



## 环境科学的特点与研究方法

方 如 康

(华东师范大学环境科学系)

**摘要** 本文较系统全面地介绍了环境科学这一新兴学科的特点和目前对其宏观研究中所采用的研究方法,环境科学具有涉及面广、综合性强的特点,在研究过程中必须有整体的观点,宏观与微观相结合,近期与远期相结合,自然科学与社会科学相结合。环境科学的研究方法,作者认为有:(1)生态学的方法;(2)系统分析法;(3)数学模型法,其中有矩阵法,叠加法,数学模式法等。

环境科学的产生是二十世纪科学向深度、广度发展的一个重要标志,它是在本世纪五十年代,即当环境问题成为全球性重大问题时而提出来的。许多自然和社会科学都不约而同地竞相与之结合、渗透,并使之逐步完善、充实。当时许多科学家在各自原有学科的基础上,运用原有学科的理论和方法,研究环境问题。并逐渐出现了一些新的分支学科,例如环境地学、环境生物学、环境化学、环境物理学、环境医学、环境工程学、环境经济学、环境法学、环境管理学等。在这些分支学科的基础上孕育并产生了环境科学。1968年国际科学联合会理事会设立了环境问题科学委员会。七十年代出现了以“环境科学”为书名的综合性专门著作。

环境科学的兴起和发展是人类社会生产发展的必然结果,也是人类对自然现象的本质和变化规律认识深化的体现。本文仅从环境科学的特点及其研究方法作一些初步的探讨。

### 一、环境科学的特点

环境科学具有涉及面广、综合性强、密切联系实践的特点。它既是基础科学,又是应用科学。在研究过程中必须做到宏观与微观相结合,近期与远期相结合,自然科学与社会科学相结合,而且要有整体的观点。归纳起来,至少有如下几个特点。

#### (一) 综合性

环境科学是一门综合性很强的新兴的边缘科学,它要解决的问题均具有综合性的特点。特别在进行具体课题研究时,必然体现出跨学科、多学科交叉和渗透的特性,必须应用其它学科的理论和方法,但又不同于其它学科。例如,上海市《黄浦江污染综合防治规划方案研究》,就是一个多目标、多层次、多

因素的综合性系统工程问题。参加该项研究工作的有60个单位、十多种学科。环境质量评价的研究,更具有综合性的特点。

#### (二) 整体性

联合国人类环境会议秘书长委托58个国家152位学者编写的《只有一个地球》一书,就是把环境问题作为一个整体研究的最好尝试。该书不仅从整个地球的前途出发,而且从社会、经济和政治的角度来探讨我们人类的环境问题。也就是说,不仅从最明显的污染问题,而且还把人口问题、资源的滥用、工艺技术的影响、发展的不平衡以及世界范围的城市化困境等作为整体,来探讨环境问题。这是其他科学所不能代替的。大至宇宙环境,小至工厂、区域环境都得从整体的角度来考虑和研究,而不象有些科学只研究某一问题的某一方面。这是环境科学不同于其他科学的另一特点。

#### (三) 实践性

环境科学是由于人类为了解决在生产和生活实践中产生的环境污染问题而逐渐孕育发展起来的。也就是说在人类同环境污染的长期斗争中形成的一个新的科学领域,所以具有很强的实践性和旺盛的生命力。

英国伦敦泰晤士河从污染到治理,就应归功于英国政府对环境科学的重视。就我国环境科学研究的领域和内容来看,都是与实际生产、生活中需要解决的问题紧密联系的。如我国大气环境质量中的光化学烟雾污染、酸雨、大气污染对居民健康影响等问题;我国河流污染的防治,湖泊富营养化问题,水土流失与水土保持问题;海洋的油污染和重金属污染等问题;城市生态问题;环境污染与恶性肿瘤关系问题;自然资源的合理利用和保护等问题,都是环

境科学研究的范畴。开展环境科学技术的应用研究,更加着重于解决国民经济发展中实际的环境问题。

#### (四) 理论性

环境科学的主要任务为:(1)探索全球范围内环境演化的规律;(2)揭示人类活动与自然生态之间的关系;(3)探索环境变化对人类生存的影响;(4)研究区域环境污染综合防治的技术措施和管理措施。这些研究既具有很好的实用价值,又具有很重要的理论意义。环境科学在宏观上研究人类同环境之间的相互促进、相互联系、相互作用、相互制约的对立统一关系,既要揭示自然规律,也要揭示社会经济发展和环境保护协调发展的基本规律;在微观上研究环境中的物质,尤其是人类活动排放的污染物的分子、原子等微小粒子在有机体内迁移、转化和蓄积的过程及其运动规律,探索它们对生命的影响及其作用机理等。

环境科学不仅随着国民经济的发展而不断发展,而且由于各种学科的结合、渗透,在理论上也日臻完善。

## 二、环境科学的研究方法

### (一) 生态学的方法

联合国教科文组织(UNESCO)确定《人与生物圈》(MAB)为1973—1978年事业规划的重点之一。这个规划有一百多个国家和地区参加,我国也参加了该项规划。《人与生物圈》规划是一项国际性的研究和培训计划。这项规划就强调用生态学的方法研究人与环境之间的相互关系,特别要预测人类活动对环境的影响和变化了的环境对人类自身的影响,管理和建设生物圈。规划共包括14项研究计划:(1)人类活动不断增加对热带和亚热带森林生态系统的影响;(2)不同土地利用和经营措施对温带地中海式森林景观的生态影响;(3)人类活动和土地利用实践对稀疏林、草原、草地(干旱草原的湿草地)、苔原等放牧场的生态影响;(4)灌溉对干旱地带生态系统动态的影响;(5)人类活动对山地生态的影响;(6)人类活动对山地生态系统的影响;(7)岛屿生态系统的生态学 and 合理利用;(8)自然地区遗传物质(基因库)的保护;(9)对陆地生态系统和水生生态系统的病虫害管理和肥料施用的生态学评价;(10)主要工程对人类及其环境所发生的影响;(11)城市和工业系统内能量利用的生态学问题;(12)环境改变与遗传、人口变化之间的相互作用;(13)环境质量评价;(14)环境污染及其生物圈影响的研究。总之,这一研究规

划,几乎包括了当前世界上主要的环境与生态问题。

生态学方法中比较常用的是生态模拟。生态学研究是在野外调查和野外实验获得有关数据和资料的基础上,通过建立模型来描述问题的轮廓,指引研究的方向,以便进行模拟试验和预测。如果所建立的模型未能预测到生态系统变化的情况,也可以进一步研究模型在概念结构上的缺陷,为建立比较符合实际的模型提供参数或修改参数,然后不断地进行再模拟、操作和预测。一旦建立了一个符合实际的模型,也就为研究工作提供了极为有用的手段,可以进行许多种不同的模拟试验。在现代科学研究中,模拟试验已成为一种强有力的工具。但实际试验往往需要较长的时间和较多的经费,特别是在污染生态学的研究中,许多实际试验会带来严重后果,如污染的发生,流行病的传播,虫害的暴发等进行实际试验是不可能的,也是不允许的。在这些方面模拟试验则具有较明显的优越性。

二十世纪七十年代以来,模拟试验技术已经在生态学的许多领域中得到广泛的应用。例如罗马俱乐部根据十几年来人类活动引起的全球性影响,其中包括工农业的发展、人口的增长、营养的分配、环境的污染、资源的利用等,应用大量的状态变量和参数,建立了“世界模型”,并利用电子计算机进行模拟,对人类的未来进行了预测。如今,我国学者也已开始生态模拟的研究工作。

### (二) 系统分析法

系统论是本世纪发展起来的,为现代科学普遍运用的方法。它可以在对一个系统的信息并未彻底弄清的情况下研究这个系统,并预测该系统在某些参数变化时所进行的变化,从而为寻求控制该系统的最佳方案提供依据。

所谓系统是指任何现象中,不论是结构还是功能,都存在着至少有几个以上的组分,它们彼此间形成网络结构,并且相互作用、相互联系、相互制约,具有规律性变化的等级体系。一个系统中某一组分的变化,必然会引起其他组分、以至最终导致整个系统的相应变化。

系统可分为亚系统,亚系统又可分为亚-亚系统,也有分为组分、单元、环节、要素及因子等。研究系统的目的,主要在于通过分析系统的结构与功能以及两者相互适应的关系,寻求发挥最高功能的适宜结构,达到管理、修建、改进和根据人类的利益建造新的系统。

生态系统的系统分析具有整体性、结构性、联系性及预测性等特点。整体性主要指以时、空相结合

的概念,对贯穿整个生态系统的物质循环、能量交换以及信息传递等进行分析。因为整个系统的作用和功能不是系统内个别亚系统的简单相加,而是同系统网络内各组分可以因时间的变化而有主要和次要的变化,因此需要掌握网络的中心作用。所谓结构性,主要指层次的结构,完整的系统是有组织的等级系统,它的各个亚系统都是相互联系着的。联系性是指各个组分具有相互联系、相互影响、相互作用和相互制约的关系,虽然各组分有着各别的特性和效应,具有独特的行为,同时它们又对整个系统具有依赖性,受到整体的制约。系统由于反馈等作用机制,表现出程度不同的调节力。又因系统是动态的,功能的输入和输出以及亚系统间的物质、能量流动是在各种条件下出现的,因此不仅要进行静态分析,更为重要的是要进行动态分析。预测性是系统分析的目的,通过系统分析,不仅要预测近期、直接的后果,而且还要预测远期的、间接的后果。生态系统的系统分析,实质上是对所研究的生态系统对象拟定模型的过程。

系统论是用数学的概念和方法,概括事物结构的整体,舍弃其特定的性质和用途,深入研究其结构和因果关系上的共性,得出具有普遍意义的结果。系统论的核心问题是可预测性、可观察性、可控制性以及稳定性和最佳方案设计等。

应当指出的是:一般文献中介绍的绝大部分是成功的分析过程和结果,很少有人介绍工作中多次失败的情况和分析过程中所抛弃的那些不成功的设想和方案。因此,对一些不熟悉系统分析工作而开始尝试使用这种方法的研究人员来说,往往由于对系统分析方法的不理解,当遇到失败或不成功的情况时,会丧失继续努力的勇气,或者从根本上否定系统分析方法的作用。

还有由于某些人对系统分析的哲理和方法片面理解,或者只对系统分析中的某个部分感兴趣,或者尽管对数学的概念和它的局限性不熟悉,而把数学作为工具用于错误的目的或者有些数学家对实际系统,如对复杂的生态系统的许多基本假设不甚了解,而急于显示他们的数学技巧和威力,致使系统分析工作偏离了预定的目标,造成工作上的失败。在系统分析的发展过程中,曾经由于某些倡导者过分夸张的宣传,反而使它受到了损害,甚至有人想抛弃这种方法。英国陆地生态研究所所长 J.N.R. 杰弗斯在他的“生态学中系统分析的前景”一文中,曾争辩说:“现在生态学正面临着一系列问题的挑战,如供养世界人口问题,解决能源危机问题和控制人类技

术对环境的影响等。如果觉得这种对系统分析的评述过分夸张或美化,那么,请问是否还有任何其它方法可以从策略上或战术上来解决这一系列问题呢?”因此,既不过分又不贬低地对系统分析进行评价是十分重要的。而正确的评价必须基于对系统分析的正确理解。

### (三) 数学模型法

用数学模型的方法对环境进行评价,这是目前环境研究中发展较快、应用比较广泛的一种方法。在污染防治方案的研究中,也只有进行量化的研究,才能找到一个最佳或最令人满意的污染治理方案,从而达到最佳和最令人满意的社会效果。

上海市环境保护局在《黄浦江污染防治规划方案研究》中\*,参阅了国内外大量的河流数学模型,借鉴了前人的经验教训,建立了符合黄浦江特点的数学模型。黄浦江水力、水质数学模型是指一组包括各项参数和约束条件在内的描述水流运动及污染物运动的方程,也就是应用数学语言和方法来描述水流及水体污染物输运过程的物理、化学、生物化学以及生物生态各个方面内在规律和相互关系的数学方程。在黄浦江水文、水质和污染源调查的基础上,应用所取得的实测数据,建立起一系列的数学方程式,作为对黄浦江实际系统的近似,也就是对黄浦江水质系统进行数学模拟。这样,对黄浦江水质系统的研究,就转化为对数学方程的研究。用水质数学模型来分析黄浦江的纳污能力,确定污染物排放与黄浦江水质之间定量关系,从而为黄浦江水污染治理规划的制定提出科学的依据和手段。而建立黄浦江水力、水质数学模型的最终目的是模拟和预估黄浦江水体的污染情况。

黄浦江是一个庞大复杂的环境系统,我们很难用倾倒大量污染物或停止排放污染物的办法来作原体试验,确定黄浦江的纳污能力及污染物在河流中的迁移转化规律。而用缩小比例尺的物理模型的模拟试验方法,则不仅会消耗大量的人力、物力,耗费较多的时间,而且也难以分析黄浦江在各种潮情下的污染状况。显然,采用数学模型的试验,就能弥补上述的不足。数学模型的建立不需要过多的专用设备和大量的试验费用,借助于电子计算机,我们就可以模拟黄浦江各种状态下水质的多因素影响,而且计算速度快、精度高,可以达到相当的真实程度。因此,建立水力、水质数学模型对黄浦江污染量化的研究,是一个较为合理而可行的途径。

\* 1985 年内部资料

数学模型的方法较多,一般研究者根据各自不同的研究对象和目的,可以采用各种不同的数学模型方法。较常用的有:

1. 矩阵法 这是美国地质调查所 L. Leopold 等人曾用的方法。他们把 100 项关于人类活动的项目定为横坐标,把 88 种环境特征列为纵坐标,把人类活动的影响分为 10 级。这种方法比较容易从矩阵中看出某一项人类活动对各项自然环境的影响。

2. 叠加法 即把各别的环境因素制成透明图,然后互相叠加起来,以评价环境质量。黑龙江省环境质量模型图和北京市西郊环境质量模型图都用这种方法。目前,这种方法正在向采用电子计算机自动化制图方向发展。

3. 数学模式法 这是当前自然科学中迅速发展起来的一种新的研究方法。在美国环境数学模式的研究中常用的有:

(1) 战略环境分析系统 (SEAS) 美国的战略环境分析系统是一种研究环境污染和经济关系的模式。1974 年美国环境保护局用来进行能源利用和环境污染关系的研究,建立预测环境残余物产生和治理成本的模式,这种模式和美国的经济输入与输出的模式相联系。这一模式可由很多子模式组成。例如,残余物产生模式;治理成本模式;交通运输模式;取暖模式和固体废物模式等。

利用 SEAS 模式,可以通过改变实验因素(经济增长的变化、控制污染实施计划方案的改变),了解它对环境质量指标(系数)的影响。

(2) 能源系统的残余矩阵(MERES) 这是由环境质量委员会、布鲁克海文国家实验室、国家科学基金会、环境保护局和能源发展总局共同研究的一种环境模式。这种模式从多方面分析能源供应情况对环境的直接影响。这种模式把能源系统即空气污染的主要来源,由开采、选矿、提炼、运输到使用的每一个环节联系起来,分析对环境质量的影响。这种模式主要反映了污染物的产生的全过程中各个步骤的变化。

(上接第 20 页)

明显下降,后改为动态法处理,重复使用 12 次未见交换容量下降,而且随着操作的熟练,每次氨基酸的收率均有所提高。

利用模型,可以把错综复杂的环境问题概念化、系统化,并使之接近事物本身,从而达到了解、评价环境各个要素,以提出最优化方案的目的。有人认为模型的最重要的用途之一是产生假设。模型还可用来检验野外的测定以及我们根据这些数据所提出的假定的正确性。模型的一个最重要的用途是帮助我们做出最优化的环境决策。

环境科学是一门新兴科学,它诞生至今不过二、三十年左右的历史,虽然发展迅速,但终究尚未成熟。可以这样认为:环境科学的全盛时期不是已经过去,而是还未到来,无数重要的环境问题正有待我们去研究解决,许多理论和方法问题需要作深入的探讨。

### 主要参考文献

- [1] 郭方等,环境科学研究与进展,科学出版社,1980年。
- [2] 巴巴拉·沃德等,只有一个地球,石油工业出版社,1976年。
- [3] A.N.斯特拉勒等,环境科学导论,科学出版社,1983年。
- [4] J.D.贝尔纳,科学的社会功能,商务印书馆,1985年。
- [5] G.O.巴尼等,公元 2000 年环境,科学出版社,1986年。
- [6] 中国自然资源研究会编,自然资源研究的理论和方法,科学出版社,1986年。
- [7] 曲格平,中国环境问题及对策,中国环境科学出版社,1984年。
- [8] 余文涛等,中国的环境保护,科学出版社,1987年。
- [9] 王翊亭著,环境学导论,清华大学出版社,1985年。
- [10] 余谋昌,当代社会与环境科学,辽宁人民出版社,1986年。
- [11] «2000 年研究»小组,公元 2000 年的中国,科学技术文献出版社,1984年。
- [12] 马世骏等,中国科学院环境科学技术研究的发展,中国环境科学,5(2),49(1985)。
- [13] Sharif, N. ed., An Introduction of Modeling, Wiley & Sons, New York, 1978.

(收稿日期:1988年6月15日)

### 参 考 文 献

- [1] 曹者瑜,张振家,氨基酸杂志,(1)(1986)。

(收稿日期:1988年9月5日)