

环境规划： 回顾与展望

吴舜泽 徐 毅 王 倩 主编

ENVIRONMENTAL PLANNING
REVIEW AND OUTLOOK

中国环境科学出版社

环境规划：回顾与展望

中国环境科学学会环境规划专业委员会

2008 年学术年会优秀论文集

主编 吴舜泽 徐 毅 王 倩

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

环境规划: 回顾与展望/吴舜泽, 徐毅, 王倩主编. —北京:
中国环境科学出版社, 2009.4

ISBN 978-7-80209-976-0

I. 环… II. ①吴…②徐…③王… III. 环境规划—文
集 IV. X32-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 042555 号

责任编辑 黄晓燕 孔 锦
责任校对 扣志红
封面设计 龙文视觉/陈莹

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2009 年 4 月第 1 版
印 次 2009 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 27.5
字 数 600 千字
定 价 46.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序

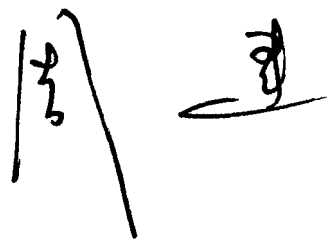
改革开放初期到“十一五”期间,随着我国经济社会和环境保护工作的不断深入发展,我国环境保护规划研究和实践工作取得了长足发展,呈现了一些新的发展态势和特点,对推动环境保护工作起到了全局性、战略性的指导作用。与此同时,我们应该清醒地认识到,现有的环境保护规划缺少整体布局思想,尚未充分融入经济、社会、文化建设中,需要进一步开拓视野,着力进行政策方法创新、强化规划的宏观调控、综合决策和公共服务功能,构筑法制、规划、标准、信息、公众参与等平台,积极把握战略机遇,加强环境保护与政治、经济、文化、社会建设的统筹、协调与融合,推动环境保护的历史性转变。

在全球性金融危机的严峻形势下,我国面临的环境形势和经济发展压力是前所未有的。“十二五”时期是我国全面小康建设的关键时期,也是需要环境保护规划着力解决重大问题的关键时期。每位环境保护工作者都要深刻认识目前所处的历史阶段和历史使命,以科学发展观为指导,把握历史发展、客观自然、科学发展的规律,顺应时势、通于时变、行循时律,准确把握面临的形势和任务,正确认识当前历史时期环境保护发展阶段的主要特征,开展环境保护的体制、机制等各项深层次问题的研究,超前谋划“十二五”前期研究,进一步完善目前的环境保护规划体系,不断探索社会主义市场经济条件下的有中国特色的环境保护道路,促进国家经济结构调整,提升经济发展质量,打破资源环境对经济发展的“瓶颈”制约作用,推进全面协调可持续发展。

中国环境科学学会环境规划专业委员会自成立以来,以普及环境规划科学知识、推广先进技术、提供技术咨询服务、促进环境规划理论发展为

使命，致力于推进我国环境规划理论研究和实践探索。希望今后继续抓好抓实包括环境规划在内的环境基础能力建设，为加强环保基础能力建设出谋划策，积极发挥在国内外环境规划学术交流活动中的平台作用。

本书是从环境规划专业委员会 2008 年学术年会百篇论文中选出来的优秀成果集结，重点围绕环境规划技术方法、规划理论与实践、“十一五”规划中期评估、“十二五”规划展望四个专题展开探讨，整合了国内有关环境规划的前沿研究和探索，希望能为国内环境管理者提供决策依据，为环境保护工作者提供技术参考，促进我国环境规划管理体系的进一步完善创新。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '周建' (Zhou Jian).

目 录

第一篇 技术方法

线性规划方法在环境容量资源分配中的应用	王金南 等 3
四川省汶川地震灾区环境承载力评估	钱 骏 等 10
生态规划实效性评价指标和实践研究	何 佳 等 17
流域生态服务功能价值评价研究	马 放 等 23
区域循环经济规划的概念与方法	张天柱 29
编制城市生态建设规划的基本要点	包景岭 等 36
江苏省沿海海域水环境容量计算及应用	逢 勇 等 42
环境规划方案筛选费用-效益分析的特点及一般模式	昌敦虎 50
《国家环境保护“十一五”规划》中期评估技术研究	周劲松 等 55
流域水环境保护规划指标体系设计研究	王 田 等 61
GIS 在环境规划中的应用	邢 佳 70
Kendall 系列非参数检验方法在区域水质年际变化趋势研究中的应用	于 雷 等 74
TMDL 方法和环境流量在水环境保护规划中的应用研究	贺 涛 等 80
生态工业园物流网络规划研究	温 娟 等 85
区域水资源利用潜力水质水量评价模型及应用	姚 荣 等 91
生态工业园区系统柔性评价模型的方法研究	秦晓玲 等 98
矿山废弃地景观规划的方法体系研究及应用	赵 林 等 103
应用生态足迹研究可持续发展	邓 雄 109

第二篇 规划实践

水环境规划与设计问题的探讨	海热提 119
---------------------	---------

中国流域水污染防治规划方法体系与展望	李云生 等	123
中国流域水环境保护规划体系设计	宋国君 等	131
基于主体功能区划的规划布局优化调整方法研究	曾维华 等	138
武汉城市圈“两型”社会建设试验区生态环境规划研究	吕文艳 等	149
环境规划中的环境风险管理规划案例探讨	李明光	155
山东省造纸工业水污染物排放标准实施绩效分析	谢 刚 等	162
江苏省良好生态区域的创建与规划对策研究	李杨帆 等	167
福建省海洋环境保护规划中存在的主要问题及对策研究	欧阳玉蓉 等	173
基于 RS 与 GIS 分析广州市热岛空间格局与规划对策	叶长青 等	178
循环经济发展规划编制框架设计	曾维华 等	185
江浙地区二氧化硫排污权交易的特点及启示	于卿婵 等	192
区域水资源承载力计算方法研究	黄 莹 等	197
建立四川省汶川地震灾区生态补偿机制案例研究	邱 凌 等	203
国内城市生态规划研究与发展初探	徐玉裕 等	207
基于生态足迹方法对北京市昌平区生态承载力分析	赵欣胜 等	216

第三篇 国际经验

建立以健康目标为核心的环境保护规划体系	王金南 等	225
利用环境规划促进我国绿色经济发展	葛察忠 等	232
美国环保战略规划对我国环保规划工作的启示	於 方 等	239
发达国家流域水环境保护规划制度分析	宋 宇 等	250
日本环境规划的理念与系统框架	徐建玲 等	256
荷兰环境规划：经验及借鉴	刘 慧 等	261
国内外生态工业园实践及其最新研究进展	王 震 等	268
中国太湖和日本琵琶湖流域水环境保护规划比较	吴雅玲 等	274
中美环境规划比较研究	詹歆晔 等	281
莱茵河工业污染治理对我国长江流域的启示	郁亚娟 等	288
发达国家城市环境保护对中国环境规划和保护的借鉴	林 天	294

壳牌环境战略的演进及其启示	闫 娜 等 301
---------------------	-----------

第四篇 “十二五” 展望

国家环境保护规划的回顾、分析与展望	邹首民 等 309
环境规划的战略转变	许振成 等 318
转型期中国环境规划面临的困境与出路	毕 军 等 324
国家层面的环境保护规划相关问题探讨	郭怀成 等 329
我国大气环境保护规划回顾与展望	杨金田 等 336
关于国家环境保护“十二五”规划编制的若干建议	吴舜泽 等 345
《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》实施评估	孙 宁 等 350
基于区域发展主体功能区的国家环境功能区划体系研究	彭晓春 等 357
各省环境保护“十一五”规划分析	贾杰林 等 364
“十二五”环保规划实施的保障措施分析	聂英芝 等 370
海河流域水资源与水环境综合管理规划的初步设想	余向勇 375
三峡库区及其上游水污染防治规划贵州省实施计划研究	赵吉发 381
海南省农村环保规划探讨	邢 巧 等 390
江苏省“十二五”环境保护规划指标体系初探	程 炜 等 395
吉林省环境保护“十一五”规划中期评估	包丽艳 等 403
河北省把环境保护内容融入城市总体规划的建议	万宝春 等 408
新疆环境规划编制与实施现状调查分析	马俊英 414
县级生态市建设规划案例研究	肖乃东 等 419
论公众版环境规划的设计和编制	马 静 426

线性规划方法在环境容量资源分配中的应用

王金南^{1*} 潘向忠²

(1 环境保护部环境规划院, 北京, 100012; 2 杭州市环境科学研究院, 杭州, 310014)

摘要: 分析了最优化数学方法, 尤其是线性规划方法在环境容量资源分配规划中的若干种应用类型, 提出了相关的目标函数模型和约束条件模型以及建立模型的基本步骤; 以大气环境容量资源分配为案例, 建立了大气环境容量分配优化线性规划模型及其边界约束条件。计算表明, 线性规划最优化方法是解决区域大气环境容量资源分配的科学可行的方法。

关键词: 线性规划 大气环境容量 环境规划 环境数学模型

最优化方法是数学模型与应用科学技术结合的产物。最优化问题主要包括线性规划方法、约束条件下的优化、无约束条件下的优化、线性约束下的二次规划、离散规划优化、整数规划优化、多目标规划优化等内容^[1, 2]。最优化方法中, 目前应用最广泛、最成熟的是线性规划方法。1939 年, 康托洛维奇首次把线性规划应用于工业生产。1947 年, G. B. Dantzing 提出了单纯形方法后, 线性规划便迅速形成了一个独立的理论分支。N. Karmarkar 于 1984 年提出了线性规划求解的内点算法^[1, 2]。这些标志着最优化方法, 尤其是线性规划方法为实际应用提供了很好的基础平台和技术方法。

环境规划是环境管理中的重要环节和组成部分。传统上, 环境规划方案优化选择采用有限离散情景方案比较方法, 最后选取相对较优的方案作为实施或推荐方案^[3, 4]。随着最优化数学规划方法的问世, 从 20 世纪 70 年代以来, 国外一些研究机构相继采用线性规划方法开展环境规划研究^[3, 4], 把线性规划方法应用于流域污染控制规划^[5]。20 世纪 90 年代初以来, 中国环境科学研究院的研究人员应用线性规划方法开展了若干城市的环境规划优化模型以及总量控制规划研究, 提出了求解大规模环境综合整治整数规划 IPUSE 模型^[6-9], 最优化方法在环境规划中的应用取得了空前的发展。近年来, 随着全国大气和水环境容量测算和污染物排放总量分配工作的推进, 中国环境规划院与有关单位相继开展了环境容量分配规划问题与计算方法的研究^[8]。

本文主要对最优化方法在环境规划与管理中的应用做分析, 提出不同类型环境规划问题的最优化模型内容, 结合全国环境容量计算与分配任务, 以大气环境容量资源分配为案例, 建立大气环境容量资源分配优化线性规划模型。

* 基金项目: 国家“十五”科技攻关课题(2003BA614A-03)。

一、环境规划最优化概念模型

（一）环境规划最优化问题类型与特点

由于环境容量资源的有限性，现实中环境规划最优化问题一般情况下都是约束条件下的最优化问题。根据目标函数的特点划分，主要有以下 4 种类型：① 区域污染削减费用最小化下的污染物削减量分配问题；② 区域环境容量资源利用最大化下的污染物排放总量分配问题；③ 区域环境影响最小化或环境质量最优下的污染物削减量分配；④ 区域污染物削减量最小化下的污染物排放总量分配问题。实际中，最常见的是前面两种规划问题。

环境规划最优化问题有以下特点^[6, 8-11]：① 规划目标的多重性。最优化目标既可能是单目标也可能是多目标，如区域污染削减费用最低和环境影响最小。② 规划变量非连续性。由于规划约束变量的特点，规划变量经常是 0~1 整数变量或者是离散变量，或者是变量值都是已经给定的离散方案取值。③ 环境影响的线性假设。一般来说，污染源之间影响传递函数通常都是非线性的，但是在特定的区域气象和水文条件下，可以近似假设为线性关系。④ 削减费用的线性假设。一般来说，单位污染削减费用与污染削减量之间存在边际递增关系，通常是二次递增函数关系。但是，对于特定的区域环境规划问题，为简化规划问题模型和降低规划问题的复杂性，一般采用平均削减费用系数，也就是削减费用与削减量之间存在线性关系。⑤ 建立规划模型的前期技术工作比较繁杂。主要表现在削减费用系数确定、环境影响传递（函数）系数确定、污染源削减方案确定、削减布局等。⑥ 规划最优化方法专业性。目前，一些研究单位已经针对环境规划中独特的污染削减量分配、污染物排放总量分配、环境管理决策等优化问题开发出一些专业软件，并得到了应用^[7, 9, 10-16]。

在环境规划最优化问题中，约束条件主要有以下 7 种类型：① 环境质量约束，即必须满足达到环境质量目标要求；② 排放标准约束，即污染源必须达到国家或地方排放标准；③ 排放总量约束，即污染源必须满足相应的地方排放总量削减要求；④ 削减规模与削减效率约束，即对于特定的污染源污染削减，由于削减规模经济效率和削减技术的要求，对削减规模或者削减效率给出一定范围要求；⑤ 污染布局约束，即根据区域环境容量资源的特点对污染源削减的地理布局提出要求；⑥ 污染削减社会经济权重约束，即根据区域社会经济发展水平和人口布局对污染削减给出要求；⑦ 削减技术约束，即某些污染物的削减技术还不成熟，可能存在零削减方案。在环境规划优化问题中，最重要和最常见约束是前 4 种约束，尤其是第①和第③种约束在大部分环境规划中都会出现。

（二）环境规划中的线性规划概念模型

本文主要以区域污染削减费用最小化和区域环境容量资源利用最大化两种规划类型为背景，提出相应的概念模型。

（1）区域污染削减费用最小化模型^[14, 15]。该模型选取污染源的污染物削减量为决策变量，目标函数为所有污染源所有污染物的削减费用总和最小，约束条件包括污染物最

低削减量、环境质量要求以及变量非负要求。该问题的模型如式 1:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m f_{ji}(x_{ij}^0 - x_{ij}) \leq S_j^a \quad (3)$$

$$x_{ij}^0 \geq x_{ij} \geq x_{ij}^l \quad (4)$$

$$(i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n)$$

式中: x_{ij} —— 第 i 个污染源第 j 种污染物削减量, t/a;

x_{ij}^0 —— 第 i 个污染源第 j 种污染物产生量, t/a;

x_{ij}^l —— 第 i 个污染源第 j 种污染物最低削减量, t/a;

c_{ij} —— 第 i 个污染源第 j 种污染物削减费用系数, 元/t;

b_j —— 区域第 j 种污染物最低削减量; t/a;

S_j^a —— 第 j 种污染物环境质量控制平均浓度标准, g/m^3 ;

f_{ji} —— 第 i 个污染源第 j 种污染物的环境质量影响传递系数。

如果是污染源削减方案已经给定, 那么上述规划问题就变换成为离散线性规划问题^[7], 可以用式 5~式 7 模型表述 (以单一污染物为例):

$$\text{Min } P = \sum_{j=1}^n P[j, k(j)] \quad (5)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^n A(i, j) \times B[j, k(j)] \leq S(i) \quad (6)$$

$$S(i) > 0 \quad (7)$$

$$(i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n)$$

$$k(j) \in \{1,2,\dots,L(j)\}$$

式中: $P[j, k(j)]$ —— 第 j 个污染源采用第 $k(j)$ 个技术措施的削减费用, 元/a;

$A(i, j)$ —— 第 j 个污染源对第 i 个控制点的影响系数;

$B[j, k(j)]$ —— 第 j 个污染源采用第 $k(j)$ 个技术措施时的排放量, t/a;

$S(i)$ —— 第 i 个控制点环境质量控制指标值, g/m^3 ;

$L(j)$ —— 第 j 个污染源削减的方案数;

m —— 控制点的个数;

n —— 污染源的个数;

$k(j)$ —— 第 j 个污染源削减采纳的方案号;

$L=\text{Max}\{L(j), j=1,2,\dots,n\}$ 表示本规划问题中的最大方案数。

从上述离散规划数学模型可以发现, 要求解离散规划的最优解其关键是如何确定 $k(j)$, 也即每一污染源被优化的削减方案号。同时, 为了求解离散规划对模型数据有如下的约定: 同一污染源其排放量与削减费用是一一对应的反序映射关系, 也就是说, 排放

量从小到大排列，而削减费用则从大到小排列。

(2) 区域环境容量资源利用最大化模型^[16, 17]。区域环境容量资源利用问题可以归结为如下问题：即如何在满足现有污染源格局（数量和相对位置）不变、各污染源的排放量在一定范围之内，以及特定气象和水文条件下的污染物排放等约束条件下，尽可能有效地使用大气环境资源，在满足环境质量的条件下使得区域的污染物排放量最大。

在这个问题中，环境容量资源利用的目标是污染源排污量的最大化，约束条件是使各控制点满足环境目标值，且各污染源的排放量在一定范围之内。以单一污染物而言，选择各污染源的允许排放量 Q_i 为决策变量，目标函数为各污染源的允许排放量 Q_i 之和最大，约束条件确定为各污染源的允许排放量 Q_i 非负且受最大排放量限制。模型表述如式 8~式 10：

$$\text{Max } Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (8)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^m f_{ji} Q_i + c_{0j} \leq c_{sj} \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

$$0 \leq Q_i \leq D_i P_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

式中： Q ——所有污染源排放量的总和，g/s；

Q_i ——第 i 个污染源的源强优化允许排放量，g/s；

D_i ——第 i 个污染源的行政权重系数， $0 \leq D_i \leq 1$ ，特殊情况 D_i 可以大于 1，一般取 1；

f_{ji} ——第 i 个污染源对控制点 j 的传递函数，s/m³；

c_{0j} ——第 j 个控制点的污染物本底浓度，g/m³；

c_{sj} ——第 j 个控制点的环境标准值，g/m³；

P_i ——第 i 个污染源的上限排放量，g/s；

m ——环境质量控制点个数；

n ——污染源个数。

二、大气环境容量资源分配案例

(一) 大气容量资源优化配置模型

以大气环境容量资源分配为例，为简便起见，把污染源划分成面源（网格源）、点源两种类型，选取 SO₂ 和 NO_x 两种污染物，第一、(二) 中的环境容量资源分配利用最大化模型就可以表述如式 11：

$$\text{Max } Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (11)$$

式 9 和式 10 的线性规划约束方程组展开如式 12 和式 13：

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1j} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2j} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_{i1} & f_{i2} & \cdots & f_{ij} & \cdots & f_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mj} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_i \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{01} \\ c_{02} \\ \vdots \\ c_{0j} \\ \vdots \\ c_{0m} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} c_{s1} \\ c_{s2} \\ \vdots \\ c_{sj} \\ \vdots \\ c_{sm} \end{bmatrix} \tag{12}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_i \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} D_1 & & & & 0 \\ & D_2 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & D_i & \\ & & & & \ddots \\ 0 & & & & & D_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_i \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} \tag{13}$$

式中符号意义同前。

线性优化时，如不对各源的最大排放量加以限制，则将出现个别或少数几个污染源排放量可能很大，绝大部分污染源排污量都要削减到 0，这显然是不合理的。为此，需要对各源的最大允许排放量加以限制。笔者在总结全国环境容量计算经验基础上，对以下 4 种方案作了比较分析（表 1）。

对于线性规划模型最优解的算法在此不详细讨论，本文采用美国芝加哥 LINDO(Linear Interaction and Discrete Optimizer) 公司研制的 LINGO 软件。该软件是解线性规划模型、整数规划模型、二次规划模型的强有力的工具，并可以进行灵敏度分析。

表 1 环境容量分配规划排污上限方案

编号	上限方案	优点	缺点
A1	现状排放量	能够达到优化的目的	以超标削减为目的，没有考虑部分源强可以增加
A2	排放标准允排量	能够达到优化、浓度控制的目的	部分污染源允排量太大，与 A-P 值法结果相差较大，没有达到 P 值控制的目的
A3	A-P 值法计算的允排量	能够达到优化、P 值控制的目的	少数污染源没有达到浓度控制目的
A4 (中国环境规划院推荐)	基础允排量（即排放标准计算的允排量与 A-P 值法计算的允排量中的较小者）	能够达到优化的目的，并使分配允排量的起点公平，也符合总量控制、P 值控制和浓度控制三者相结合的污染控制方针	优化后，少数污染源企业需要削减到零排放，操作可行性有待管理部门配合和实际检验

（二）大气环境容量优化计算成果

本规划中污染源个数为 1 286 个，其中点源 824 个，面源（网格源）462 个，控制点为 50 个，传递系数为 64 300 个。采用上述模型，并综合运用 ADMS-Urban 大气扩散模型、APW 基础模型，以 2003 年为基础年，计算得到某市区 SO₂ 和 NO_x 污染物大气环境

容量资源分配优化结果（表 2）。

表 2 某市区大气环境容量优化分配（线性规划法 A4） 单位：t/a

污染物	现状排放量			环境容量最优分配方案		
	面源	点源	合计	面源	点源	合计
SO ₂	9 062	93 225	102 287	12 981	89 134	102 115
NO _x	15 230	138 237	153 467	21 022	126 523	147 545

（三）大气环境容量分配结果校验

采用中国环境规划院 A-P 值模型^[8]对市区大气环境容量计算分配结果进行了校验,A-P 值计算结果见表 3。由表 2 与表 3 可知,两种方法得到的各类污染物环境容量分配结果基本一致,SO₂ 和 NO_x 的相对偏差(以 A-P 结果为基准)分别为-14.0%和-0.2%,所出现的偏差符合环境容量计算方法之间的逻辑关系,即 A-P 法计算结果比其他方法略微偏大。

表 3 某市区大气环境容量分配测算(A-P 值模型) 单位：t/a

污染物	现状排放量			环境容量分配方案		
	面源	点源	合计	面源	点源	合计
SO ₂	9 062	93 225	102 287	29 700	89 100	118 800
NO _x	15 230	138 237	153 467	37 000	110 900	147 900

三、结语

- (1) 分析了最优化方法在环境规划中的应用现状和发展趋势,尤其是线性规划方法是解决污染削减费用最小化和环境容量资源利用最大化问题的重要方法。
- (2) 提出了环境规划最优化问题比较常见的 4 种类型,归纳分析了环境规划最优化问题的 6 个特点以及环境规划最优化问题中 7 种类型的约束条件。
- (3) 以区域污染削减费用最小化和区域环境容量资源利用最大化两种规划类型为背景,提出了相应的环境规划优化概念模型。
- (4) 提出了某市大气环境容量资源分配模型,识别出相应的模型参数,运用 LINGO 软件计算了面源、点源两种污染源类型、1 286 个污染源、SO₂ 和 NO_x 两种污染物环境容量的最优分配结果。
- (5) 对上述优化计算结果与中国环境规划院推荐的 A-P 值法计算结果进行了比较,认为容量分配资源优化结果可靠可行。
- (6) 利用线性规划方法解决环境规划问题,主要困难是如何把许多非线性约束转化为线性约束。由于约束条件相对简化,容量分配优化结果出现偏大的结果。

参考文献

- [1] 韩继业, 黄红选. 最优化方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [2] 束金龙, 闻人凯. 线性规划理论与模型应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 过孝民. 环境规划与方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [4] 过孝民, 张慧勤. 环境经济系统模型与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [5] Walter Spofford, Clifford S. Russell and Robert A Kelly. Environmental Quality Management Application to the Lower Delacoare Valley[M]. Washington DC: Resources for the Future, 1976.
- [6] 段宁, 马建勋, 等. 城市环境综合整治最优规划方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [7] 胡炳清. 总量控制中的离散规划[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [8] 潘向忠, 王泉源, 等. 大气环境容量计算方法与应用实践//大气环境科学技术研究进展——第 11 届全国大气环境学术会议论文集, 2004. 10: 110-120.
- [9] 段宁. 大规模系统优化方法在环境规划中的应用前景分析[J]. 环境科学研究, 1989, 12 (4): 96-99.
- [10] 孙启宏, 乔琦, 薛萍. 城市环境实用决策支持系统 (UEDSS) 的研制[J]. 环境科学研究, 1994, 17 (4): 51-54.
- [11] 于连生, 等. 模糊规划模型在污水治理费用计算中的应用 [J]. 环境科学研究, 1989, 12 (4): 85-92.
- [12] 王金南. 国家环境质量决策管理支持系统的研制与开发[J]. 环境科学研究, 1991, 14 (6): 25-28.
- [13] 王金南. 离散多准则最优化决策模型在 NEQDSS 中的应用[J]. 环境科学, 1992, 13 (4): 16-19.
- [14] 陈文颖. 大气污染总量控制规划方法与智能决策支持系统[D]. 清华大学博士论文, 1996.
- [15] 陈全辉, 肖冬荣. 对偶线性规划模型在大气污染物最优化控制中的应用 [J]. 重庆环境科学, 2002, 24 (2): 52-55.
- [16] 李凤娟. 线性规划在大气污染物总量控制中的应用研究[J]. 内蒙古环境保护, 2002, 14 (3): 45-46.