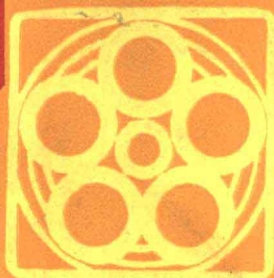


HUANJINGWURANYU

环境污染与生态学文集

SHENGTAIXUEWENJI



江苏科学技术出版社

环境污染与生态学文集

中国科学院水生生物研究所 编

江苏科学技术出版社

前 言

全国人民满怀信心地跨进了大有作为的八十年代。在党和政府的领导下，我国科技工作者，同心同德，努力为社会主义建设贡献自己的力量。我们广大环境科学工作者深刻认识到，随着社会生产力的不断发展，对于人类赖以生存的环境的保护越来越显得重要。要搞好社会主义建设，既要有可供持续利用的自然资源作为雄厚的物质基础，还要有良好的环境作为条件。我国社会主义建设事业提出的要求，是在建设的进程中如何把发展生产和保护环境结合好，而绝不能等到环境达到大规模破坏之后再来重新治理。这是摆在广大环境科学工作者面前的重任。

本文集主要汇集了中国科学院委托水生生物研究所于武汉主持召开的环境污染与生态学学术会议上交流的部分论文、报告，同时还收进了中国环境科学学会环境生物学术讨论会上以及其他方面的一些文章。其中有对水、气污染的生物监测、污染物的生物效应以及生物处理废水的科学研究和经验总结；有的文章还介绍了这一领域国外研究趋势和我国需要开展的重大研究课题。可供国内有关方面参考。

在本书的汇编过程中，得到有关单位领导和作者的大力支持，在此谨表谢意。由于我们水平有限，错误的地方在所难免，欢迎读者批评指正。

目 录

一、综述与动态

- 系统生态学概念在环境治理中的应用 马世骏(1)
- 环境、环境科学、环境生物学 王德铭(10)
- 环境镉污染化学生态的几个问题 曾北巍(23)
- 大气污染与植物生态(国外研究动态) 汪嘉熙(29)
- 多样性指数的应用 李冠国(36)
- 应用水生生物群落评价水质的一些生物数学公式 颜京松(42)
- 环境科学的几个重要领域 王德铭(49)

二、有毒物质对生物的影响

- 三种有机磷农药及其主要中间产物对活性污泥耗氧速率的影响
..... 邓家齐 詹发萃 万登榜(54)
- 官厅水库主要污染物质对底栖动物的影响
..... 王士达 朱新源 颜京松 滕德兴等(58)
- 六六六对金鱼的慢性毒性 周永欣 尹伊伟 张甫英(66)
- 桑叶氟污染对家蚕生长发育的影响 汪嘉熙 钱大复 马德和等(72)
- 氟化物在桑蚕生态系中的积累和转移 汪嘉熙 李正方 马德和等(78)
- 上海市(西区)废水对长江口鱼类影响的报告
..... 贺锡勤 周永欣 陈锡涛等(82)
- 工业废水对Q、C₂潮间带生物群落的影响 范振刚(92)

三、大气监测与植物生态

- 抗污、吸毒及敏感指示植物的选择 汪嘉熙 钱大复 李正方等(95)
- 植物叶子吸收氯气的初步试验 高绪评 汪嘉熙 钱大复(104)
- 某氮肥厂绿化树种吸收二氧化硫能力的调查 潘如圭 汪嘉熙(108)
- 南京某磷肥厂植物抗氟和吸氟试验 唐述虞 汪嘉熙 宋长铨(113)
- 大气污染指示植物的筛选和监测试验 李正方 高绪评 宋长铨(118)
- 动态熏气箱及SO₂动态熏气试验初步结果
..... 中国科学院植物研究所 北京植物园环境保护组(122)
- 植物对化学元素的嗜好与讳忌 陈国阶(125)

四、生物监测与综合评价

利用石油污水灌田的环境质量初步评价 吴维中(130)

应用大型无脊椎动物多样性指数监测蓟运河污染的初步研究

..... 黄玉瑶 滕德兴 赵忠宪(141)

从水生藻类的生态看沈阳市水体污染状况 辽宁大学生物系(149)

鸭儿湖地区环境质量控制和改造的研究

..... 张甬元 陈锡涛 谭渝云等(159)

藻类氧化塘的初步研究

..... 上海石油化工总厂污水厂 中国科学院水生生物研究所第五室(181)

严家湖氧化塘底泥用作农业肥料的试验

..... 中国科学院水生生物研究所第六室化学组(189)

利用人工基质采集底栖动物的初步研究 刘保元 黄浩明 王永明(194)

五、生物净化及其它

炼油污水硫化物含量对生化处理的影响 邓星明 吴巨生 官大铎(199)

葛店化工厂生化中试池微型生物的观察

..... 中国科学院水生生物研究所第六室(205)

维尼纶工业废水活性污泥“丝状菌膨胀”的生态因素及其防治的研究

..... 中国科学院成都生物研究所(211)

关于维尼纶工业废水活性污泥中丝状菌生长条件的试验

..... 中国科学院成都生物研究所(216)

北京东郊地区高等水生植物净化能力的调查及试验研究

..... 中国科学院植物研究所二室环境保护组(223)

一、综述与动态

系统生态学概念在环境治理中的应用

马世骏

(中国科学院动物研究所)

一、环境“系统”的含意

自60年代末到70年代初,新控制论和工程系统学概念,渗透到生态学和环境科学以后,新系统概念在生态学领域中已广泛运用。1968年及1973年先后在巴黎举行的“合理利用和保存生物圈自然资源的政府间专家会议”及第一次“人和生物圈(MAB)会议”都清楚地显示了这个趋势。

能够进行正常生命活动的地壳表面——生物圈,包括气圈、水圈和土壤地质圈。生物圈中的物质循环和能量流动(转化),使三圈成为一个相互作用的联结体。生物圈仍在发展,它的发展依赖于来自空间的能量与物质作用,地质层结构的活动和人类及生物有机体的影响(包括生物的生活机能及其有效的遗传信息物质),也就是生物圈所拥有的多种成分的相互作用关系。

在生物圈长期发展过程中,结合人类的活动,在地球表面出现了不同程度的个体化结构和相应的特有机能的复合体,例如不同类型的森林、草原、湿地、湖、河、岛屿、河口及其他类似体,构成地球表面许多不同类别的景观。每个具有一定生物群落结构的景观及其所占据的有限空间,是个自然功能单位,即通常所说的生态系统(Ecosystem)。在1977年自然科学基础学科规划会议的生态学组讨论时,同志们曾概括了一个简单定义:生态系统是一定空间内,生物与环境通过物质循环和能量转化的相互作用所构成的统一体。所以生态系统是在多种生物群体与环境相互适应过程中形成的。它是生物圈的次级结构,是客观存在的自然单元。

什么是环境?环境在生态学的含意是:一定空间内,多种因素对生物有机体共同构成的综合作用。近代环境科学把环境解释为:一个包括近地层所有生物、空气、水和土壤的生物地理系统。这个系统称为生态圈。是现代环境科学研究的主要对象。

系统则被解释为:由若干相互作用的部件(或成分)连接而成的网络结构。作为一个系统,在分析和描绘它的行为与结构时,要强调它的统一性。一个系统是由一些在相互作用中,彼此有关的部分所组成的物体(包括生物及无生命物体),并且为了某种目的(例如提高生物生产力),这些部分能够在共同的行为程序中合作。这个新系统概念现在

已广泛渗透到生态学的各个水平，即种群生态学、群落生态学和生态系统，从而丰富了生态学的系统内容。

一个复杂的系统是若干物体的集合，一个物体(或事件)的描述，是一系列(一组)行为特征的组合。一个行为是动作的时间延续，一个动作则是行为的瞬时表现。拿数学的语言说，一个行为相当一条曲线，一条曲线可以看作是具有某些特征的点所构成，或者说曲线可以看作是动点按照某种规律运动的轨迹，表达了动点位置随时间改变的规律。在客观事物中，空间结构的形和数本来是联系在一起的，物体运动的轨道——曲线是形，而运动物体的位移——就是数。

所以，现代分析系统所用的系统分析和模式的基础就是数、时、空结合的概念，即若干点、线、面所构成的空间 n 维结构。这对于我们设计环境治理方案是重要的。

因此，所有系统都能被分解为若干亚系统。设某一个系统包含若干成分，被许多不同类型的相互作用所联结，包括信息传递和物质流动，这些成分都可以被分离为亚系统。通常一个亚系统，还可清楚地进一步分解为亚—亚系统。

这个概念在应用上至少有两个便利：

- (1) 便于考虑或思索过程，任何一个复杂系统几乎都超越了直观思索的能力。
- (2) 便于应用，每一个亚系统都可建立若干方程或动态模式。

系统模式，一般分为：

- (1) 陈述模式，或静态结构；
- (2) 动态结构模式。

常见的系统结构模式基本上是一个系统的陈述行为模型。

下列三个图，代表三个不同表达形式的生态系统陈述行为的模型，也是三个类型生态系统结构模式(示意)图。它们是当前国内外环境保护工作中，注意力比较集中的三个对象。

图中社会人文系统包括新土地利用系统的发展、渔业捕捞、水电力发展、交通和商业以及教育和公共卫生等。

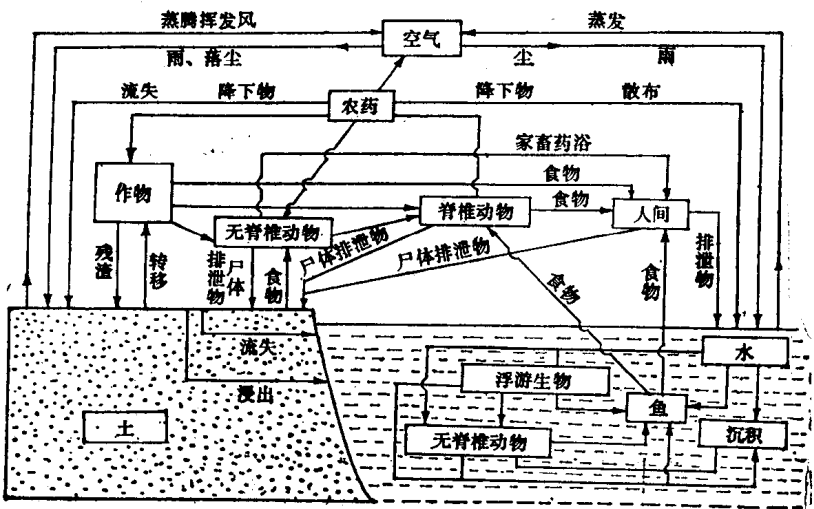


图 1 生态系统中的农药循环(Edwards 1970)

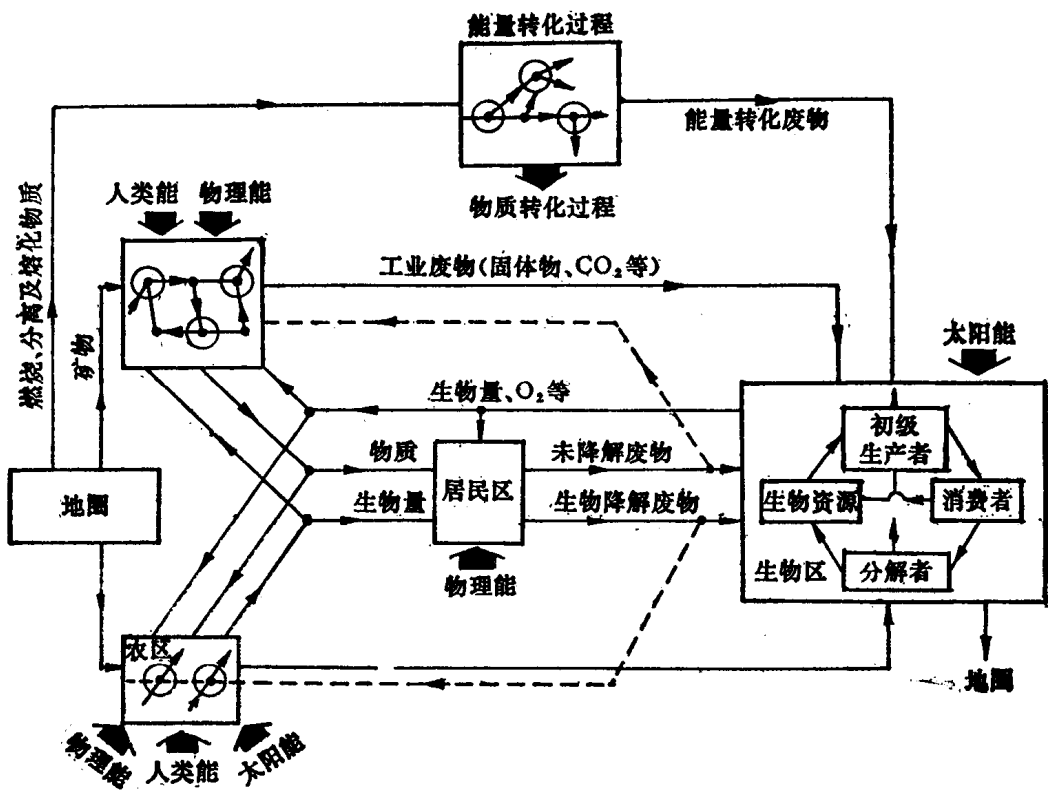


图2 一个工业系统的物质转运过程示意图

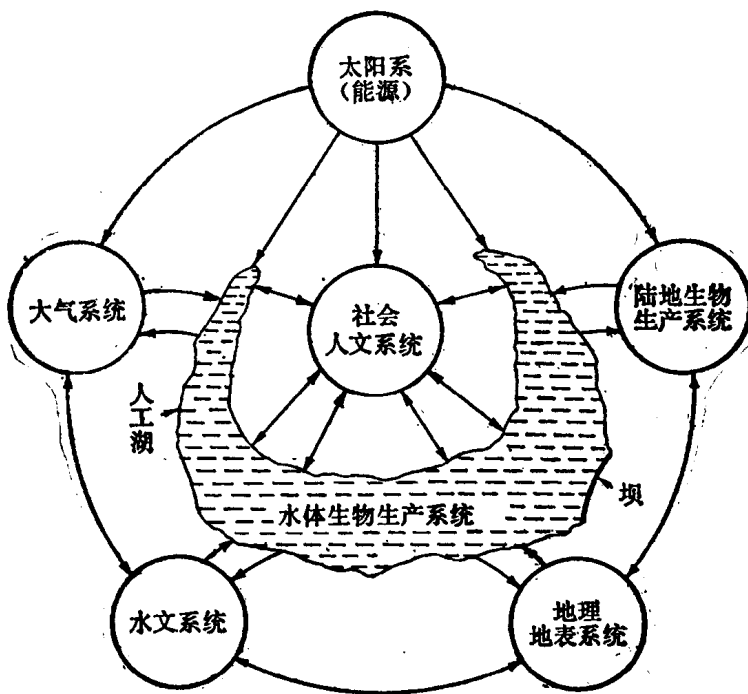


图3 人工湖生态系统复合体
(摘自Man made lake as modified ecosystem 1972)

二、生态系统的特性及其恢复力

当前生态系统研究的中心问题是结构与功能,从进化角度看,结构与功能是相互适应的,并且有一定的自动调节机能。生态系统的基本功能首先应该是广义的物质代谢,由植物同化作用始,合成有机物,经过动物的破碎加工、分解、转化,制造出若干中间产物和次生产物,最后通过微生物作用,完成最后一道工序,把复杂的有机物分解为简单的可溶性化合物和元素,分别释放回大气,或供植物吸收利用,也正是通过这种渠道,完成了生态系统最基本部分的能流及物质循环。

在整个代谢过程中,通常有多方面的化学反应在同时进行,例如,植物在合成第一性的有机物时,土壤微生物也在进行分解有机物的最后工序。微生物的生产量将直接和间接影响合成第一性有机物的速度,这种关系用控制论的语言说明,在整个代谢过程中,可能存在比较繁杂的信息通道和反馈机制。这对于生态系统的特性和动态平衡的出现,有比较重要的意义。

生态系统通过一系列的机能作用过程,表现出若干特性和形状,其中受污染损伤后,与重建正常状态有关的特性,有以下四个:

1. **稳定性** 生态系统发育到一定阶段后,出现稳定状态,稳定状态的一般含义是在一个连续体系内,不出现暂短时间的明显变化。或者说,稳定性就是一个系统保持其基本特征的能力。稳定性形成的基础有以下几个方面:

(1) 基于一定时间内相对稳定的结构组成(包括生物的和非生物的无机环境);

(2) 基于在一定结构基础上,形成有次序的营养物质流动系统,此流动系统是经过一定时期的相互适应过程而形成的,存在一定的质量比例关系;

(3) 基于外来条件,如气象等因素保持相对恒定的规律变化,使已形成的代谢过程和生物群落间的相互制约关系得以继续发展;

(4) 开放式生态系统是通过它的物质与能量的输入和输出系统与周围的生物圈或其他生态系统相联系的。输入与输出的规律变化及其动态平衡是维持稳定性的基础。

在此必须说明,动态平衡是生态系统的整个功能过程中,常常可能出现的物理的、化学的或生物能量的反应结果,属于调节机能范畴。由于生态系统稳定性的形成,必须建立在内部平衡关系的基础上,因此并不是稳定状态出现时,所有生物的和非生物的系统都处于平衡状态。换言之,在生态系统的各亚系统间相互关系失调时,也可能某个局部的成分,如某个化合物或离子的进入或置换仍维持量的平衡,或者局部系统质能失调但尚未达到一定限度时,也不是影响整个系统的平衡,所以,在此意义上,平衡通常是量的概念。生态系统中多种成分趋向平衡的活动,以及一定限度的平衡破坏,则是推动生态系统不断发生变化的内在因素。人类正是利用这种规律导致生态系统发生定向变化的。

生态系统在受到有限范围的干扰时,可以通过改变系统内的组成成分或生物学的和非生物学的机能相互制约的修补过程,恢复它的相对稳定状态。

“修补”是生态系统维持平衡的一种机能,当一个平衡系统受到干扰时,如果基本结构未变,可以设想将有一部分能量,用于抵抗干扰(进行补偿),达到维持正常状态。若干扰程度大,足以影响系统的实体结构,修补作用即开始,直到平衡状态再度建立起来。修补作用所经历的时间过程,视该系统受干扰的程度而异。

2. **可塑性(又称弹性)** 是所有生态系统都具有的一般机能特征, 在受干扰后, 具有重建正常状态的能力。在有机体的个体水平, 可塑性被看成是生理生态机能的调节过程, 使有机体能在外界环境条件改变时, 把机体内部环境维持在一个最适宜的稳定作用状态。在种群水平, 被认为是在受干扰后, 通过改变个体大小, 繁殖速率, 或基因组配而出现的补偿反应。在生物群落和生态系统水平, 被认为在受干扰后, 通过反馈机制的作用, 恢复稳定的自产系统, 使系统的主要成分, 在输出和输入能量与营养物质方面, 保持一定幅度的平衡, 即系统未失去“恢补”和“重建”的基础。

生态学调节, 包括两方面: 环境条件对生物有机体的作用, 以及有机体对环境的作用(包括微生物的固氮作用等等)。

由于生态系统具有一定程度的自行调节机能, 所以对外界条件表现出一定范围的弹性或忍受性。可塑性大小因生态系统的类型及其发育期而异, 通常被认为: (1) 不能破坏系统内生物组成成分的基本结构, 这些生物成分都具有各自的适应环境变化的生态学特性, 并在它的共同形成的代谢过程中, 对某种一定量的有毒物质有降解作用; (2) 不能危害和破坏生物圈内某些基本物质与能量的动态平衡。

3. **多样性** 生态系统多样性表现系统的生物成分由较多的物种组成。在群落中增加物种或物种丰富度变为均等分布都增加系统的多样性。多样性的重要性在于关系到系统的稳定性和系统的可塑性, 以及系统受损害的范围与恢复的基础。一般说来, 多样性较高的系统, 因为内部组成成分间存在比较复杂的调节关系, 稳定性亦较高, 并由于组成系统的主要成分各自有生理生态可塑性, 因而在受到同等强度的外来因素侵袭时, 波及范围可能较小, 有利于恢复的残留部分则相对较大。

多样性是当前生态学中(生物群落和生态系统中)讨论较多的一个理论问题, 一般生态学书中都有阐述。

4. **惯性** 惯性被定义为一个水生或陆生生物群落或生态系统, 在受到侵袭或破坏时, 防御它的结构和功能不被改变或失去平衡的能力。这个指标多用于水域污染生态学的研究或监测中, 衡量惯性的原始因素有下列几方面:

(1) 本地有机体对多变化的环境条件的习惯适应;

(2) 系统在结构与功能方面具有的潜在(储备)力: 在生态系统进化的早期阶段, 是相对简单和具有较低储备的, 当某一特殊物种损失, 即可能意味着一个特殊食物营养水平或功能的损失, 因为没有其他物种填充。高度复杂的成年系统, 具高度的功能储备, 因而可减少某个损失所造成的压力;

(3) 生物生活介质的动态, 如水体及空气的流动速度和扩散性能, 表现能稀释污染物质的有效作用, 环境系统能容纳和降解有毒物质的性能, 包括物质运转率、降解速率和可能分解有毒物质的范围;

(4) 能对抗有毒物质的水性质;

(5) 污染源与生态系统的距离;

(6) 是否具有比较完全的质量监测机构, 可以根据若干信息及时采取行动, 防止污染。

每个指标根据所具有的性能强弱, 划分为 1、2、3 等级, 综合上述指标的乘积, 确定系统的惯性指数(系统惯性指标 = $a \times b \times c \times d \times e \times f$)。(参考: John Cairns Jr and K.L. Dickson 1977 Recovery of Streams from Spills of Hazardous Materials; In

Recovery and Restoration of Damaged Ecosystems)

恢复受损害的生态系统,必须在实际治理前,搞明白两个过程:(1)导致生态系统功能干扰的过程;(2)结构与功能实际的恢复适应过程。这就要求我们不仅要搞清生态系统的基本结构和上述的一些特性,还要搞清污染物的结构与性质。

任何一种生物对某种污染物的耐受性和同化能力都有一定的阈值,这个阈值是结合生物受污染后可能发生的一系列效应而确定的,其中包括滞后效应、累积效应(随时间作用而累积)、放大效应(生物是一个具有反馈的放大功能的系统,外来刺激有时仅起触发作用。因此,不能从单纯能量观点来看待某种一定量物质的效应,这是生物运动形态的一个特点)、层次效应(细胞、组织、器官、个体……)、功能效应(表现为活动和代谢等功能的变化)、发育效应和遗传效应等。

影响恢复速度的因素,则有:

- (1) 受损害的程度和受损害的时期;
- (2) 造成损害的物质种类及数量(常常是同时伴随而来);
- (3) 可以允许生物成分再集群的面积(重建群落的范围);
- (4) 在无机环境中的残效。

不同性质和异体结构的化学物质,其毒性、半衰期或被分解的时间因素是不同的,也因所处的环境而异。可以常用的农药为例加以说明(略)。

因此,各种生态系统具有的同化一定污染物的能力以及受干扰后保持其正常功能的机能是因地而异的。

三、现代的环境问题及污染生态学的趋势

1. 环境问题 这里所谈的环境,是生态圈概念的环境系统,环境问题所以出现,是由于人类活动所产生的副作用,损害了人类健康所需要的环境质量以及生物自然资源,造成人类生活必需的某些生物的生产量趋于衰减。

人类活动对生态系统所产生的影响是多方面的,就目的或性质而言,大致可分为四类:

(1) 基于开发和利用自然资源的目的,人类有计划地进行大规模的生产活动,把原始自然景观改为人工景观,例如开荒造田,育林固沙,以及建造水利系统等,通过这些措施,使低产水平的生物、土壤等资源,发挥更大的生产利益。同时,也有不少地区由于违反生产系统的自然规律,滥用自然资源,造成森林、草原、湖、河等的生物生产力衰退,甚至出现人工荒漠化。

(2) 由于人口不断增长,工矿交通等事业的迅速发展,促使人类向更广阔的大自然进军,使更大范围的自然环境发生根本变化,原来的自然生态系统被性质截然不同的人工结构系统所代替;自然生产力和自然产物逐渐为机械生产力及工业产品所代替;原来的自然调节系统,也将让位于人工系统,但有些地区伴随着大量物质与能量的加速聚集,多余能量及“三废”物质亦相应增多,超越了该有限空间的负荷量或代谢机能。特别是那些生物不易分解的复杂有机物的累积,干扰了人类生活环境,导致生态系统被破坏,甚至毁灭。

(3) 原来潜藏在岩石圈深处的若干物质或元素,经人类启用,上升到地表,释放多

种物质进入环境。它们有些对人类和生物有毒,而另一些可能参加所在地理区生态系统的物质循环,改变其原来的代谢过程;有些元素可能是微量的,但经过生物链索的富集,在不知不觉中改善或者造成生态系统的慢性崩溃。

(4) 为了保护农、林、牧业生产,在大量使用残效长的剧毒农药及广谱性杀菌剂防治病虫害的同时,未免杀死许多控制害虫的自然天敌及其他有益生物,也污染了人类生活环境成分(如水和食物等)。

从上述情况看来,环境问题的产生,有些是由于人类缺乏开发自然资源的整体规划,违反自然规律所造成的;有些则是工业技术社会发展过程中,不可避免的“后遗症”。虽然这些“后遗症”是可预防和治愈的,但它说明环境问题在今后社会发展过程中的长期性,这不单纯是解决现时的污染问题,而是要长期地保护人类健康生活的环境,并通过改善或改造环境,提高生物生产力。

2. 污染生态学的趋势 七十年代以来,环境科学中流行着两个方法论,一个是前面谈到的新系统概念,另一个是定量理论。定量论是在定性理论的基础上发展起来的,认识环境问题的实质,单从物质结构和化学反应过程,已不足以阐明;需要结合精确的数量,也只有提到精确的数量水平,才能更好地运用近代的系统分析,建立动态数理模式。并通过电子计算机进行模拟,提出最优化的管理方案或动态预测。就近代生态学而言,本身就是一门以计算数量为中心的科学,但环境科学特别是着重污染问题的生态学,要求从空间和时间的宏观计量,进入到微量的精确分析计量。

在解决环境污染问题的生态系统的科学研究中,曾有两个论点受到批评,即“活力说”和“还原说”,前者是以狭隘的生物学观点为基础的,认为高级进化的物质运动形态的生物现象不能以物理和化学的简单原始物质运动形态来解释;后者则把复杂的生物机能简单剖析为物理的和化学的现象(作用过程)。诚然,生物结构与功能相互适应的关系是高度复杂的,目前对于许多反应过程和机理尚待阐明,但也必须看出现代科学技术对生物学的渗透,已证明若干高级复杂的生物学现象,可以用近代物理的和化学的规律阐明它的机理,何况在生态系统这个复杂的网络结构中,也存在着比较简单的物质运动形态,例如某些物质的交换与循环。因此,应该把此两个论点结合起来(此种观点有人称为“综合论”)。

以污染为中心的生态学,属于环境科学的一部分,污染物应看成是环境网络结构中的一个突出成分,基于此点,污染生态学的研究趋势,似应表现以下几个特征:

(1) 以系统工程学的概念为基础,把受污染的生态系统看成当地生态系统复合体的一部分,或作为它的一个亚系统来处理。要搞清它们在结构和物质输出与输入之间的关系。

(2) 要注意研究系统受污染、干扰的原因与过程,以及恢复的过程,在通过精确定量与定性分析阐明其规律的基础上,充分发挥系统自身的降解力和邻近自然环境的辅助作用。

(3) 利用自发型生态系统的代谢规律,创造具有高度惯性和稳定性的诱导型生态系统,把消灭污物与长期的环境科学治理相结合。

(4) 运用现代控制论概念,以及模拟和敏感分析等技术建立污染监测及预测系统,对环境变化趋势作出预测。

四、保护与治理相结合的策略

把“消灭污染”与“科学管理”有机地结合起来,是处理环境问题的正确途径。例如,受污染的湖泊,首先是在污源地采取措施,消除污物,并及时地对受污水体采取通气和引进生物等综合措施,增高可以降解有害物质的生物过程,方能较快地消灭污害。然后,继之以科学管理,逐渐恢复适宜的生物结构与理化环境,便能有效地提高水体的生物生产力。对于新建的居民区,工矿区或其他大型工程,则需根据当地的自然地理特征,以及计划中的物质与能量的收支水平,应用生态系统的调节与再生的动态平衡机理,进行全面设计,以预防环境恶化。因此,因地制宜,合理安排农、林、牧、副、渔生产和工矿布局,不仅是社会主义经济建设应遵循的准则,也是环境保护的根本措施。解放后,我国在改造自然的工作中已取得了不少卓著成效的经验;近几年美、英、瑞典等国在恢复被损害的河流、湖泊及工业城市的生活力方面,也报导了若干成功的事例。证明了“综合治理”在改善环境和保护环境中的有效作用。

根据上述思路,拟制了改善和保护人类和生物环境的措施示意图(图4)。

此措施包括三个方面:

首先是减少污源及处理污染物质,其中主要是工程工艺措施,通过改革工艺流程及增设回收物质装置,减少“三废”的产生,扩大对“三废”的利用。其次是找出生态环境受污染损害的过程,并在统一规划下,开展改善人类和生物环境的工作,通过物理和化学的分析找出污染物质的种类与数量。根据一系列的生物学指标,确定生态系统损害的部分和程度,以及污染物质减少到什么程度,才能为生态系统所同化。同时,根据这些指标,制定改善环境的方案,并对工业“三废”:噪声的开放指标和农药种类及其使用量等亦据此提出限制性要求。第三是结合物理的、化学的、气象的及生物学的指标,制定监测指标,建立监测系统,定期取样分析,监测生态系统的恢复过程。

图4可用以表明在今后工农业发展过程中,保护生态系统和人类环境免受污染,合理利用生物资源应采取的综合措施。对任何一个自然地理区的生态系统,在未开发利用之前,先要通过生物学分析(包括生物数学分析),物理学分析和化学分析,对生态系统的生物群落结构、生物量、土壤地质成分以及物质与能量的收支,进行调查分析,认识该生态系统的基本特性及功能,然后根据进一步测定的若干主要生物学指标及技术指标,明确此生态系统现时所处的状态,包括受损害的程度及可能预见的发展动向,据此拟定改善环境和预防侵害的整体规划。

五、结 语

目前,在环境保护工作中所说的“环境”是由多种成分组成的网络结构,由于它在自然界存在的实体即多种类型的生态系统是具有一定调节机能的功能单元,因而对于一定质量的污染物质,有同化或降解能力。从当前造成环境污染的根源分析,采取消除污源和恢复生态系统功能的综合治理,可能是较快地消除污染的有效措施。从预防为主的思想出发,应该把环境保护工作纳入到当地工农业建设的统一体系内。对环境进行综合治理,是今后防止环境污染和提高生物生产力的必须途径。环境科学涉及多种学科,改善和管

理环境必须综合运用多种学科的研究成果，系统生态学应在其中发挥它的骨干作用。

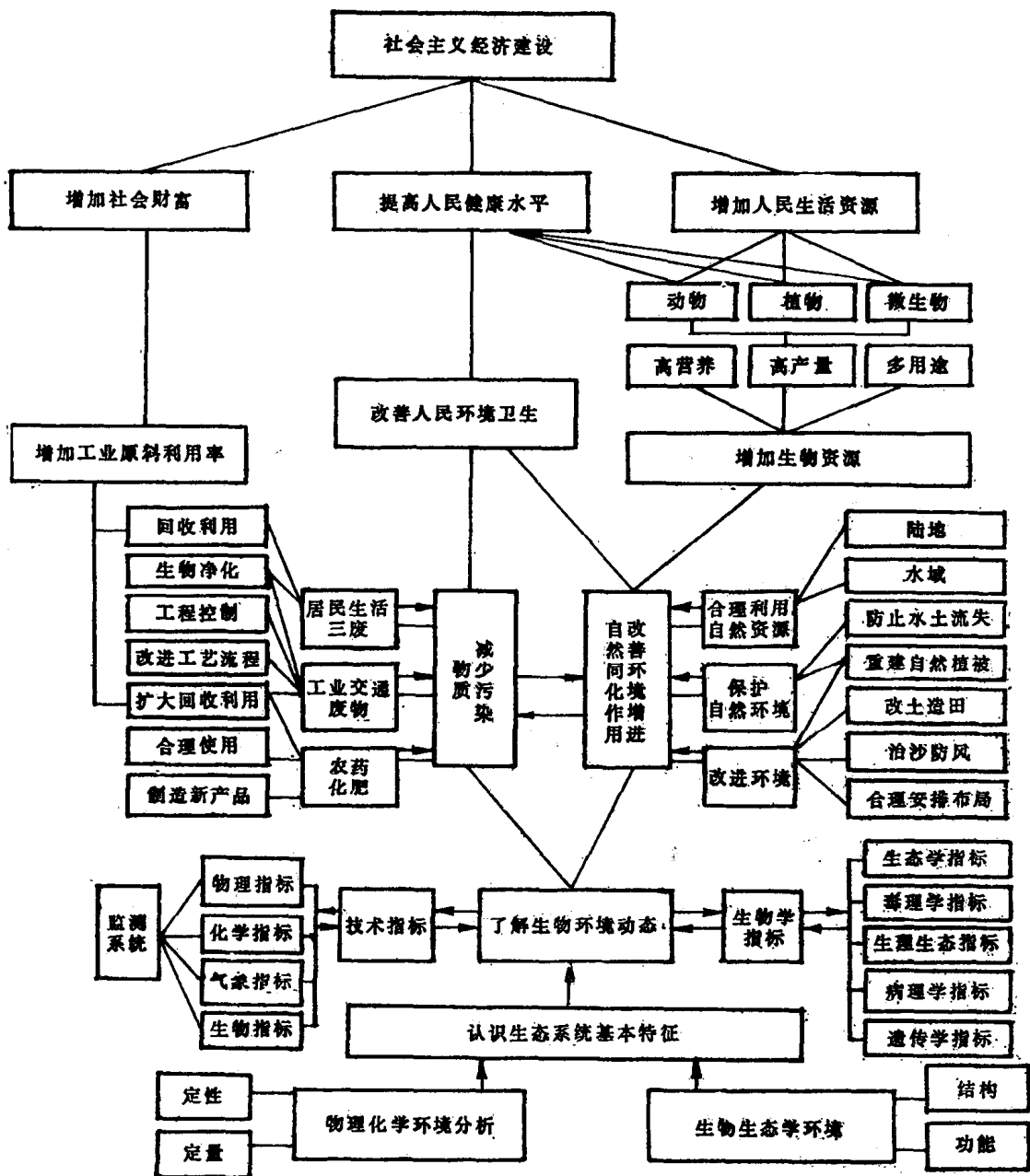


图4 改善和保护人类生物环境的措施图解

环境、环境科学、环境生物学

王 德 铭

(中国科学院水生生物研究所六室)

—

地球的存在已有几十亿年的历史,它是生命和人类产生的场所。人类的生活和生产活动主要在生物圈,这是人类生存的环境。环境是由大气、水和土壤等组成的统一体,是人和有机体赖以生长、繁殖的众多因素和条件的总和。环境因素是直接参与人和有机体物质循环和能量交换的组成部分,环境条件则是连续不断提供物质和能量来源的组成部分;环境因素是不可代替的,而环境条件则是互相渗透,并且具有综合性的。因此环境是人类改造和利用自然的见证,它随时随刻都关系到人类的生存和健康。

约一百万年前生活在北京周口店的北京猿人已知用火,烟气可能经常充满猿人居住的洞穴,由于呛得窒息而暂逃洞外;猿人猎捕和采摘的动、植物弃置后腐烂发臭,有时又迫使他们迁移异地,当时即已存在环境问题。《淮南子·脩务训》记载:“古者民茹草饮血,采树木之实,食羸龙之肉,时多疾病毒伤之害。”反映了古时采集食物为生所受的危害;同时乱采乱捕还使生活资料缺乏,引起饥荒,因而人类最终向农业过渡。不过在原始社会,人类对环境的影响还是小的。埃及和亚洲的一些国家在木乃伊等古尸解剖中,发现死者患有当时空气污染所致的病患。我国历史上也早有了环境保护的思想。如《周礼考工》即记载:“匠人营国,方九里,旁三门,国中九经九纬,经纬九轨,左祖右社,面朝后市,王室居中”已可看出对环境问题的设想。荀子(约前313—前238)曾在《王制》中写道:“草木荣华滋硕之时,则斧斤不入山林,不夭其生,不绝其长也。鼃、鼃、鱼、鳖、鳅、鱣孕别之时,罔罟毒药不入泽,不夭其生,不绝其长也。春耕夏耘,秋收冬藏,四者不失时,故五谷不绝,而百姓有余食也。汙、池、渊、沼、川、泽,谨其时禁,故鱼、鳖犹多,而百姓有余用也。”表达了保护自然的思想。贾思勰所写:“丛林之下,为仓庚之抵”亦说明保护森林,森林与农业生产相互关系。托名黄帝,实为古代人民同疾病长期斗争的经验汇集的《内经》中提到:“天地者,万物之上下也,……阴阳者,万物之能始也。”“人与天地相应”的概念,说明人体和天地都是自然物质,人体健康与自然环境的关系。李时珍(1518—1593)在《本草纲目》中写着:“窥天地之奥秘而达造化之权”,“升降在物,亦在人也”,认识到人力改造环境的作用;李时珍还通过采访“土人”、“工人”的感受和经验,在医学史上首次记载了铅中毒和煤气中毒等病,说明环境因素对人体健康的影响。陈言在《三因一极论》中指出地理要素和气候条件等环境因素与疾病的发生存在着一定的联系。这些都说明古代已对环境问题有一定的认识。

今天,人类的生存环境已不同于原始的自然环境。随着人类活动领域的扩张,人类对环境的利用和改造的深度和广度也愈益伸展,这样,人类生存的环境也就日益扩大,已

扩大到有微小的星际环境，同时，人类也正日益深入到地壳深处。人和环境是相互依存和相互作用的对立统一关系，是矛盾的统一体。环境是与人的进化一起发展着的，人作用于环境，同时，环境也反作用于人。在长期的发展过程中，人与环境之间不断地进行着物质和能量交换，形成了动态平衡。环境作为一个系统，包含着错综复杂、相互联系的众多物理、化学和生物学过程，其中一个过程的变化，就会影响到整个环境。由于近代工业的迅猛发展，埋藏地层深处的物质和能源大量开发出来，使环境的质量发生巨大变化，很多变化对人和生物产生了不良影响，不仅影响到他们的生存和繁殖，还影响到人类的生产活动，影响资源的再生产过程，它的危害既具有广泛性，又具有潜在性。同时，这也标志着地球演化史、生物进化史和人类进化史出现了一个全新的阶段。人类利用和改造环境的能力愈大，环境对人类的反应也愈大，这就迫使人类进一步认识环境，增进和提高改造环境的知识和能力，创造出新的环境。

存在于地表环境的生态系统，或者由许多生态系统所组成的生物圈，都经常地与外界进行物质循环和能量交换。一般来说，物质——能量流总是从热源流经系统，进行转化，再流向冷源。以可见光形式到达地表的太阳辐射，其量子的能量水平较高，局限于红外光谱范围之内的地面辐射，其量子水平较低，这就导致地表环境熵值的减少，因而使系统处于稳定而非平衡状态。生物通过代谢作用而与环境相互作用，人类则是通过生产和消费过程与环境相互作用的。

人类利用、开发和改造环境，打破了人与环境之间的动态平衡，引起环境一系列的连锁反应，降低甚至恶化环境质量。随着大工业、集约农业和大城市的发展，人类对环境的影响，不仅愈来愈剧烈，而且愈来愈广泛，甚至带来了全球性的影响。环境问题的产生，总的来说是由于：工业布局不合理，随意排放有害物质和能量，城市噪声，土地使用过度强化，高残毒、剧毒农药的大量使用，乱采滥用自然资源，以及大型工程带来的不良后果等。这是自然规律及经济规律对人类不合理的生活和生产活动的惩罚。人类是通过实践，才不断地提高对自然规律和经济规律的认识，逐步地认识到利用和改造环境所产生的长远影响。在生产过程中，促使人与环境之间的矛盾不断显示出来，从而得以深入观察和了解人与环境的对立统一关系。通过活动，建立新的能量交换和物质循环系统，形成新的平衡，并且不断提供观察材料、实验工具，从而为环境科学的发展创造了必要的条件。

二

环境科学是人类与污染环境作斗争中产生的，是研究人类与生存环境之间的对立统一规律。也就是人类的活动导致生存环境的变化以及生存环境对人类反作用的规律；因此不但要阐明环境系统的内在本质，研究人类活动影响下的环境系统近期和远期的改变及其所产生的影响，定量进行计算，而且要根据人类的利益和目的，努力寻找解决矛盾的战略和战术，积极调节人类与环境之间的物质循环和能量交换，建立新的平衡，改善环境质量，保护人类健康和资源（包括有生命的资源）。有人认为环境科学是研究人类与环境之间，特别是人类健康与环境之间的对立统一规律的科学。也还有人把环境科学概括为研究由于人类活动所引起的环境质量变化及环境保护与改造的科学。总的来说，环境科学的根本任务是使受人类活动强烈影响的环境，在遵循客观规律的前提下，朝有利

于人类的方向演变。

环境科学目前研究的范围一般是指大气圈对流层顶部(但随着航空交通及宇宙飞行等事业的发展,平流层和臭氧层也日益受到污染的威胁),直到岩石圈的风化壳底部,包括大气圈、水圈、土圈、土壤圈、岩石圈及存在于这四个圈中的生物圈。随着快速、简便、灵敏、准确的测试新方法、新手段的出现,连续化、自动化及计算机化技术的应用,特别是研究环境污染和治理的数学模拟和数学模型的建立,大量数据资料的积累和系统整理,为环境科学的方法论和基本理论的研究创造了条件。环境科学已从宏观的研究和微观的研究,进入到宏观与微观相结合的研究阶段,从深度和广度上认识环境,利用、保护和改造环境。当前特别要注意污染物质的输送和环境的发展趋向及其对人类健康和资源所带来的影响。

环境科学研究的内容,总的来说包括:

1. 污染物在环境中运动规律的研究。研究它们在空间、时间上的变化,它们的形态、组成和数量,它们在生态系统中的运动和行为,它们在多元多介质中的迁移、转化和归宿,以及它们在物理、化学及生物反应中的机理;

2. 污染物的生物效应及对人体健康影响的研究。研究它们对生物与人在形态变化、行动习性、生理生化方面的影响;它们在病理方面,特别是“三致”(致畸、致癌和致突变)的机理,环境与发病的相关性及生命对污染环境的适应性和能动性;

3. 环境质量评价、污染区划和保护规划的研究。进行系统分析、生态模拟、数学模型的研究。研究背景评价、现状评价及预测影响评价的原理和方法;

4. 控制和改善环境的原理、方法和技术的研究。配合工农业生产的发展,研究无污染或少污染的能源、工艺、原材料、技术以及资源的综合利用,当前还应注意区域治理和综合防治的研究;

5. 环境监测及分析测试方法、手段的研究。研究环境监测站、网的设置,快速、简便、准确的分析方法和仪器,状态、结构和痕量分析技术,以及标准化、自动化的研究。

环境科学这一新兴的综合性学科,是现代科学技术向深度和广度进军的重要标志,是自然科学发展中的一个生长点。它的发展必将丰富和促进其他学科的发展,为很多基础学科和新技术的应用开辟新的领域。环境科学在实现四个现代化中已愈益显示出其重要的作用。

环境科学目前正在蓬勃发展,它受到各个自然科学学科的高度渗透,既是一门独立学科,又绝非孤立,而且正在不断产生新的分支学科。我国目前所开展的:环境声学、环境大气学、环境化学、环境生物学(包括污染生态学、生态毒理学及环境微生物学)、污染化学地理、环境地质学、环境地球化学、海洋环境科学、环境医学、理论环境学及环境工程学等,只是其中的一部分。目前对这些分支学科体系的认识很不一致,需要进一步研究和讨论。但比较一致的看法是环境科学的分支学科,可归纳为三大部分,即:环境学、基础环境学及应用环境学。环境学具有综合性、战略性和方向性等特点,研究环境科学的方法论和基本理论;研究环境区划和规划、合理布局、综合利用、环境质量评价的原理和方法,还从全球性、区域性来考查和研究人类活动引起的环境变化及其对人类健康和资源的影响;它是环境科学的核心部分。基础环境学是从自然科学的各门原有学科中分化出来的,有人称之为过渡性科学,它在发展中必将日益区别于原属学科(当然也有可能有的日益趋向于原属学科),既是老学科的新分支,又是环境科学的基础部分。应用环境学涉及