)
第一节 线性规划算法简介	(221)
一、线性规划的基本概念	(221)
二、线性规划问题的图解法	(222)
三、单纯形法	(223)
四、改进单纯形法	(232)
五、对偶问题	(233)
第二节 整数规划算法简介	(239)
一、整数规划问题的提出	(239)
二、隐枚举法	(241)
三、割平面法	(243)
第三节 混合整数线性规划算法简介	(244)
一、分枝定界法	(245)
二、Benders分解算法简介	(249)
第四节 动态规划算法简介	(249)
一、多阶段决策过程	(249)
二、动态规划模型的构成	(251)
三、函数迭代法和策略迭代法简介	(253)
第九章 规划方法的可实施性研究	(255)

第一节 规划方案的决策分析	(255)
一、决策的内容和步骤	(255)
二、决策的类型	(257)
三、决策模型的建立	(258)
第二节 规划方案的环境效益分析	(262)
一、投资方案的比较与选择	(262)
二、关于费用—收益分析方法	(267)
第十章 城市环境综合整治规划与现行环境管理制度	(272)
第一节 改革不适应的环境管理制度, 强化综合整治的管理手段	(272)
一、改革不适应的环境管理体制	(272)
二、强化综合整治的管理手段	(273)
第二节 充分发挥政府治污, 保护环境的决策作用	(277)
一、实行环境保护目标责任制, 建立以市长为核心的城市管理体系	(277)
二、综合协调城市建设、经济建设和环境建设的关系	(277)
第三节 落实综合整治的资金渠道	(279)
一、对我国环境保护投资的基本评价	(279)
二、环保投资的合理界限 (环保投资比例问题)	(281)
三、资金的渠道	(282)
第十一章 城市环境综合整治规划申报、审批程序及实施	(285)
第一节 城市环境综合整治规划申报、审批的原则	(285)
第二节 城市环境综合整治规划申报审批程序	(286)
第三节 城市环境综合整治规划方案的实施	(288)
第十二章 实例研究简介	(290)
第一节 美国下特拉华河谷环境综合规划简介	(290)
第二节 IPSUEI 简介	(294)
一、IPSUEI 结构简介	(294)
二、IPSUEI 的一般数据描绘	(295)
二、IPSUEI 模块功能简介	(296)
四、IPSUEI 数据需求解析	(297)
第三节 我国北方某市应用 IPSUEI 实例简介	(298)
一、环境综合规划与单独规划的定量比较	(298)
二、水环境和大气环境相关性的定量分析	(298)
第四节 我国南方某市城市环境综合整治最低费用规划研究实施方案	(300)
一、课题由来	(300)
二、课题目的	(300)
三、研究的区域、水平年及污染物控制指标	(300)
四、技术路线	(300)
五、研究内容	(301)
六、提供的科研成果	(308)

七、进度安排.....	(308)
八、经费预算.....	(308)
九、课题组织(略)	(308)
第五节 IPSUEI大型环境规划软件及实际算例简介	(308)
一、求解混合整数线性规划问题算法的发展.....	(308)
二、Benders分解算法的原理	(309)
三、基于Benders分解算法的IPSUEI程序库	(310)
四、IPSUEI程序库在城市环境综合整治最优规划中的应用	(314)
参考文献.....	(315)

第一章 概 论

第一节 城市环境综合整治的重要性

当今世界，人类正面临着一系列的全球性环境问题，例如气候变暖、臭氧层耗损、酸雨、沙漠化、森林消失、物种减少和灭绝，淡水和海水污染、城市环境问题等，而在经济高速发展的今天，世界经济系统越来越成为城市化系统。城市是经济发展的支柱。是贸易、金融、信息和交通的中心。以高经济速度和高人口密度为特征的城市，是环境问题的焦点。实现继续发展，必须解决越来越严重的城市环境问题。

一、世界城市的挑战

——城市人口迅速增长。1950年，世界仅29.2%的人口生活在城市；到2000年，预计将有一半人口生活在城市。在过去的几十年里，由于人口自然增长率提高，以及农村流向城市人口比率的增加，第三世界城市人口以惊人的速度增长，使得城市用电紧张，住房困难，交通拥挤，资源、能源需求量不断增加，环境受到的压力越来越大。

——城市的基础设施较差。以城市污水处理设施状况为例，印度的3119个城镇中，仅有8个城镇有完整的排水和污水处理设施；一些工业化国家的城市基础设施面临陈旧老化的问题，据《我们共同的未来》一书中的预测，在今后15年里，发展中国家必须增加65%的城市基础设施，提高服务和住房能力，才能够维持现有的条件和水平，而政府又无力提供这些基础服务，所以，城市环境危机问题将继续增长。

——城市环境污染严重。大部分国家的主要工业企业均集中在城市。如日本，70%的工厂集中在只占全国国土2%的城市中，现今，世界上每年从城市排出的废水总量约几亿吨，固体废弃物100亿吨，硫氧化物1亿吨以上，氮氧化物4000万吨以上。而且，城市中排放的污染物与海洋污染及酸雨的形成紧密相关。这些环境问题制约着经济的持续发展，并直接威胁人群健康。有人认为世界城市居民每天蒙受的环境伤害，比1984年印度博帕尔发生的化学药品泄漏事件造成的危害还要严重。世界许多发展中国家城市贫民面临的是：他们的孩子在5岁之前，4人中有1人死于营养不良，两个成人中有1个患有肠道寄生虫病或呼吸道传染病。如印度加尔各答市60%人口患有呼吸道疾病；一些国家城市肺癌发病率是对照地区的4~7倍。发达国家城市环境问题早已超出城市界限，大气污染物形成酸雨以及温室气体的排放，造成全球性重大环境问题。

二、中国城市的挑战

中华人民共和国建立以来，特别是十年改革开放以来，加速了城市化的进程。城市的数量由建国初期的132个，到1989年底，全国共有建制市450个，城区人口3.17亿，占全国总人口的28.5%。450个城市中，100万人以上的特大城市28个，50至100万人口的大城市30个，20至50万人口的中等城市116个，20万人口以下的城市276个，由于城市原有的基础设施比较落后，欠帐太多，新增的建设很难跟上城市人口增长和经济发展的需求，基础设施建设仍然落后的情况难以改变。

由于人口的急速膨胀,工业的高度密集,能源消耗的成倍增长,使城市生态系统超负荷承载,大部分城市的环境质量将明显下降。其发展趋势是:

——经济实力比较强的大城市(如京、津、沪、穗),以及耗煤量小的沿海开放城市、旅游城市,通过环境综合整治和污染的集中控制,环境质量会有一定程度的改善。

——大部分中等城市和小城市,往往是在经济实力和基础设施建设能力尚未具备的条件下,城市膨胀便超前形成。由于先天不足,环境恶化的状况短期内很难改变。

——北部缺水的城市,在没有解决远距离调水的情况下,不可避免地会出现水危机。

——一些燃煤量大的综合城市和工业城市,大气环境质量将进一步恶化,酸雨区的范围扩大,危害加重。

——一些新兴的中等城市和历史名城,噪声污染会加重,城区一半的人群将生活的高声级噪声污染的环境之中。

——城市垃圾清运的情况会改善,但无害化处理率很低的情况得不到大的改善,许多城市将被垃圾和工业固体废弃物所包围,成为垃圾困扰的城市。

——未来十年,城市居民住房面积会增多,住房条件也会有一定的改善。但由于盲目流入城市人口的剧增,有些大城市很可能会出现“非法居住区”,形成贫民“棚户”。

正如本章头两节指出,城市环境问题是一个高层次、多方位的极其复杂的问题。它包括诸如城市人口、城市居住条件、城市经济发展策略、城市环境污染及其控制等许多方面,而其中每一个方面又都是一个极大的题目。因此,本书中的城市环境将主要限制在城市环境污染方面。

三、城市环境综合整治的定义和发展过程

城市环境综合整治,是中国国家环境保护局迎接新的挑战而提出的基本方针。所谓环境综合整治,就是在市政府的统一领导下,以城市环境系统为对象,以生态规律和经济规律为指导,应用系统工程的方法,对制约城市环境系统良性循环主要因素、工业污染与城市基础设施建设采取多功能、多目标、多层次、综合的对策和措施进行综合规划、综合治理、综合调控,以最少的投入、最佳的环境、经济、社会效益,进行经济建设、城市建设、环境建设,使城市环境质量达到优异。其基本特点在于:1.它综合运用行政的、经济的、法律的、技术的、教育的多种手段,充分发挥多手段的整体效应;2.它充分利用各种自然环境与社会环境要素的不同功能和某些污染物具有拮抗作用的特性把治理措施等费用减少到最低点;3.它渗透、贯穿于经济、城建、公安司法、文教卫生等部门的工作之中,与基本建设、技术改造、城市建设改造同步解决。

城市环境综合整治,是实践中总结出来的,是保护城市环境的一个重大发展。中国城市环境保护,大体经历了三个主要阶段。

一是点源治理阶段,时间大约在1973—1978年,在这个阶段,主要抓了污染源的治理,如改造锅炉消烟除尘,主要工业污染源污染物的治理以及保护饮用水源的工作。点源治理对解决局部污染起了一定作用,但由于缺乏科学的规划,只干了一些“头痛医头脚痛医脚”的工作,发挥不了环保投资的整体效益。

二是工业污染防治阶段,时间大约在1978—1985年,在总结了第一阶段正反经验以后,人们认识到点源治理不仅控制不了日益发展的污染问题,而且“防不胜防治不胜治”“按下葫芦起来瓢”。1978年国家正式要求对现有布点不合理、危害职工和居民健康的工厂限期治理,限期改产、合并、搬迁,并强调今后严禁在城市上风向、水源上游、居民稠密区、风景

游览区建设有害环境的工厂，从而使城市环境保护工作进入“预防为主，防治结合，综合治理”的新时期。在这个阶段，重点抓工业污染的防与治，着手编制工业污染防治规划并在规划指导下，通过调整工业布局，调整经济结构防治工业污染，并结合工业技术设备改造解决工业污染问题，开始注意综合防治与污染集中控制，这一阶段与点源治理相比有了很大进步，但还仅仅限于工业污染的防治，还没把城市环境当做一个系统进行综合整治。而且大部分工作是由环保部门孤军作战。

三是城市环境综合整治阶段，1983年第二次全国环境保护会议，国务院正式宣布“环境保护是中国一项基本国策”“经济建设、城乡建设、环境建设要同步规划、同步实施、同步发展，做到环境效益、经济效益、社会效益统一”这一发展环保的战略方针为城市环境综合整治提供了理论基础。1985年全国城市环境保护会议正式提出，城市环境要进行综合整治的方针，并明确指出城市环境综合整治要以经济建设、城市建设、环境建设同步发展为指导思想，要求城市政府要把环境综合整治做为一项基本职责切实加强领导。会议还特别强调市长要对城市环境质量负责，城市各部门要分工合作，各司其职，各负其责。从此，城市环境保护进入了环境综合整治的新阶段。

城市为什么要进行环境综合整治？城市是一个复杂的、相对稳定的、开放的人工生态系统，各种环境要素相互依存、相互制约，物质流、能量流在这一人工系统中不断地循环和运动。但是，这个系统是一个非常脆弱的系统，如果控制不好，不管在哪一个环节上出现毛病都会破坏系统的平衡，社会再生产与经济再生产的比例就会失调，整个城市环境就会发生问题。影响系统平衡的因素很多，最主要的是城市的经济活动与生活活动，而这些活动涉及城市各个部门、各个系统，如经济布局、产业结构不合理、工艺设备陈旧、城市基础设施落后、政策不合理、治理跟不上、管理不善，不仅与经济、计划、工业、城建、交通公安、卫生等部门有关，而且与城市政府、市长有关。所以解决如上复杂问题，只靠某个部门、某个环节，解决某一局部问题是不能奏效的，必须在市政府的统一领导下动员城市有关部门，对影响城市环境质量的各个方面，各个环节进行全方位的出击，进行环境的综合整治。

第二节 城市环境综合整治最优规划的重要性

城市环境综合整治规划是进行城市环境综合整治的指南。它贯穿城市环境综合整治的始终，从环境保护的角度出发，对城市的工业布局、经济结构、能源结构和污染控制等重大问题作出全局性的规定，因而具有战略性的重要意义。

与传统的定性的规划工作相比较，最优规划工作所产生的方案要好或好得多，例如投资更省、污染更少……。国内外已有的实际研究工作表明：城市环境综合整治规划不应该是水、水、气、渣等的规划的简单迭加，而是它们的有机耦合；把水、气、渣等环境要素有机地耦合起来进行的规划具有较大的实用经济意义。

美国未来资源研究所Walter O. Spofford等人1975年完成了下特拉华河谷（Lower Delaware Valley）的环境综合整治最低费用规划。他们的计算结果表明：水污染控制费用与大气污染控制费用之间，固体废弃物控制与水、气污染控制之间存在着密切的相关关系。换言之，为达到同一水环境质量所需的污染控制费用，随对大气环境质量要求的提高而增加，为达到同一质量的固废填埋所需的费用，随对水、气环境质量要求的提高而增加。中国环境科学研究院环境管理研究所对我国某市城市环境综合整治最低费用规划工作的研究成果，不仅

证实了上述各环境要素控制费用之间的相关性，而且进一步表明：根据该城市的实际数据，该市水气环境综合规划所需的污染治理费用，比该市水、气环境分别规划所需的污染治理费用之和要少4.44%，强烈地证实了城市环境综合整治规划的重要性和优越性（以上两例将在本书第十二章详细介绍）。

与单环境要素规划相比，环境综合规划的优越性在于至少可以解决以下九个方面的问题。

（1）废水、废气、废渣量的同步性

对于大多数重点工业污染源来说，它既产废水，又产废气，同时还产生废渣。工厂的产量变化往往造成废水量、废气量和废渣量的同步改变，而当工厂采用某种技术改造措施，或者搬迁时，废水量、废气量和废渣量也都同时改变，这种变化的同步性是单一环境要素规划很难表示清楚的。

（2）对有限共用资源的竞争性

对于一个城市或区域来说，它可以利用的资源，例如水、电、煤、油、劳动力等等总是有限的。由于工业污染源之间废水、废气和废渣分布的千差万别，它们的治理往往需投入共用的资源，这些共用资源如何合理分配才能使环境治理费用达到最低而又能保证一定的经济发展是单一环境要素规划所无法解决的。

（3）对经济发展的共同贡献性

经济发展的一个重要表现就是工业产值的提高。一般说来，在技术条件不变的情况下，产值的增加与污染物的增加是成正比的。这些新增加的产值在各企业（大部分是工业污染源）或工业行业中如何分配才能使环境综合治理费用达到最低？由于不同工业污染源的废水、废气及废渣的治理费用存在着差别，这个问题由单一环境要素规划是无法回答的。

当然，经济发展是由很多因素决定的，国家政策、原材料市场的变化、产品市场的变化等等对它都有很大的影响，但是，环境政策作为它的一个影响因素在其它条件相对稳定的情况下是不能不加以考虑的。

（4）环境容量的不一致性

由于环境容量的不一致性，很可能存在着这样一种情况：在某一地区水容量研究表明可以允许有污染的企业发展，而大气容量研究则得出相反的结论，这个矛盾在各自为政的单一环境要素规划中是难以协调的。

（5）废物的可综合利用性

对于某些污染物的治理，可以综合利用不同环境要素污染物，利用它们本身的一些特性进行处理以降低治理费用。例如用碱性废渣来处理酸性废水等等。这种综合利用情况因涉及不同的环境要素污染物的治理，用单一环境要素规划是难以模拟的。

（6）二次污染

由于某一环境要素中污染物的治理可能导致另一环境要素中污染物的增加，例如洗煤脱硫可以减少燃煤烟气中的二氧化硫含量，但却造成水体污染；湿法除尘改善了大气环境，却增加了水体负担等等，这样的二次污染从单一环境要素的规划中是无法预计的。

（7）污染物在不同环境要素之间的迁移转化

（8）环境经济效益的差异性

水环境和大气环境等等的治理效益可能是不同的，这种环境效益的不一致性只有环境综合规划才能有效地反映出来。例如，同一工厂万元产值的废水、废气、废渣的治理费用可能

差别很大。由于环境经济效益差异性的客观存在，单一环境要素规划的结果可能互相矛盾。例如一个工厂废水的排放量小且处理费用低、废气的排放量大且处理费用高，此时，水环境规划的结果将增加该厂生产，而大气规划结果则是降低该厂生产。

（9）大系统的投资最小化

一般说来，系统越大，也就是说规划的空间越大，它所考虑的问题越全面，越能找到接近实际的最优解。水环境规划和大气环境规划以及固体废弃物管理规划只能分别解决各环境要素的污染治理投资最小化问题，而环境综合规划的规划空间比这三者都要大得多，甚至比这三者之和还要大，所以可以解决大系统的投资最小化问题。

与传统的将单个的或少数几个的污染源作为一个规划空间的做法相比，水环境规划或大气环境规划将规划空间扩大到一个流域或一个城市，将许多个（上千个、上万个甚至更多）过去不可能进行比较、选择的方案进行比较和选择，从中确定最优的方案，因而大大地节省了投资。环境综合规划则更进一步扩展规划空间，在更多的方案中进行比较和选择，因而具有更大的经济效益。

下面用一个简化的例子来直观地说明环境综合规划的优越性。

例1-2-1:某市有四家工厂，技术经济资料如下表，问怎样用最小的污染治理费用达到增加产值100万元的任务？

工厂性质	只产废水		只产废气	
工厂编号	1	2	3	4
万元产值产污量（吨/万元）	5	4	2	4
单位污染物治理费（万元/吨）	1	2	1	2

水气分别优化：

工厂性质	只产废水		只产废气	
产值分配（万元）	50		50	
工厂编号	1	2	3	4
产值优化分配结果（万元）	50	0	50	0
污染物量（吨/日）	250	0	100	0
治理费（万元）	250	0	100	0
总治理费（万元）	350			

水气综合优化：

工厂性质	只产废水		只产废气	
工厂编号	1	2	3	4
产值优化分配结果（万元）	0	0	100	0
污染物量（吨/日）	0	0	200	0
治理费（万元）	0	0	200	0
总治理费（万元）	200			

第三节 城市环境综合整治规划概论

一、环境规划的历史和发展趋势

环境规划是一个非常新的领域。它随着运筹学理论、计算机技术的成熟以及工业发达国家日益严重的环境危机而发展起来的。

在二十世纪六十年代,公众对环境退化的关注增加了,同时,许多国家加强了环境质量的系统规划,控制水和大气污染的努力得到很大发展,建立了新的法律和管理条例,要求政府机构解决其决策对环境的影响。有关人类活动对环境的影响不断增长不断关注的结果,导致开拓了一个新的领域——环境规划。在七十年代后期,创办了若干新的环境规划杂志和专业组织,例如美国国家环境专业学会和国际影响评价学会等。

一般认为,环境规划是一个包含经济、工程、地理、地质、运筹学和计算机软件科学等多种学科的领域。虽然这个领域的某些方面已很好地创立,但就整体而言,环境规划的性质仍处于演化之中。

工农业迅速发展与保护环境的不协调是造成近代环境污染和破坏的主要原因。不仅发达国家如此,全世界的趋势也是如此。六十年代到七十年代中期是资本主义国家工业发展最快时期之一,随着城市化的发展,环境污染也随之成为它们严重的社会问题。正因为如此,各国不得不把环境问题作为紧迫而重要的问题加以认真对待和处理。从七十年代起,发达国家普遍重视环境规划的研究,以期使国民经济和社会发展与环境保护相协调。

在国外环境规划研究中系统越连越大,模型越连越细,大规模线性规划和整数规划得到普遍应用,把各环境要素综合起来考虑,即城市环境综合整治规划是一种趋势,把环境治理和经济发展以及能源与资源的使用结合起来考虑又是一种趋势。

所谓城市环境综合整治规划指的是应用系统工程的方法对城市的整个环境系统进行统一的分析研究,对各项可能影响环境质量的工程、方案等进行比较和选择,以求以最少的投入来达到最优的环境、经济和社会效益。城市环境综合整治规划应包含两个层次的综合。一是各环境要素内部的综合,即点源治理、面源治理和集中治理的综合;二是各环境要素之间的综合,即水环境保护、大气环境保护和固体废弃物管理等的综合。

环境综合规划由于其所具有的优越性,在国内外越来越受到重视,其应用也日渐广泛。美国下特拉华河谷的环境综合规划早在七十年代就已完成,而我国的九江市、马鞍山市、河南省辉县市、新疆石河子市最近也都完成了城市环境综合整治规划。

我国的环境规划工作起步较晚。直到八十年代才有人进行这方面的研究工作。但是经过近十年的发展,已经取得了很大的成绩,特别是近年来通过学习国外的先进经验,不仅是在理论水平还是实际模拟技术以及优化计算等方面与发达国家的差距均已大大缩短。

二、环境规划方法论简介

环境规划的主要方法有教学规划中的线性规划、整数规划、混合整数线性规划和动态规划等。

在七十年代,好几个国家都模仿经济投入产出模型,建立了污染物排放的投入产出模型,以求把经济发展、能源和资源的使用与环境质量管理结合起来。但是由于收集基础资料中占用了大量的时间和精力,而且采用不变的系数不能正确代表生产的关系和环境质量的影响。特别是在产出变化范围较大的时候。在涉及大量的变量和选择时,迭代过程对决策者来

说是麻烦的，甚至可能是无效的。因此这种方法在后来的环境预测和规划中并没有得到普遍的应用。而数学规划方法却由于其本身具有的灵活、方便特性得到了普遍的应用。

在荷兰，为里津蒙得（Rijnmond）地区设计大气质量管理方案中，广泛地应用了线性规划方法。在Müller的一个研究中，通过现有活动的收入最大，找到这个地区最优的生产经济结构。引入的约束条件是由投入产出矩阵确定的劳动力供应、农业产出和中间产品的需求。这个模型指出1965年劳动力的重新分配会带来更有效的生产方案。总收入能达到16184百万荷兰盾，而不是实际的7614百万荷兰盾。把污染物排放系数和经济上最优的生产结构相乘可得到二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物、氟化氢、颗粒物等五个污染物的排放量，然后使用一个扩散模型把这些排放量转化为这个地区不同接受点的环境浓度，接着引入不同接受点的大气浓度标准，在这些标准和原经济约束条件下使收入最大。由于没有假设可供选择的污染物排放技术，所以只有通过改变生产的组成才能满足环境质量的约束条件。在求出的最优情况下，地区的收入可高于实际的收入，但与没有环境质量约束的最优的经济解相比，收入水平要少得多。

该模型得到的另一个结论是，从1965年的实际生产水平转变到最好的经济—环境质量解时，劳动力仍然会全部得到使用。于是仅仅通过资源的再分配，就能在不引起失业或遭受实际收入下降的情况下，使环境质量得到改善。

一般线性规划方法对污染治理技术的限制之一是可能选择多种工艺过程来满足规定的产量。但从工程学观点来看，这是不可行的。因为实际上通常只是采用一种治理工艺。改进模拟过程的一个办法就是采用整数规划或混合整数线性规划的方法来处理。

伯顿和桑佳使用整数规划模型研究美国堪萨斯市区控制大气质量的费用效益分析。重点集中在减少燃煤排放的二氧化硫和颗粒物。检验了减少废弃物排放量的各种技术措施，总共模拟了17种不同的减少废弃物排放方案。伯顿和桑佳使用计算寻优方法检验各种可行的组合，及其有关的费用和排放水平。引入一个扩散模型以确定空间的环境浓度，探讨了达到指定大气环境质量标准的最小费用法。

中国环境科学研究院环境管理研究所在河南省辉县市的城市环境综合整治规划中，采用混合整数线性规划的方法，利用整数变量来模拟各项治理措施和大型市政工程的选择等问题，而用连续变量来模拟流量、管道等问题，通过这两者的结合达到非常令人满意的模拟结果。

上述的线性规划、整数规划和混合整数线性规划是环境规划中常用的三种静态的数学规划方法。作为环境规划常用的另一技术是动态规划，在对具有相互作用，时滞和非线性的系统进行研究时，这个技术非常有用。

委内瑞拉博利瓦州雷欧卡诺尼（Boliver Rio Caroni）河流域的发展研究就是一个值得注意的应用实例。雷欧卡诺尼河盆地是一个规模极大的水电规划流域。研究人员建立了一个盆地的数学模型来描述降雨、土壤、植被、水流和土壤侵蚀之间的相互作用，然后引入影响植物覆盖率的两种使用土地的生产活动：森林采伐速率和农业取代的森林土地面积。最后对这两种活动的25个组合进行模拟，评价其在50年中对木材生产、农作物产量和电力生产的影响。

三、不同类型的环境规划具有不同的涵义

目前在国内由于环境污染的日益严重，不仅大城市、大区域搞环境规划，绝大部分的小城市也都搞了环境规划。基于不同的实际情况，各种规划也千差万别，但归纳起来大致可

分为三大类型：一是基于时间上考虑的环境规划；二是基于空间上考虑的环境规划；三是综合考虑时间和空间的环境规划。不同类型的规划由于其侧重点的不同，因而具有不同的涵义，应用对象也不同。

基于时间上考虑的环境规划，其侧重点是污染的时间分布，而对污染的空间分布只作粗略的考虑。这种类型的环境规划往往比较粗，主要用于计划部门，是为管理服务的。如果能够把握住污染的时间分布，就可以对各主要的工业污染行业和城市居民生活污染问题提出具有宏观指导意义的环境发展战略，并制定相应的法规和政策。

基于空间上考虑的环境规划，其侧重点是污染的空间分布。这种类型的规划是为应用服务的。它所考虑的只是如何以最经济的方式控制和改善本地区的环境状况。

基于时间和空间上考虑的环境规划，综合了以上二大类型环境规划的特点。从高层次来说它可以为管理部门提供决策支持，从低层次来说它可以给规划区提供一套经济可行的污染控制方案。但是，由于同时考虑了时间因素和空间因素，也就增加了问题的复杂性和求解难度。本书介绍的城市环境综合整治规划方法主要是这种类型的规划形式，以求最精确地模拟实际情况，同时为管理和应用服务。