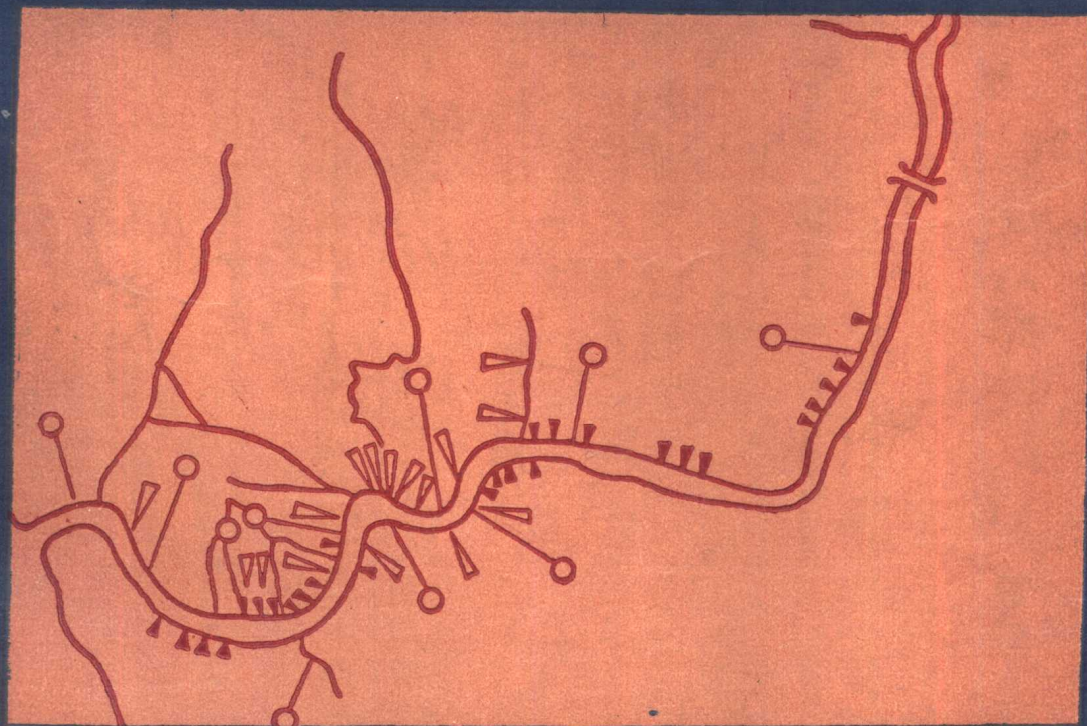


环境系统工程

HUANJINGXITONGGONGCHENG

韦鹤平 编著



同济大学出版社

环 境 系 统 工 程

韦 鹤 平 编 著

同济大学出版社

(沪)新登字 204 号

内 容 提 要

本书系统阐述环境系统工程的基本理论和方法。全书共分九章,重点介绍环境系统分析与环境系统最优化(主要包括最优化技术、网络分析技术、预测和决策)、环境系统基本方法——模型化、城市污水排海(江)工程、环境污染控制系统规划。

本书内容丰富,书中实例取材于环境问题的科研、管理和生产实践,解题思路清晰,便于读者举一反三。

本书可作为高等院校环境工程、环境管理、环境监测、给排水工程、水利工程及其它相关专业本科生、研究生的教材或教学参考书,也可供有关科技人员参考。

责任编辑 陈全明

封面设计 陈益平

环境系统工程

韦鹤平 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

常熟市文化印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 24.5 字数: 610 千字

1993 年 4 月第一版 1993 年 4 月第一次印刷

印数: 1—3000 定价: 19.40 元

ISBN 7-5608-1124-8/X·11

前 言

系统工程是当代正在迅速发展和被广泛应用的一门综合性技术。当今,世界已步入系统时代,系统科学已成为解决各种复杂问题的强有力手段,系统工程方法已逐步被众多的人们所认识,采用系统论、决策论、运筹学、最优化技术等综合研究社会、经济、环境、军事、管理决策、判断与优选科学技术的规划和实践过程已被广泛采用。近年来,系统工程在环境规划、环境管理、环境治理以及试验研究等方面也获得很大进展,利用系统分析方法,在解决上述问题等方面取得了不少成果,大大缩短了需要与建设之间的时差,获得明显的效益。

环境系统工程具有全局性、关联性、最优性、综合性和实践性等特征,是一个庞大复杂的有机综合体,具有多级递阶结构、多输入、多变量、多目标以及在时间、空间、数量上具有随机性和不确定性等特点,它把辩证唯物主义和现代科学技术相结合,把定性分析和定量分析相结合,给人们一种认识世界、改造世界的崭新方法,是我国四化建设中不可缺少的一门方法性科学。

本书作者在总结多年教学、科研与工程实践的基础上,参考了近年来国内外在环境系统方面某些新发展和我们在“六五”、“七五”期间的有关科研成果编著而成。全书共分九章:第一章系统与系统工程;第二章系统分析;第三章最优化技术,主要介绍了线性规划、整数规划、非线性规划、动态规划;第四章网络分析技术;第五章环境系统数学模型,介绍了环境系统工程的基本方法——模型化及其环境问题中常用的数学模型;第六章系统预测,介绍了预测的基本方法和环境预测的模型;第七章系统决策;第八章城市污水排海(江)工程;第九章环境污染控制系统规划,主要介绍运用系统工程的理论和方法,研究如何利用所建立的环境污染控制系统数学模型来分析各种污染控制过程可调因素,对环境目标、治理费用、能耗等提供信息,供决策者作治理决策以及预测评价环境影响和制定环境目标的依据。本书的一些基本内容曾在国家环保局同济大学科学技术干部培训中心、有关专业的本科生和研究生教学中作为教材,讲授多年。这次编者在原有教材的基础上作了较多的修订、充实,力求较全面地介绍环境系统工程的基础理论和方法,为环境系统工程的应用与研究提供捷径。

本书在编写过程中得到同济大学校长高廷耀教授、副校长兼环境工程学院院长顾国维教授的大力支持;华东化工学院陆柱教授、同济大学周善生教授在百忙中审阅了全部文稿,提出了许多宝贵意见;书中的一些例题承韦斌同志编程上机计算;研究生邓振勤同志仔细校核本书部分手稿;同济大学环境系统工程教研室同志为本书做了不少有益工作;同济大学德语系赵劲同志为本书收集大量英、德文资料并进行部分翻译,在此一并表示衷心感谢。最后还要感谢同济大学出版社特约责任编辑陈全明副教授的支持和鼓励。

本书在编写过程中参阅了大量的国内外资料、著作,吸收了同行们的辛勤劳动成果,并得到有关专家、同行的热情帮助,在此向他们谨表谢忱。

本书例题绝大多数取材于环境管理、科研和环境治理，但所介绍的内容和方法除用于环境系统外，对工业、农业、经济、管理、生态和社会等系统也同样适用，因此是一本实用面较广的基础性教材。

由于环境系统工程涉及范围广泛，加之编者理论水平有限和实践经验不足，书中谬误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1991年12月于上海同济新村

目 录

第一章 系统与系统工程	(1)
§ 1.1 系统	(1)
一、系统的概念	(1)
二、系统的分类	(1)
三、系统的特征	(2)
§ 1.2 系统工程	(3)
一、系统工程和环境系统工程发展过程	(3)
二、系统工程的原则	(5)
三、工程工程的步骤	(6)
§ 1.3 系统工程的重要方法——模型化	(7)
一、系统模型的分类	(7)
二、数学模型的分类	(8)
三、模型化的程序	(8)
§ 1.4 系统工程的应用领域与实例	(9)
一、应用领域	(9)
二、环境系统工程	(10)
三、实例——黄浦江上游水源保护及综合治理	(16)
第二章 系统分析	(19)
§ 2.1 系统分析概述	(19)
一、系统分析的基本概念	(19)
二、环境系统分析	(20)
三、系统分析的准则	(20)
§ 2.2 系统分析的基本要素	(21)
§ 2.3 系统分析的步骤	(22)
§ 2.4 系统分析的方法	(23)
一、系统最优化	(24)
二、层次分析法	(25)
三、环境问题费用-效益分析	(32)
§ 2.5 应用举例	(41)
一、黄浦江上游水污染治理系统分析	(41)
二、常州市城市污水排江工程排放口选择系统分析	(47)
第三章 最优化技术	(52)
§ 3.1 线性规划	(52)
一、线性规划的基本概念	(52)
二、图解法	(56)

三、单纯形法	(57)
四、人造基	(60)
五、对偶问题	(62)
六、对偶变量的经济解释——影子价格	(66)
§ 3.2 整数规划	(67)
一、概述	(67)
二、圆整法	(70)
三、割平面法	(71)
§ 3.3 非线性规划	(72)
一、基本概念	(72)
二、无约束最优化法的解法	(74)
三、有约束非线性规划	(78)
§ 3.4 动态规划	(84)
一、动态规划的基本方法	(84)
二、动态规划方法的应用	(89)

第四章 网络分析技术 (97)

§ 4.1 引言	(97)
§ 4.2 图和网络的基本概念	(99)
一、图	(99)
二、树	(99)
三、割集	(100)
§ 4.3 图的矩阵表示	(100)
一、衔接矩阵	(100)
二、回路矩阵	(103)
§ 4.4 配水管网线性图论模型简介	(105)
一、节点方程	(105)
二、回路方程和压降方程	(107)
§ 4.5 配水管网计算例	(109)
§ 4.6 网络的最短路问题	(111)
§ 4.7 网络计划技术	(115)
一、概述	(115)
二、关键路法	(115)
三、计划评审技术	(118)

第五章 环境系统数学模型 (125)

§ 5.1 数学模型概述	(125)
一、数学模型定义、应用和基本理论	(125)
二、数学模型分类	(126)
三、数学模型的建立步骤	(127)
§ 5.2 河流水质模型基本方程及其解析解	(128)
一、零维水质模型基本方程及其解析解	(128)
二、一维河流水质模型基本方程及其解析解	(129)

三、二维稳态河流水质扩散模型及其解析解	(133)
§ 5.3 河流水质模型	(135)
一、Streeter-Phelps 模型	(135)
二、Thomas(托马斯)BOD-DO 模型	(137)
三、Dobbins-Camp(多宾斯-坎普)BOD-DO 模型	(138)
四、O'Connor(奥康纳)BOD-DO 模型	(139)
五、一维河流的有限差分水质模型	(140)
六、二维河流的有限元水质模型	(143)
§ 5.4 水质模型参数的估算	(146)
一、水文参数估值	(146)
二、耗氧系数 k_1 的估值	(146)
三、硝化系数 k_N 的估值	(149)
四、复氧系数 k_2 的估值	(150)
五、弥散系数的估值	(152)
六、水质模型多参数同时估值	(154)
§ 5.5 一维稳态河流水质模拟	(158)
一、河流 BOD 的模拟	(160)
二、河流 DO 的模拟	(161)
§ 5.6 河口水质模型	(165)
一、河口的基本特征	(165)
二、河口水质模型基本方程	(167)
三、河口有限段模型	(169)
四、实例——黄浦江上游水质模型	(171)
§ 5.7 湖泊(水库)水质模型	(176)
一、概述	(176)
二、完全混合水质模型	(176)
三、湖泊分层水质模型	(179)
四、非完全混合水质模型	(181)
§ 5.8 非点源污染水质模型	(183)
一、非点源污染及其特点	(183)
二、非点源污染数学模型	(184)
三、城市非点源污染模型	(187)
四、农业非点源污染模型	(189)
§ 5.9 大气污染控制数学模型	(192)
一、概述	(192)
二、箱式大气质量模型	(193)
三、高架点源扩散模型(高斯模型)	(195)
四、线源和面源模型	(200)
五、大气污染物扩散模型的参数估值	(203)
第六章 系统预测	(213)
§ 6.1 预测科学	(213)
一、预测原理	(213)
二、预测技术和预测模型	(213)
三、预测步骤	(214)

§ 6.2 定性预测技术	(215)
一、智暴或集思广议	(215)
二、德尔菲法	(216)
三、主观概率法	(217)
§ 6.3 定量预测技术	(217)
一、回归分析法	(217)
二、时间序列分析法	(233)
§ 6.4 环境预测	(236)
一、环境预测的一般方法	(236)
二、环境预测的一般程序	(238)
§ 6.5 大气质量预测	(238)
一、大气污染源强	(238)
二、大气污染预测中常用的气象资料	(240)
三、单点源环境污染预测	(242)
四、城市多元环境污染预测	(245)
§ 6.6 水环境污染预测	(247)
一、水质预测的意义	(247)
二、污染源预测	(247)
三、水质预测的基本步骤	(249)
四、水质污染预测方法	(250)
§ 6.7 实例——常州市城市污水排江水质预测	(252)
§ 6.8 水环境二次污染预测	(258)
一、相关模式	(258)
二、生态系统方程式	(258)
三、生态系统模式	(260)
第七章 决策分析	(264)
§ 7.1 基本概念	(264)
一、决策分类	(264)
二、决策程序	(265)
§ 7.2 确定型决策	(266)
§ 7.3 不确定型决策	(268)
一、悲观法	(268)
二、乐观法	(268)
三、折中法	(269)
§ 7.4 风险型决策	(270)
一、最大期望收益标准	(270)
二、最小期望损失标准	(270)
三、最大可能决策标准	(271)
四、矩阵法	(272)
五、灵敏度分析	(274)
六、决策树	(275)
§ 7.5 多目标决策	(279)
一、基本概念	(279)

二、多目标决策求解.....	(280)
第八章 城市污水排海(江)工程.....	(286)
§ 8.1 概述	(286)
§ 8.2 城市污水排海(江)系统规划设计	(287)
§ 8.3 混合现象	(293)
一、混合与输运过程.....	(293)
二、初始稀释.....	(294)
三、污染羽流再稀释预测.....	(296)
§ 8.4 排放管水力设计	(299)
一、扩散管设计.....	(299)
二、扩散管水力学计算.....	(301)
§ 8.5 排海管施工方法	(306)
一、概述.....	(306)
二、施工方法的选择.....	(306)
三、施工方法分类.....	(307)
§ 8.6 水下结构的侵蚀和养护	(309)
一、概述.....	(309)
二、海水中钢结构的腐蚀.....	(309)
三、阴极保护法.....	(309)
四、涂层.....	(309)
§ 8.7 实例——海口市城市污水排海工程	(310)
第九章 环境污染控制系统规划.....	(315)
§ 9.1 城市环境规划	(315)
一、城市环境规划的指导思想.....	(315)
二、城市环境规划的主要内容.....	(315)
§ 9.2 城市排水系统规划	(318)
一、污水厂厂址选择及水域优化.....	(318)
二、污水处理厂去污水平优化.....	(321)
三、排水管网系统优化.....	(322)
§ 9.3 废水回用系统规划	(326)
§ 9.4 水污染控制系统规划	(327)
一、概述.....	(327)
二、水污染控制系统的结构层次与规划要点.....	(329)
三、水污染控制系统的分析与综合.....	(331)
四、排放口最优化.....	(334)
五、最优化均化处理.....	(338)
六、区域最优化处理.....	(338)
§ 9.5 河口水质规划	(338)
一、河口水质规划数学模型.....	(338)
二、实例——黄浦江上游水环境容量及综合治理规划.....	(339)
§ 9.6 实例——烟台市城市污水综合治理规划	(344)

一、城市概况.....	(344)
二、可行性方案.....	(344)
三、系统模型化.....	(346)
四、系统最优化.....	(347)
五、系统评价.....	(348)
六、决策.....	(348)
§ 9.7 大气污染控制规划	(348)
一、大气污染问题.....	(348)
二、比例下降模型.....	(350)
三、地面浓度控制规划.....	(353)
§ 9.8 非点污染源控制措施简介	(356)
一、非点源污染防治.....	(356)
二、农业非点源污染控制.....	(358)
附录.....	(365)
I F 分布表	(365)
II t 分布表	(367)
III 标准正态分布表	(368)
IV 偏导数差分形式表	(370)
V 某些河流的耗氧系数 k_1 和复氧系数 k_2	(372)
VI 地面水环境质量标准	(373)
VII 海水水质标准	(374)
主要参考文献.....	(376)

第一章 系统与系统工程

§ 1.1 系统

一、系统的概念

自然界和人类社会中的一切事物都不是孤立存在的,而是相互制约和相互联系的,它们形成各式各样的系统。系统这一概念来源于人类的长期社会实践,最早出现于古希腊语中,是部分组成整体的意思。但由于受到科学技术历史发展的局限,“系统”这个概念一直没有受到应有的重视。在 20 世纪 40 年代,特别是在二次大战期间,美国在工程设计中应用了系统分析方法并获得了巨大成就,直至 50 年代以后才把“系统”的概念逐步明确化。所谓“系统”,指的是一个复杂的(研究)对象。这个对象处于一定的环境之中,它是由相互作用、相互依赖的若干个组成部分(元素)结合而成的具有特定功能的有机整体,如工业系统、农业系统、环境系统、排水系统、供水系统等。如果撇开这些系统的生物的、环境的、技术的、生产的等具体物质运动形态,仅仅从整体和部分之间的相互关系来考察,钱学森教授把“系统”定义为:“极其复杂的研制对象,即由相互作用和相互依赖的若干组成部分组合成的具有特定功能的有机整体,而且这个‘系统’本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”

二、系统的分类

系统广泛地存在于自然界,为便于研究,需对系统进行分类。系统的分类方法很多,这里仅介绍以下几种:

(一) 按组成部分的属性,系统可分为自然系统、人造系统和复合系统。

1. 自然系统: 由各种自然物质构成,如由矿物、植物、动物等自然物质构成的海洋系统、生态系统、矿藏系统等,其特点是自然形成的。

2. 人造系统: 人类为了达到某一需求目的,由人所建立起来的系统,如环境系统、排水系统、给水系统等。

3. 复合系统: 人们借助于认识和利用自然规律为人类服务而建造的系统,如气象预报系统等。

(二) 按形态,系统可分为实体系统和概念系统。

实体系统的组成元素是物体实体,例如生物、管道和构件、机械等所组成的系统。而概念系统则是由概念、原理、原则、法则、制度等非物质所组成的系统,如法律系统、教育系统。在系统中,实体系统和概念系统往往是不可分的,概念系统为实体系统提供指导服务,而实体系统又是概念系统服务的对象。

(三) 按所处的状态,系统可分为静态系统和动态系统。

静态系统是系统的状态不随时间而变化的系统,即处于稳态的系统,而动态系统则是系

统的状态随着时间变化而变化的系统,即系统的状态变量是时间的函数。在实际工作中,是以研究动态系统为主。

(四) 按与环境的关系,系统可分为闭环系统与开环系统。

闭环系统是指系统内部与外界环境没有交换的系统;而当系统与外界环境发生能量、物质、信息交流时,则称为开环系统。

实际生产和生活中,一个系统不可能与外界环境绝对封闭。所以闭环系统是基于研究问题需要而忽略外界环境影响的一种近似,它是有条件的。

(五) 按系统的规模,系统可分为小型系统、中型系统、大型系统和超大型系统。

具体系统形态可能千变万化,以上各种系统形态的分类并不是绝对的,现实中的系统之间往往是相互交叉和相互渗透的。

三、系统的特征

综合上述有关系统的概念,一般系统均具有以下四个基本特征:

1. 集合性

系统至少由两个或两个以上的可以相互区别的要素所构成的具有特定功能的集合体。构成系统的各要素虽具有不同的性能,但它们是根据逻辑统一性的要求构成的整体。系统不是各个要素的简单拼凑,而是具有统一性的一个系统整体。因此,即使每个要素并不很完善,但它们也可以综合、统一成具有良好功能的系统。反之,即使每个要素是良好的,但作为整体却不具有某种良好的功能,也就不能称之为完善的系统。

系统和要素的区分是相对的。一个系统只有相对于构成它的要素而言才是系统,而相对于由它或其他事物构成的较大系统,它却是一个要素(或称子系统)。

2. 相关性

系统内的各要素既相互作用又相互联系,构成有机联系的整体才称之为系统。例如,对于电子计算机系统,各种运算装置、储存装置、控制装置、输入输出装置等各种硬件和操作系统、程序等各种软件都是构成要素,它们之间通过特定的关系,相互有机的结合起来,形成一个计算机系统。

3. 目的性

系统特别是人造系统都具有目的性,要达到规定的目的,系统都具有一定的功能。没有明确目的的系统,不是系统工程研究的对象。这样,就把那些目前人类还不能改造和控制的自然系统从系统工程中排除了。

4. 环境适应性

环境是指存在于系统以外的事物(信息、物质、气象等)的总称,任何一个系统都存在于一定的物质环境中,必须适应外部环境的变化。在研究系统的时候,环境往往起着重要的作用,必须予以重视。

根据系统的定义和特征,可得出如下三条结论: ① 整体中每一个组成部分的性质或行为将影响整体的性质和行为; ② 每一组成部分的性质或行为,及其影响整体的途径依赖于其他一个或几个组成部分的性质或行为; ③ 每一组成部分对整体都不具备独立的影响,所以系统不能分出独立的子系统。

§1.2 系统工程

系统工程(System Engineering)是一门新兴的高度综合的科学。它从系统的观点出发,跨学科地考虑问题,运用现代科学和技术的方法去研究和解决各种系统的问题。系统工程也是一种组织管理的科学方法,它把所研究的对象看成一个系统,解决如何对系统进行规划、治理、组织和管理,使之获得最佳效益。

一、系统工程和环境系统工程发展过程

(一) 系统工程的发展过程

系统工程和其他科学一样是社会发展的需要和产物。其方法的运用原则可以追溯到古代。如我国战国时期(公元前 250 年)秦国太守李冰父子主持修建的都江堰水利工程就是运用系统工程概念的一个很杰出的实例。进入本世纪以来,由于社会生产力的高度发展,使自然科学、技术科学以及社会科学之间的整体性联系这一特点日益突出,系统工程正是适应和加强这种整体性联系而创立的一门崭新的边缘学科。

一般认为,系统工程作为一门科学正式形成的时代是本世纪 40 年代,为适应军事和工业、通讯等部门的需要而逐渐发展起来的。当时,英国为适应战争需要,由曼彻斯特大学 P.M.S. Blackett 领导的一个由生理学家、数学家、物理学家、测量学家、军官等各类专业人员组成的研究小组,来制订对付德国空军和海军的对策。在同一时期,美国贝尔电话公司实验室在发展通讯网络时,按照时间顺序,把工作划分为规划、研究、发展、工程应用和通用工程等五个阶段,并首先使用了系统工程这个名词。

1957 年美国密执安大学哥德和迈克尔两位教授合著的《系统工程》一书,对系统工程的理论和方法作了初步阐述。1965 年,美国学者编写了《系统工程手册》,比较完整地阐明了系统工程理论、系统方法、系统数学、系统环境等各方面内容,形成了一个较为完整的体系。从 1961~1972 年美国实现人类登月计划,这就是举世瞩目的“阿波罗”计划。在实施这个计划时,采用了网络计划技术(PERT)、关键路线法(OPM)、系统分析,并用电子计算机进行各种模拟和仿真,使有 2 万多个单位的 42 万人参加、耗资达 300 亿美元、历时 11 年的庞大计划得以实现。它的成功更引起人们对系统工程的注目。于是,系统工程进入了一个发展时期。

70 年代之后,系统工程在应用方面出现了两个特点,一是在社会、经济、环境、军事、政府等部门得到广泛的应用,另一是进入了解决各种复杂的大系统阶段,出现了跨国、跨区域和全球性的大系统研究活动。1972 年在奥地利成立了由 2 个国家组成的“国际应用系统分析研究所”,该所已先后就世界能源系统、资源和环境系统等进行研究。系统工程的国际学术交流活动的日益频繁,标志着系统工程开始迈入初步成熟阶段。

当今世界已步入系统的时代,随着社会经济的发展而出现的现代化生产特点和管理特征,出现了组织复杂、综合性强的相互制约、相互联系的社会化系统。这类独特的系统要求各个部门为了达到自己的目的,必须从总体立场出发,综合而系统地掌握它与外界环境的关系,从总体最优的原则来协调各子系统的关系。其次是由于科学技术的发展而产生的科技高度综合趋势,出现了多学科、大规模和信息化的系统。它迫使人们要在较短时期内对综合

性较大的问题作出判断和决策,从而大大推动了系统工程的发展。

(二) 环境系统工程发展过程

随着人类社会的发展,环境问题越来越严重。人们对其认识也越来越深刻。第二次世界大战以前,人们虽然对个别环境问题,如水和空气污染有所认识,但未认识到环境问题的严重性;第二次世界大战以后,生产的工业化程度不断提高,人口迅速增加,各种自然资源消耗加快,原子能的开发利用以及人造合成化学品的大量使用等,这些都加重了环境的污染,其对人类和生态系统的影响也越来越严重。20世纪40年代,一些工业发达的国家,出现了规模巨大的环境污染问题。“八大公害事件”的发生,震撼了整个世界,人们从这些严酷的事实中猛然醒悟,开始注意已日益严重的环境问题。

工业发达的资本主义国家与环境污染作斗争至今,大体经历三个阶段。第一阶段是60年代中期以前,主要是被动的单项治理阶段,着重于水污染处理。第二阶段是60年代末、70年代初美国、日本等工业发达国家陆续成立全国性的环境保护机构,制定全国性的环境保护规划,由被动的单项治理逐渐转向主动的综合治理。环境质量得到改善,但并没有从根本上解决问题,水体富营养化还是比较普遍存在;第三阶段是70年代以后,人们越来越认识到,环境问题决不仅仅是污染治理。环境问题的产生与经济发展、人口增长、土地利用等有着极为密切的关系,因此只有从协调发展、利用和环境的关系入手,才能彻底解决问题。这个时期环境保护的显著特点是:从单项治理发展为综合防治,从局部治理发展为区域治理,从单项污染治理发展为资源、能源、污染、环境等多种因素综合考虑的大范围的环境规划,以求得到整体上的最优方案。

同时,从经济发达的国家的实践来看,那种先污染后治理的作法在费用效益上是差的。就水环境来说,由于水污染带来多种不良社会经济后果,如:①人们发病率高,劳动力减少,社会保险和医疗费用增加;②生物资源如水产品、农产品、森林的质量、数量损失增加,有些动植物(如名贵鱼种)可能会永远消失;③不良的水质已导致工业产品质量下降,食品质量下降;④为处理污水增加了费用、能源及物质;⑤美丽的景观被破坏,使旅游、体育、文艺娱乐等失去合适的场所,造成经济上和精神上的损失;⑥荒地、不毛之地增加,使经济的发展受到抑制。

水污染经过综合治理和控制使水环境恢复,把钱花在控制污染上,会产生巨大的社会效益和经济效益,如治好一条河带来一片经济繁荣,会促进工业和城市的发展。

1969年,联合国成立了环境问题科学委员会(SCOPE——Scientific Committee on Problems of the Environment)。该委员会在各国大力推广在环境研究方面使用系统分析方法。

在1972年斯德哥尔摩人类环境会议上,我国就提出“全面规划、合理布局、综合利用、化害为利、依靠群众、大家动手、保护环境、造福人民”的三十二字环境保护工作方针。1973年在第一次全国环境保护会议上制定了《关于保护和改善环境的若干规定》。随后又相继提出了现有污染源必须坚持“谁污染,谁治理”的原则,“一切新建、改造、扩建工程的防治污染项目必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产”的方针。70年代以来修建了2196套工业废水处理设施,对消除工业废水的污染起到积极作用。但由于系统规划、综合分析不够,布局不合理,加之处理设施的装备质量差,维护管理工作跟不上等原因,目前已有30%左右的处理设施停止使用,而处理的工业废水达标率也只有38%。因此,消除城市污水的污

染,完全依靠分散建设工业废水处理设施,而不进行系统规划就决定修建的城市集中污水处理厂,其效果并不理想。

1985年,国务院环委会召开了“全国城市环境保护工作会议”,进一步明确对城市污染要在各城市人民政府领导下,经过统一规划,实行综合整治。在1986年颁布的《关于防治水污染技术政策的规定》中也明确提出:工矿企业的废水治理,除少数大型企业或远离城镇的企业单独治理外,其他所有排入城市排水管网的,应由企业单独治理为主,逐步过渡到以城市汇水区为单元的区域综合治理为主(对排出含有重金属和难于生物降解的有毒、有害废水,必须事先进行单独处理,达标后才允许排入下水道)。目前,我国许多省、市和地区已利用系统分析的方法进行环境污染控制规划等的研究和整治,但总的来说我们利用这一理论和方法还处于发展阶段。

二、系统工程的原则

系统工程既是一类研究系统总体与全局性问题的工程技术,它在处理和解决问题时应考虑以下原则:

1. 整体性原则

系统工程要求我们处理问题时,要从系统在空间和时间域上的整体性着眼,要求总体的功能大于各部分功能的总和。下面用形象的系统度量方式来标志两者的关系:

设用某一单位来度量系统的某一属性,数量为 a 。度量系统中第 i ($i=1, 2, \dots, m$)个组成部分的属性,数量为 a_i 。于是,全系统的属性的数量 a 和该系统中各组成部分的属性的数量 $\sum_{i=1}^m a_i$ 的关系有下列三种可能:

(1) $a > \sum_{i=1}^m a_i$: 利用系统技术把系统中各组成部分或子系统协调地融合在一起,使系统的功能增强。

(2) $a = \sum_{i=1}^m a_i$: 系统总体功能等于各部分功能的总和。

(3) $a < \sum_{i=1}^m a_i$: 发生了不协调现象,产生“内耗”,使系统的功能减弱。

2. 综合性原则

它是实现整体性原则和系统考虑问题的核心。具体来说,一是要综合考虑系统目标的多样性或者多宗旨性;二是要综合考虑某项决策在付诸实施后会引起的多方面的后果;三是要考虑在达到同样的目标时,可以采用不同的途径的方法,按照最佳的原则综合使用多种方法和方案进行配合,或提出多种可行性方案来进行评估。

3. 优化性原则

为了更好地运用系统的概念,应尽可能运用数学工具,进行优化分析,以期实现最佳的目标体系。也就是说该系统在实现其最佳目标时,要求内部各子系统之间的分工协作和控制方式应该在结构和环境许可的条件下,保证系统对空间、时间、物质、能量和信息等的利用率最高。

4. 模型化原则

就是应用一个与所研究的真实系统相似的系统模型,在该模型上进行实验,认识真实系

统的情况。模型可以是物理模型,也可以是数学模型等。模型化原则的提出,模拟和仿真技术的广泛应用,使人们有可能在较短的时间内,以较少的消耗、最高的效率和最大的可能去较全面地研究系统间的内部条件和外部环境以及当前和未来之间的各种复杂关系,从而认识整个系统的各种特性和总体运动规律,为实现系统的最优化制订出正确的方案。所以,模型化原则为实现系统最优化提供了很好手段。

5. 交互性原则

考虑决策者在整个分析过程中有着重要作用,所以在分析研究过程中必须及时向决策者反映系统研究和评价的结果,同时也得到决策者的反馈信息,以便对下一步的进程作出判断和修改。

三、系统工程的步骤

当前虽然对系统工程的内容和范围的理解还不尽一致,但一般说来,可以从两个侧面来加以描述,一个是从系统工程的研究阶段来考虑,如图 1-1 所示;另一个是以系统工程的研究思路来考虑,如图 1-2 所示。实际上,这两个侧面反映了同一内容,图 1-2 是图 1-1 的更具体化。

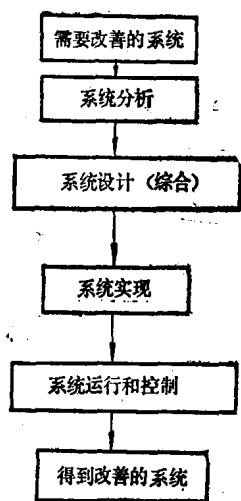


图 1-1

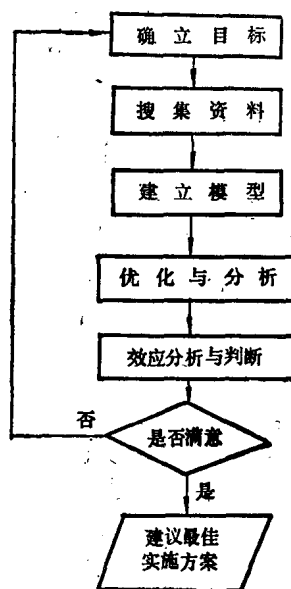


图 1-2

概括地讲,系统工程的主要步骤为:

- (1) 确定问题;
- (2) 组成数学模型;
- (3) 求解数学模型;
- (4) 模型验证;
- (5) 结果实施。

例如城市水资源系统基本结构如图 1-3 所示。