

天津市城市生态系统与污染 综合防治的研究*

天津市环境保护局

天津市城市生态系统与污染综合防治的研究,以城市生态系统的理论为指导,应用经济生态学、系统工程的研究方法,通过环境及社会调查、大规模的野外试验、实验模拟与数学模拟,系统地揭示了天津市城市生态系统的现状及其规律;揭示了系统中经济发展、资源利用、环境污染三个子系统间的关系,为制定城市总体规划、城市经济发展规划、城市环境保护规划,为保持天津市城市生态系统的良性循环提供了科学的决策依据;建立了经济效益、社会效益、环境效益统一的、系统的环境综合防治模型和环境综合整治规划;发展了一系列的环境管理实用技术和多项环境治理技术;而且在生态学理论,环境科学理论与方法的研究方面也取得了进展。

参加本课题研究工作的单位有 22 个,主要科技人员 300 多人,涉及学科几十个。另外还有 40 多个单位,7000 多人参加各种调查工作,获得实验、监测数据数百万个。收集的数据量 1000 多万个。课题研究结果提出了 170 多项研究报告,约 800 多万字。本文为该课题研究的总体概况。

一、研究方法

1. 用生态学的方法来研究城市的环境问题

天津市的环境问题产生的根本原因在于经济建设与城市建设、环境建设不协调。因此,随着天津市经济的发展,出现了人口拥

挤、资源短缺、环境污染等一系列城市生态问题。但是,城市总是要发展的,天津市是经济型城市,发展经济是维持天津城市生态系统的根本条件。天津市经济规划的总目标是到本世纪末实现工农业总产值翻两番。这就给环境研究提出了一系列课题:如何发展天津市的经济(结构、布局、目标)才能够既发展经济又维持城市环境的良好状态;如何使经济建设与城市建设、环境建设同步进行;合理的环境目标的确定和环境投资等等。这些问题的解决都要求把城市作为一个大系统,即城市生态系统来进行分析,用生态学的方法来研究城市的环境问题。

2. 利用经济生态学的方法研究天津市城市经济发展与环境间的关系

天津市已是一个相当发达的,以工业经济为主的经济型城市,人类的经济活动规模已相当大了。无论是经济对于环境的影响,还是环境对于经济本身的制约,都发生了新的变化。经济与环境之间的依赖关系正在加强,因而需要对经济与环境之间的依赖关系

* 这项研究在天津市环境保护局的主持下,由天津市环境保护科学研究所、天津市环境保护监测中心站、南开大学环境科学系、天津大学、天津市纺织工业局、农牧渔业部环保所、天津市气象科学研究所、中国科学院生态研究中心、动物研究所、环境化学研究所、高能物理研究所、天津市医学院卫生系、天津市造纸技术研究所、天津市土壤肥料研究所、天津市园林绿化研究所、天津市纪庄子污水处理厂、天津市汉沽区环境保护局及天津市区、县环境保护局和有关工业局、公司等单位共同完成。本文撰稿:陈志文、乔寿锁、张立平、李宝柱。

进行深入研究。在本课题的设计阶段,既考虑了从环境需要的角度来研究经济问题,同时又从经济和环境行为系统中两个同等的基本成份进行分析。因而实际上是把天津市作为“经济-环境系统”或者叫“经济生态系统”来研究的。采用经济生态模拟的方法,在系统状态回顾分析的基础上综合分析,确定系统内部的结构和各部分之间相互依赖、相互影响的关系。

3. 采用系统工程的方法进行天津市的环境与生态规划

城市生态系统以及它的子系统之一——环境系统,都是一个多因素、多层次、多目标的复杂系统。仅靠统计资料分析,根据人们的经验判断来进行环境规划和生态规划显然难以得到满意的结果。因此在各子系统研究过程中普遍采用了系统分析的方法,建立各种适合于系统特征的数学模型,定量或半定量地对系统的现状及其发展进行描述,从而提供较为精确的符合于客观实际的生态环境的决策意见。

二、研究内容和主要的研究成果

根据本攻关课题的目的是为制定天津市经济-社会发展规划、城市总体规划和环境保护规划提供科学的决策依据,为加强环境管理提供实用技术。研究的重点是:

(1) 通过对系统广泛深入的调查研究,特别是对工业经济发展,资源利用与环境污染的关系的研究,揭示系统中结构与功能的现状及存在的问题,预测系统发展的趋势,从而提出生态对策。

(2) 通过对水、大气两个环境因子中主要污染物的物理的、化学的、生物的过程和效应研究,弄清主要污染物在环境中的迁移转化规律和自净作用。据此结合城市经济结构和布局特点,制定大气、水环境的综合防治规划,研究环境管理和治理的实用技术。

本课题分三个子系统。各子系统的研究内容和主要研究成果概述如下。

1. “水资源合理利用与水污染综合防治”的研究

水资源严重短缺,水环境污染严重是天津市主要的环境生态问题。本课题用生物系统中物质流的理论作指导,研究充分利用水资源和综合控制水污染的途径,提出技术比较合理的污水资源化发展规划方案。这项研究分三个子系统,即城市用水子系统、污水处理子系统、和污水回用子系统,核心是合理规划。研究的内容有:城市用水水平及提高利用率、重点行业污染治理技术途径和规划、纪庄子污水处理厂功能评价、出水回用技术、上游有机污染治理合理规划、南北排污河自净能力及强化措施、南排污河灌区污水土地处理利用系统规划、水资源合理利用与水污染综合防治规划研究等。通过研究建立了城市用水系统分析、行业污染源治理规划和区域污水综合治理规划、城市污水综合利用规划等层次的定量和半定量的综合治理规划方法。从而为使城市污水综合治理规划研究走向实用阶段发挥了重要作用。

(1) 城市用水系统分析

城市用水系统分析的目的在于剖析系统结构和功能特征,研究提高用水水平,缓和水资源供需矛盾,压缩污水排放量,减轻污水处理负担。这项研究收集了十四个行业、4000多个工厂的基本用水参数,进行了800多个工厂的水平衡测试和263个工厂的节水效益调查,以及一千户居民用水水平的抽样调查,获得了一套城市用水、节水的基础数据。在这个基础上,以减少取水量、提高水重复利用率为目的,建立了包含82个变量的城市用水系统动力学模型。运用这个模型进行了轻重工业不同发展比例、不同工业发展速度和引黄济津等条件下的城市用水系统动态发展趋势分析和节水压力及节水投资分析。分析结果指出,到2000年,天津市的工业取水量将

比 1984 年增长近一倍,城市需水量是 1984 年的 2.4 倍。现有工业结构与水资源短缺的环境条件不相适应;引黄济津是减轻节水压力的重要措施,但仍然要求增加水的重复利用率,1990 年、2000 年重复利用率应分别达到 79%、84% 的水平。

(2) 行业污染综合治理规划

以行业为对象研究制定行业污染源综合治理规划是污染源控制的有效措施,它应当是城市污水治理总体规划的基础部分,又是实施总体规划的具体体现。这项研究以纺织、造纸、重金属等行业(或污染物类型)为典型,研究了行业污染源综合治理规划方法,所取得的成果已经得到应用,环境和经济效益十分明显。

行业规划方法步骤如图 1 所示。

以纺织行业为例,规划分析表明要达到现行排放标准,色度是关键控制指标。而要满足色度处理要求,就会使治理费用成倍增长,这在经济上是难以承担的。规划采用适宜的行业组合治理技术,选择不同的规划目标,提出了:(I) 按现行排放标准企业分散治理型规划;(II) 行业废水合理分散预处理与纳入城市污水处理系统集中处理型规划;(III) 适当放宽色度标准的经济可行性型规划。方案论证结果表明,只是把色度一项指标放宽标准,方案(I)的投资和治理费用均比方案(III)高出 50% 以上。方案(I)为了

达到色度现行排放标准,COD 实际规划削减量显著大于应削减量,造成浪费。特别是方案(I)的耗电量为方案(III)的 1.36 倍。从方案比较看出,方案(II)更具优越性。去除 COD 的费用仅为方案(I)的 46%,为方案(III)的 72%;电耗为方案(I)的 72%,为方案(III)的 91%。

应用类似的方法,区别行业的特点还研究了造纸行业废水综合治理规划。规划实施后预计可使天津市造纸行业废水全面达到国家排放标准,并可取得巩固纸机白水封闭循环节约用水资源和回收利用大量填料、纤维等物料的显著经济效益。

排放含重金属污染物的行业很多,但可将其归并为一类,似作行业污染源研究综合治理规划。这项研究通过方法筛选实验、部分条件试验和技术经济对比,为不同类型的重点污染源提供了回收治理技术,其中如电解法用于有机合成行业、萃取法用于化合物制备行业的重金属回收等技术为国内首次提出。研究完成的重金属污染源综合治理规划方案已为天津市政府批准正式实施。这项研究提供的治理技术,其重金属回收率均大于 90%,全部实现后每年可回收重金 500 吨,价值 348 万元,三年内可收回全部治理投资。

(3) 区域污染综合治理规划

天津市纪庄子二级生化污水处理厂的建设提出了区域污染源综合优化治理规划问

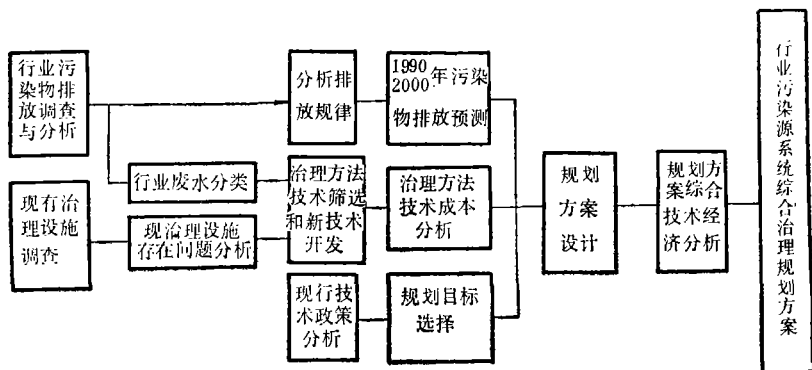


图 1 行业污染治理规划方法流程

题。它的主要研究目标是充分发挥城市污水处理厂的作用,缩小上游污染源治理数量,适当放宽工厂预处理要求,在总体上保证污水处理水平,降低污水治理费用,使规划既具有技术合理性,又具有经济合理性,也就是工厂分散预处理与区域集中处理相结合的合理规划问题。

规划方法和程序如图 2 所示。

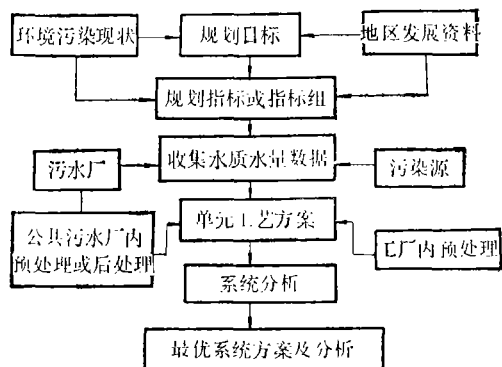


图 2 区域污染源综合治理规划方法流程

规划目标: 将可能破坏城市污水处理工艺的污染物进行预处理; 对于可能流入城市污水厂的难降解有机物进行工厂预处理; 对于可能进入污泥而影响污泥处理和利用的污染物进行预处理; 以最小的经济代价达到既定水质控制目标。

规划指标的选择: 为进行预处理合理性定量分析, 必须选择合适的水质控制指标(即系统功能评价指标)。这项研究从判定污水厂难去除有机物的思路出发, 建立了活性污泥法难去除 COD 综合指标和实验程序。实验证明它具有良好的代表性和重现性。

单元工艺方案的选择: 系统规划方案的最优性是建立在单元工艺方案技术经济合理性基础上的。研究中共设置了 45 个单元处理技术方案供系统分析选用。方案费用估算采用了实际费用数据, 以使其与实际工艺方案更接近。

系统规划优化分析: 以污水厂出水 COD

值为约束条件, 以系统费用最小为目标函数进行系统分析, 进而在环境质量要求、经济负担和技术可行性三个影响因素的综合平衡基础上完成了优化规划设计, 从而使我国城市污水厂分散预处理与区域集中处理相结合的规划研究进入定量优化规划设计阶段。研究提出的最优系统方案与前已兴建的工业废水处理设施现行方案比较, 在达到相同的污水厂出水 COD 去除效果时, 优化方案可节省基建投资 62%, 年运行费 33%。

另外, 区域污染综合治理规划, 还研究了重金属污染源区域控制治理方案。它以污水农灌标准和农用污泥标准为区域控制标准, 建立了污泥总量和重金属含量的计算方法, 对四种削减方案、三种治理方式进行效益对比, 提出了区域综合治理优化规划方案。

工业城镇(汉沽区)污水氧化塘处理与利用规划设计研究, 则以这项研究提出的氧化塘技术设计参数和开发的污水养鱼、养貂等水资源综合利用技术为基础, 完成了本地区污水综合治理规划, 具有显著的环境、经济效益。此外在南排污河灌区土壤重金属容量和重金属总量控制, 以及不同预处理污水灌溉试验的基础上, 以实现污水土地处理与利用相结合、污水资源化与无害化相结合为目标, 提出了发展南排污河灌区污水土地处理与利用系统的初步规划意见。

2. 大气环境系统综合防治研究

天津市大气污染属于煤烟型污染, 污染物主要来自燃煤, 因而与城市的人口分布、工业结构与布局有密切的关系。本课题在大气主要污染物的来源及其物理、化学、生物过程和效应研究的基础上, 结合城市的经济发展、城市总体规划、能源消耗和污染防治技术的研究, 提出控制和改善大气环境污染的优化规划方案。研究内容有: 城市大气边界层气象特征及扩散参数、大气颗粒物来源定量解释、大气颗粒物的物理化学特性及其稀释扩散规律、大气污染综合防治方法和系统分

析方法(大气环境、能源、经济规划模型)、及综合防治规划方案的研究等。

(1) 基础研究工作

大气污染防治必须建立在对城市大气扩散规律以及对污染物质的物理、化学特性的认识基础上,因此本研究进行了大量的基础性研究工作。

这项研究对煤烟型污染源进行了深入的调查和分析;针对天津市大气颗粒物污染严重的特点,研究了各类大气颗粒物的成份特征,分析了各种尘的成份谱,确定了各类源的标志元素。通过对大气飘尘化学成份及其载带的有机和无机污染物的研究,阐明了各类污染物质在不同粒径上的分布规律。运用电子显微镜和生物显微镜分析了 5000 个颗粒物样本的物理特征。根据形状特征及分析测定得到的质量谱和粒度谱分布,建立了飘尘质量浓度和粒子数密度的关系。进行大气气挟菌分布特征的研究。

大气中二氧化硫转化过程的研究,实验室模拟证实富含过渡金属元素的颗粒物对 SO_2 转化有促进作用。依据大量现场测试结果用主成份分析法推断出控制 SO_2 转化的气象条件主成份和非均相及光化学主成份,估算出生成硫酸盐的转化率为 $2-4\% \text{h}^{-1}$,根据气溶胶各组份光学特性关系式,用现场测试数据定量研究了各组分对消光系数的贡献,二次污染物硫酸盐占首位,烟尘微粒占第二位。

此次研究,进行了多时相大规模的城市区域大气边界层结构特征的观测研究,阐明了天津市的风、温结构及时空变化规律和城市热岛规律,计算了大气扩散参数。应用研究建立的扩散模型计算了天津市市区大气煤烟型颗粒物、飘尘和二氧化硫浓度的时空分布。

以上各项研究为大气环境系统分析提供了基础数据。

(2) 大气颗粒物来源解析技术

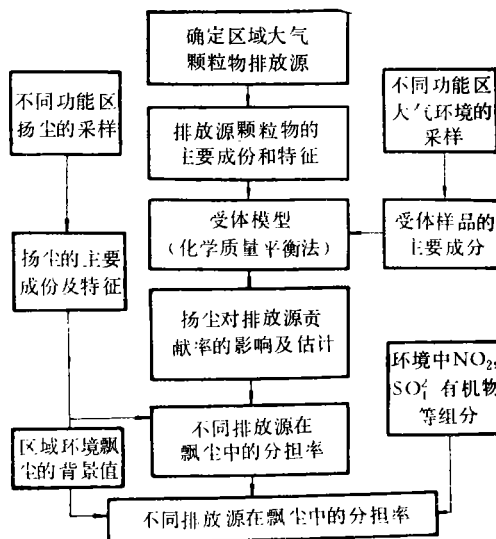


图3 化学质量平衡法解析步骤

用化学平衡法求解颗粒物施放源对天津市飘尘的贡献率,解析步骤如图3。

天津市是综合性工业城市,排放源很复杂。我们通过深入调查分析,确定了七种源为主要施放源,它们是:风沙、燃煤、汽车、海洋气溶胶、建筑材料(水泥、石灰)、钢铁工业和燃油等。研究中采用了多种精密分析方法测定了施放源的成份谱,并分析得到了标识元素。将这些源的颗粒物成分特征汇入受体模型(参加拟合的有12种元素),按照图示的步骤计算各种不同施放源在受体样品中的贡献率。除上述七种施放源外,研究中通过适当处理还将未纳入受体模型的 SO_4^{2-} 、 NO_2 等二次污染源和其它源的贡献做了考虑。这项研究专门讨论了“扬尘”对大气颗粒物的贡献。我国道路质量低,裸露泥土地面多,绿化覆盖率低,能源以燃煤为主,尤其是北方城市气候干燥、风沙大,“扬尘”对大气颗粒物的贡献不能忽视。我们象研究其它源一样,测定了“扬尘”的成分谱特征,并且用化学质量平衡法求解了不同排放源对“扬尘”的贡献率。在此基础上,把“扬尘”纳入了受体模型,对各类施放源对天津市飘尘的贡献率做了修正。得到的

表 1 天津市各类排放源对采暖期飘尘的贡献

	风沙	工业燃煤	民用燃煤	钢铁工业	汽车	海洋	燃油飞灰	建材	SO ₂	NO ₂	有机物及其它
无扬尘修正	25%	22.4%	22.20%	6.7%	3.5%	1.4%	1.8%	0.04%	4.5%	1.5%	10.80%
加入扬尘修正	30.2%	18.2%	20.4%	9.7%	3.0%	0.77%	0.76%		4.5%	1.5%	11.0%

二组贡献率数据如表 1 所示。

八十年代初, Wciner 等人提出的目标变换因子分析法 (TTFA 法) 引入了受体模型研究。我们在 TTFA 基础上发展了一种模式识别技术——图论聚类法, 用以识别标识向量, 并应用 Roscoe 和 Hopke 发现的单一向量迭代的特点, 形成了一套源解析新方法, 即目标识别因子分析法 (Target Recognition Factor Analysis, 简记为 TRFA)。应用 TRFA 法对煤烟尘、风沙、建筑材料三种主要排放源对天津市大气总悬浮物的贡献做了分析, 获得了和用化学平衡法求解的贡献率相近的结果。

(3) 天津市经济-能源-大气环境规划模型

根据上述对大气环境系统结构的分析, 我们以天津市国民经济发展为依据, 应用部门分析法对十三个工业部门的最终用能进行了预测, 建立了民用能源层次分析模型及发展比例模型。在此基础上研究建立了天津市经济-能源-大气环境多目标规划决策模型。模型的目标包括三个方面: a. 大气环境质量。b. 投资。c. 总的能耗水平。模型的约束条件主要有两类: a. 需求约束。b. 资源供给约束。该模型考虑了大气环境系统的区域性特点, 将多目标规划模型同大气扩散模型相结合, 建立了分区域的系统分析方法, 具有按城市功能区控制大气环境质量的功能。

为使模型具有分析城市布局规划对大气环境质量影响的功能, 我们根据天津市总体规划, 结合现状特点, 按照不同的区域功能, 将天津市区划分为十个小区, 按各区的不

同功能, 规定环境目标。为采用直接反映大气质量状况的污染浓度作为环境目标函数, 引入了“污染物浓度贡献因子”的新概念, 对各区、各类能流的流量运用本课题研究的大气扩散模式计算其对周围分区的浓度贡献, 并进入系统模型。

为使模型具有分析工业结构对大气环境质量影响的功能, 以便提出对工业结构的调整意见。模型将工业最终用能需求分部门加以考虑, 而且不把用常规方法预测得到的最终用能需求值直接引入需求约束方程, 而是以 $D_0 + \lambda(D - D_0)$ 因式的形式进入需求约束方程。式中 D_0 是基年某部门最终能耗水平, D 是末年 (2000 年) 最终用能预测值, λ 是引入的变量, 它表示环境质量控制一定标准的情况下, 该工业部门在规划区内允许发展的水平, 在模型中为内生变量。当然这里只是从一个侧面对工业结构调整的分析。

通过规划分析, 到 2000 年 8 个热电厂站、12 个联片供热, 将使民用热化率提高到 90%, 工业热化率提高到 56%, 面源和低架点源由 21 个高架点源所取代, 预测全市区 SO₂ 落地浓度将全部达到国家二级标准; 煤烟颗粒物排放量将降低 80%, 如果按规划建成城市区外围防护林带和工业区隔离林带, 市中心区消灭裸露地面, 加强道路管理, 市区的总悬浮颗粒物达到二级标准也是完全可能的。

3. 天津市社会经济环境的研究

天津市是一个以工业经济为主的经济型大城市。随着经济发展速度的加快, 天津将向着人口越来越密集, 物质、能量流通越来越大, 环境改变越来越激烈的方向发展。发展

中的主要矛盾是密集的人类经济活动和环境负载能力的矛盾。应用城市生态系统理论、方法和环境规划的手段去调节这些关系,充分挖掘人口、物资和环境的潜力,使经济发展同环境建设相协调,实现城市生态平衡是这项研究的主要目的。考虑到城市生态系统极其复杂,需要研究的内容很多,这项研究仅以经济-环境子系统为对象,以把环境规划纳入经济社会发展规划为主要目标,研究经济系统与环境系统的关系,以及建立量化系统规划方法。

研究的内容有:污染源调查与分析、生态控制论在城市环境问题研究中的应用、环境-经济投入产出分析法、工业污染物排放量预测模型、工业生态系统的仿真模型的研究与应用、泛目标生态规划方法及十四个工业部门生态经济对策的研究和环境数据库的建立等。

(1) 污染源系统结构的调查与分析

作为本课题研究的基础之一,调查了全市 7144 个污染源,分析了污染源系统的空间结构、产业结构、资源结构、污染物排放强度结构及多种空间分布数据。并根据污染源数据特征,采用层次数据模型,在 PDP11/23 计算机上建立了污染源数据库,纳入了 20 多万个数据,可按多种方式查询、检索,已在污染源管理中发挥了作用。

(2) 环境-经济投入产出分析法及应用

在大规模的环境调查和天津市 1982 年经济投入产出表的基础上,编制了 7 个部门、27 个部门和 81 个部门等三种规格的环境-经济投入产出表,并产生了直接产污系数表、完全产污系数表、产污比重系数表等 24 种经济技术表。

应用环境-经济投入产出表及其各种系数表分析了工业结构与环境污染的关系,从环境保护的角度探讨了经济发展中的工业经济结构的调整问题;分析了工业污染源治理对经济发展的影响;应用投入产出表建立了

环境-经济投入产出线性规划模型,进行了环境-经济规划分析。

研究指出:不同工业部门产值比重和产污比重有很大差异,如机械工业产值大,产污量低,重金属、有机物、烟尘等产污比重远远低于产值比重;化学工业,重金属和废渣的产污比重大大高于产值比重;造纸工业的有机物(以 COD 表示)产污比重高于其产值比重几十倍。特别是同一个工业部门内,各行业的产值比重和产污比重也有很大差异。研究得出的工业部门完全产污系数更准确地表达了一个生产部门的产污水平。例如:纺织工业重金属直接产污系数并不很高,但是由于在纺织工业的生产过程中消耗大量化学工业产品,而化学工业的重金属产污系数较大,使纺织工业的重金属完全产污系数比直接产污系数高 30 多倍。因此在制订地区经济发展规划时,应用完全产污系数进行潜在产污量估算,合理调整工业结构,可以达到从总体上控制污染的目的。

为分析污染治理对经济发展的影响,研究建立了治理污染对价格影响的数学模型,进行了现期,中期,长期的价格影响百分比定量分析。计算结果表明除造纸工业的影响较大外,其余部门提价百分比不大,得到与国外同类研究相近的结果。

(3) 工业污染物排放量预测

采用了由下而上多层次分析与综合的研究方法,并应用警告性预测、目标导向预测和规划性预测等组合数学模型,互相补充和印证,定量剖析了工业经济发展和污染物排放量的复杂关系。警告性预测结果表明,若按目前状况发展下去,1990 年工业污染物的排放量相当于 1983 年排放量的 2.38 倍,而 2000 年工业污染物的排放量则相当于 1983 年的 5 倍。规划性预测结果表明:随着经济的发展,工业废水、SO₂、NO_x、烟尘及废渣等污染物排放量逐年增长,但污染物的增长率小于产值增长率,而治理量的增长率小于污

染物产生量的增长率,污染弹性系数在 0—1 之间;而重金属、有机物(以 COD 表示)的污染弹性系数为负数。值得注意的是规划性预测结果与目标导向预测结果相比尚有相当差距。这是在进一步制定经济,社会发展规划时应当考虑的重要问题。

(4) 工业经济生态系统仿真模型的建立与应用

采用了研究大系统、非线性、多重反馈的系统动力学方法,模拟了天津市工业经济-资源消耗-环境污染系统动态变化的行为。模型包括 200 多个变量,44 个表函数。应用该模型,分析了环保投资与经济发展速度之间的一些重要决策问题。

模拟分析表明,要控制 2000 年的环境不比现在差或略好于 80 年的水平,需要从现在

起加强污染的治理。按模拟结果,年环保投资不超过工业总产值的 1% 的情况下,可基本控制工业污染;在控制工业污染的措施中,除增加治理投资外,还应适当调整工业结构,以提高经济效益和环境效益,适当地控制污染水平。此外还对 1990 年、2000 年不同产污系数和污染控制水平条件下的治理投资进行分析,给出一系列结果。

(5) 泛目标生态规划方法

城市生态系统是一个多变的社会、经济、自然复合生态系统。其信息来源往往是粗糙的、模糊的、不完全的和不确定的。需要有一种可以处理不完全数据的、简单可行的、人机对话式的动态决策方法。泛目标生态规划方法的研究是解决上述问题的一种尝试。

泛目标生态规划流程如图 4 所示。

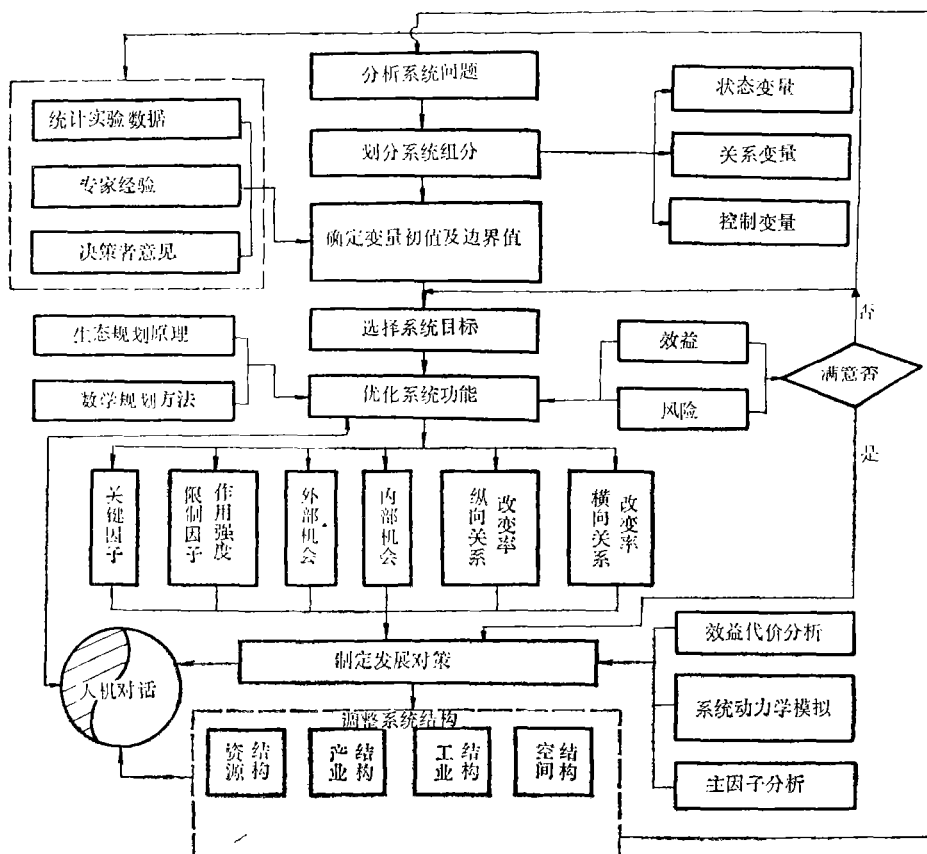


图 4 泛目标生态规划流程示意图

这个规划方法的对策分析集中在资源消耗和环境污染两个方面,以解决经济开发与环境负载能力之间的矛盾。

我们按行业、区域、公司、企业等不同层次将各个工业系统或子系统分成相互关联的组分,选取状态变量、关系变量及控制变量来测度系统的结构和功能的现状。在各个优化阶段,将根据决策者的意图,选择某些单项指标(如产值、水耗、能耗等)或综合指标(如效益、风险等)作为中间优化目标。优化过程中计算机将陆续输出效益、风险、内部机会、外部机会、关键因子、关键组分、限制因子作用强度及资源消耗和环境污染系数的改变率等,从而为人机对话制定发展对策提供大量的依据。

利用上述方法分析的结果表明:高物耗、低效率、重污染是天津市工业系统普遍存在的弊病,减少资源消耗,提高生态经济效率是天津市工业经济发展的关键一环;在不同的控制变量下系统发展的关键部门是电力、造纸和石油,关键因子是耗水、大气污染和固定资产;通过各工业部门的经济产出,资源消耗和环境污染等方面对全市的贡献率和负载率的比较,发现电力、冶金、建材、造纸等工业部门对全市的贡献率较小,而负载率过大,应当在调整产业布局、改革工艺、减少负载率、增加贡献率的基础上稳妥发展。机械、电子、纺织、缝纫、文教等工业部门资源、环境负载率不高,贡献率较大,应充分发展;而石油、化工、食品等工业部门贡献率较大,应努力降低其资源和环境负载率,积极发展。

三、关于天津市经济发展和环境综合整治的建议

1. 关于经济发展与环境间的关系问题

对于经济翻两番后,天津市环境负载是否超过环境的承受能力、环境治理投资对经济发展的影响、以及天津市经济战略东移的

可行性问题等,是城市系统高效、稳定地发展应该解决的问题。

(1) 天津市城市生态失调所表现出来的环境问题主要是生态效率低和系统关系不协调。泛目标生态规划方法计算的结果表明,以 1983 年天津市工业生态系统中生态经济效益为基值计算,工业总产值翻两番,净产值达不到翻两番的期望值,而且污染将超过环境的负载能力,对此必须引起高度的重视。解决这两个问题的对策:按照本研究提出的工业结构和地区分布的比例分析方法的分析结果,调整工业结构和布局;要发挥系统的多样性,商业、金融、保险等事业应加速发展。此外,还应提高卫星城镇的生态位,发挥城区与郊区的共生作用。

(2) 环境保护投资的保证对改善天津市城市环境和生态状态是至关重要的。根据天津市工业经济-资源消耗-环境污染系统仿真模型模拟结果,年环保投资不超过工业总产值 1% 的情况下就可以有效地控制环境污染,也不会影响经济的正常增长,因此应将环保投资比例列入国民经济计划中。

(3) 天津市城市总体规划提出的工业布局重心东移,从环境生态影响的角度来看是正确的。但规划的海河下游工业区位于天津市市区与塘沽市区之间,必须严格地控制大气污染物的扩散对两个区的影响。

2. 关于水环境污染综合防治问题

天津市水资源短缺,由此引起的生态环境问题比较严重。因此,对于天津市城市系统内部,节水减污,污水资源化就成为水环境治理的长期方针。

(1) 合理利用水资源既是缓和水供应矛盾的重要途径,又是水污染防治的必由之路。合理用水包括节约用水,改革用水工艺以及调整工业结构三个方面,应该重视合理用水减少污染的作用。

(2) 要对工厂污水处理、城市污水处理,以及处理后水的回用和排放进行综合分析。

工业废水治理要正确、全面地理解和执行“谁污染,谁治理”的方针。按行业规划治理废水行之有效。治理废水要有经济和资源观点,确定合理的治理深度,充分利用城市污水处理厂的作用,力求在污染得到控制,环境质量逐步有所改善的前提下,在总体上降低治理费用,让有限的治理投资发挥更大的效益。

(3) 污水在土地利用与处理过程中,土地是污水主要接纳体,不同于污水排放水体,对城市污水水质的要求也应有所不同,应该合理地利用排污河的净化能力。排污河泵站系统污水水质差异较大,作物所处的位置及污灌方式对作物污染有较大影响。因此,必须区别不同情况,采取不同措施。农业利用污水,菜田和水田是控制污染的重点。现阶段应在控制污染的前提下利用污水,同时采取各种措施,更好地发挥土地利用和处理污水的综合作用。

3. 关于大气污染防治问题

(1) 天津市是典型的大气煤烟型污染城市。把一次能源为主改为以二次能源为主,实现城市煤气化和热网化,这是解决大气污染的重要途径。已在实施的“三年内实现煤

气化,五年内实现热网化”的计划对改善大气面源污染的作用是非常显著的。根据煤气化和热网化的环境经济效益的计算结果表明:环境效益的实现是在热网化实现之后。因此解决冬季民用采暖面源污染是非常重要的。

(2) 大气污染物来源的受体模型计算结果表明,位居天津市大气颗粒物污染首位的煤烟尘,在污染最严重的季节也只占全部大气颗粒物的 45%。因此在抓能源颗粒物的防治的同时,要注意对非能源颗粒物污染的防治,加强城市绿化,消灭市中心区的裸露地面,提高市区道路等级,增加洒水道路,加强建筑业的扬尘防治等。

(3) 大气扩散模式的计算表明,市区的大气污染物排放已大大超过环境容量,市区周围的十个工业区构成了对天津市中心区的包围。因此在实现煤气化,热网化解决面源污染的同时,应解决工业点源的污染。必须从调整工业布局入手,控制城市主导风向的工业区的发展、并调整重污染的企业到东部地区。这样才有可能在本世纪末使天津市的大气环境质量达到国家规定的标准。

(上接第 3 页)

五、结 语

环境污染问题是工业经济发展和人民生活发生变化过程中出现的社会问题,是人类违背自然规律的生产活动造成自然系统失去平衡的结果,涉及经济建设规划、文化教育基础、科学技术水平和管理政策作用等多方面因素。因此,要解决环境问题就必须把这些因素综合起来考虑,应用系统工程方法合理安排生产与消费的时(间)、空(间)、量(度)的序列,使人口增长、资源利用同总体经济建设

协调起来,以适应日益增长的工农业经济发展和人民生活需要。七十年代以来,许多国家设立了环境规划研究机构,把环境问题与发展结合起来研究,即反映了这种动向。

持久型发展(Sustainable development)和生态经济规划(eco-economic planning)是八十年代最突出的两个论点。前者立足于生产与消费的供需平衡,着重环境资源的允许量;后者则以经济效益与生态效益同步发展为目标,着重各组分间协调。它们标志着环境保护科学今后发展的趋势:软(宏观规划)硬(技术措施)件结合。

Abstracts

HUANJING KEXUE

Chinese Journal of Environmental Science

Studies on Comprehensive Prevention and Control of Water Pollution among Main Cities in the Tai Lake Region, South of Jiangsu Province

Hu Rongmei, Ju Hua et al.

This article reports briefly on the research results which comprise four subjects: (1) studies of prediction of environmental impacts in the course of economic development and measurements taken in Changzhou; (2) studies on integrative prevention planning of water pollution and tourism value of gardens and scenic spots in Suzhou; (3) studies on environmental assessment of present conditions and technology of integrated prevention in Wuxi; (4) studies on prediction and control of rivers-network pollution by township enterprises and agricultural activities in the Tai Lake region. These research projects have been accomplished cooperatively by the research institutions of environmental protection of Jiangsu Province, some institutes of Chinese Academy of Sciences, high schools, departments of water conservancy and agriculture concerned.

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 4, p 33 , 1986
Vol 7, No. 5, p 14 , 1986

Studies on Urban Ecosystem and Comprehensive Abatement of Pollution in Tianjin City *Tianjin Environmental Protection Bureau (EPBT)*

This paper gives a brief summary based on lots of studies of Tianjin urban ecosystem and its subsystems by which the main environmental problems in Tianjin have been revealed systematically. The correlation among three subsystems, i.e. economic development, resources utilization and environmental pollution have been investigated. A series of mathematic models, such as input-output programming model of environmental economics, composite model of forecasting pollutants, dynamic model of economy-resources-environment system, pan-target ecological programming model, system dynamic model of urban water supply, programming model of comprehensive abatement of atmo-

spheric pollution, atmospheric TSP diffusion model etc. have been established by means of system engineering, social investigation, field observation, experimental research and computer simulation. Moreover, programming for industrial wastewater treatment in accordance with districts or trade types, forecasting industrial pollution in the years of 1990 to 2000, and comprehensive disposal program of urban environment have been researched as well.

These results mentioned above have been applied to urban planning, environment planning and environmental management in Tianjin.

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 5, p 4 , 1986

Ecological Deterioration around the Reservoir of Sanmen Gorge on the Yellow River and Measurements Taken

Zhang Bingcheng

In this article, some ecological effects of the reservoir of the Sanmen Gorge have been discussed since it was built in September of 1960. The reservoir is the first hydro-junction engineering built on the Yellow River. Its harmful impacts on ecological environment appear especially during the high level storage. Owing to silting seriously and expanding silt to the upper basin, the reservoir was forced to have been rebuilt twice. And till now it has been working well in the way of "discharging sediment during low level storage, maintaining water when clear and discharging when muddy, then regulating water and sediment". Since then balance of scouring and silting has been kept, expansion of silting to upper riverbed controlled, and impacts on ecological environment lightened. Now the reservoir is not only playing an important role in preventing flood and glacier, but getting the benefits of irrigation, urban water supply and generation of electricity.

HUANJING KEXUE Vol 7, No. 5, p 63 , 1986
