

环境质量的地球化学原理

环境质量的地球化学原理

万国江 编著

50.952

中国环境科学出版社

50.912

109

环境

环境质量的地球化学原理

万国江 编著

中国环境科学出版社

内 容 简 介

本书从环境质量变异的地球化学原理出发,在介绍环境和环境质量概念的基础上,着重阐述了人体对化学元素的需求关系、环境物质(包括环境放射性核素)的释放和特征、环境宿体的物质输送原理、水和大气环境过程及有关界面关系、认识环境质量的原则、计量环境污染的指数原理及应用实例、区域环境及其方法学原理。同时,还介绍了氮、磷、碳、氧等化学元素的全球循环关系。

本书可供从事环境质量、环境质量评价、环境地质、环境地球化学专业的科技人员和大专院校有关专业的师生参考。

环境质量的地球化学原理

万国江 编著

责任编辑 丁枚

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

北京市大兴孙中印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988年10月第 一 版 开本 787×1092 1/16

1988年10月第一次印刷 印张 14

印数 1—3,000 字数 330千字

ISBN 7-80010-159-2/X·130

定价: 4.35 元

序

地球是人类理想的摇篮。人类与地球环境的依存关系不断教育我们：人类应该成为地球行星的维护者。

维护地球行星，首先在于认识地球环境的变化，进而对区域和全球环境变化的人体健康和生态不良影响进行评价、预测和预防。

60年代末、70年代初发展起来的环境质量及环境质量评价研究正是以认识环境变化规律作为基础，以控制环境恶化、维护环境质量、塑造更好的环境作为目标而开展的研究工作。

当前，环境质量的内涵仍很广泛。鉴于环境质量的变化在很大程度上受环境物质组分的制约，所以，环境质量变异的地球化学原理具有重要意义。

环境，不是孤立事物和现象的集合体，而是具内在联系、互相制约的大系统。整个环境系统与人类生存关系密切；各个环境要素子系统又具自身的变化规律和相互的影响关系。因此，认识环境质量时既要对各环境要素子系统进行分析；又要对各个环境要素构成的大系统加以综合。

水与众多的环境要素和环境过程联系紧密。水环境的科学内容成了环境科学的聚焦点，水环境过程成了环境质量考察的基本方面。

本书作者积十多年环境质量研究的认识和体会，从环境质量变异的地球化学原理出发，在书中重点介绍了人体对化学元素的需求关系、环境物质的释放和特征、环境宿体的物质输送原理、水环境和大气环境过程及其有关界面关系、认识环境质量的原则、计量环境质量的指数原理及应用实例、区域环境及其方法学原理。同时，还介绍了氮、磷、碳、氧等与生命机体有关的化学元素的全球循环关系。

本书的出版，可望对从事环境质量、环境质量评价以及环境地球化学的研究和教学工作有所裨益。

刘东生

1987.9.1

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 环境	(1)
一 环境概念	(1)
二 人类环境问题	(2)
第二节 环境质量	(3)
一 环境质量的含义	(3)
二 区域性环境问题	(3)
三 全球性环境问题	(4)
第三节 环境质量评价研究	(7)
一 环境质量评价的内涵	(7)
二 环境质量的生态学评价	(8)
三 环境质量指数系统的发展	(9)
四 环境影响评价	(10)
五 战略环境评价	(11)
六 环境质量评价研究展望	(11)
第二章 环境物质	(13)
第一节 环境物质的含义	(13)
第二节 人体中的化学元素	(14)
一 人体的化学元素组成	(14)
二 人体对化学元素的必需性	(16)
第三节 环境物质的释放	(20)
一 环境物质的释放规模	(20)
二 环境物质的自然释放	(22)
三 环境物质的人为释放	(24)
第四节 环境物质的赋存状态	(32)
一 赋存状态的含义	(32)
二 颗粒态环境物质的粒径分布	(33)
三 颗粒态重金属的化学形态	(38)
四 溶解态重金属的化学形态	(39)
第三章 环境中的放射性核素	(43)
第一节 环境放射性核素的来源	(43)
一 原始的放射性核素	(43)
二 宇宙射线产生的放射性核素	(46)
三 人为活动产生的放射性核素	(47)
第二节 环境放射性核素的特征	(48)
一 一般特征	(48)

二 已知的输入函数	(49)
第三节 环境放射性核素的示踪意义	(50)
一 应用于环境计年	(51)
二 示踪水体地球化学过程	(52)
三 示踪区域环境物质输送和净化	(53)
四 探索污染物再迁移的可能性	(54)
第四章 环境物质输送原理	(55)
第一节 环境宿体及其质量平衡	(55)
一 环境宿体的概念	(55)
二 质量平衡方程	(57)
第二节 稳态系统与寄宿时间	(57)
一 稳态系统	(57)
二 寄宿时间	(58)
三 相对寄宿时间	(59)
第三节 寄宿时间与迁移速率常数	(60)
第四节 稳态系统箱式模型原理	(61)
第五节 非稳态系统的响应时间	(62)
一 响应时间的概念	(62)
二 非稳态系统的积蓄与净化	(62)
第五章 水环境及水质原理	(65)
第一节 地球水圈	(65)
第二节 天然水的酸碱度	(67)
一 概述	(67)
二 天然雨水的pH	(68)
三 调整水体pH的化学作用	(69)
四 地表淡水的pH	(70)
第三节 天然淡水的氧化还原控制	(71)
一 氧化还原电位	(71)
二 电子活度表示氧化还原强度	(72)
三 控制地表淡水氧化还原状态的因素	(75)
第四节 水体耗氧与复氧过程	(76)
一 耗氧过程	(76)
二 水体供氧及复氧过程	(77)
第五节 水迁移输送	(80)
一 平流	(80)
二 扩散	(80)
第六章 水-沉积物环境界面作用	(87)
第一节 沉积物的特征	(87)
一 沉积物源、沉积韵律及沉积速率	(87)
二 沉积物孔隙度及沉积物密度	(87)
三 沉积速率与孔隙度、干密度的关系	(88)

四 沉积韵律的纹理计年	(90)
第二节 沉积物的放射性核素计年	(90)
一 核试验散落核素时标	(90)
二 天然散落核素 ^{210}Pb 计年	(92)
第三节 微粒混合作用	(95)
一 类扩散模式	(96)
二 间断分层模式	(97)
第四节 沉积物早期成岩化学转换及再迁移作用	(101)
一 早期成岩化学作用	(101)
二 沉积物-水界面物质流动	(102)
三 铅沉积后扩散迁移的研究实例	(102)
第七章 大气环境过程	(104)
第一节 地球大气	(104)
一 地球气圈的结构	(104)
二 地球气圈的平均成分	(105)
三 大气中的痕量可变组分	(105)
四 大气颗粒物	(106)
五 大气水化学组分	(107)
第二节 对流层的光化学烟雾	(108)
一 碳氢化合物的光化学反应	(108)
二 氮氧化物的光化学反应	(109)
三 碳氢化合物与氮氧化物的相互作用	(110)
第三节 平流层的卤化物污染及臭氧破坏	(111)
一 卤代烃的种类	(111)
二 卤代烃的大气化学反应	(112)
第四节 水-气界面平衡	(113)
一 水气界面分配关系	(113)
二 逸散	(114)
第五节 大气污染物的沉降	(115)
一 降水冲洗	(116)
二 下垫面吸收	(118)
第八章 环境质量评价原理	(119)
第一节 环境质量原则	(119)
第二节 污染程度的计量	(120)
一 污染度	(120)
二 污染方程	(121)
三 实际的污染方程	(123)
第三节 环境质量指数原理	(124)
一 幂函数型 ($I_i = KC^a$ 型)	(125)
二 标准型 ($I_i = C/C_{\text{标}}$ 型)	(126)
三 等级型	(128)

第四节 环境质量综合指数	(129)
一 权值问题	(129)
二 极值问题	(131)
三 总环境质量指数	(134)
第九章 环境质量指数的应用	(135)
第一节 污染源评价	(135)
一 污染源评价的必要性	(135)
二 排放因子判断法	(136)
三 稀释因子判断法	(139)
第二节 大气质量评价	(141)
一 大气污染和大气质量变化的特殊性	(141)
二 评价大气质量逐日变化的指数系统	(142)
三 评价大气质量长期变化的指数系统	(142)
四 评价大气质量瞬时变化的指数系统	(144)
五 预报次日大气质量的指数	(145)
第三节 水质评价	(145)
一 水质评价的特殊性	(145)
二 等级加权水质指数系统	(146)
三 与生物指数对应的水质指数系统	(147)
第四节 环境质量综合评价	(149)
一 按点位进行区域性环境质量综合评价	(149)
二 区域总环境质量综合评价	(151)
第十章 区域环境原理	(153)
第一节 环境区域的时空尺度	(153)
一 局地环境区域	(153)
二 典型环境区域	(154)
三 自然环境区域	(155)
四 综合环境区域	(155)
五 全球环境	(155)
第二节 环境区域的内部结构	(156)
一 环境结构类型的谱系特征	(156)
二 环境区域的层次结构	(157)
第三节 区域环境研究的发展和类型	(158)
一 发展概况	(158)
二 研究类型	(158)
第四节 区域环境研究目标与方法	(160)
一 区域规划、环境规划与环境区划	(161)
二 区域环境规划的原则与任务	(161)
三 编制环境规划的方法原理	(162)
第十一章 区域环境研究方法学原理	(164)
第一节 污染系列原理	(164)

一 问题与研究设计思想.....	(164)
二 污染物质在环境中的运移及植物和人体效应.....	(166)
第二节 环境场分异原理.....	(169)
一 环境场概念.....	(169)
二 环境场制约着环境物质输送.....	(170)
三 环境场格局受地质基础控制.....	(171)
四 地表物质化学场是诸环境场的综合表征.....	(171)
第三节 化学风化及流域水质原理.....	(173)
一 化学风化速率.....	(173)
二 酸性降水对水质的影响.....	(173)
三 区域化学风化速率的计算.....	(175)
四 河流水质成分的物源分析.....	(176)
五 河流水质成分的变化分析.....	(177)
六 综合区域化学风化速率对比研究实例.....	(179)
第四节 湖泊水环境及箱式模型原理.....	(181)
一 湖泊水环境概述.....	(181)
二 湖水箱式模型.....	(184)
第五节 湖泊沉积物蓄积原理.....	(186)
一 建立模式.....	(187)
二 研究实例.....	(188)
第六节 潜系综合原理.....	(189)
一 环境自然系统评价.....	(190)
二 环境人为系统评价.....	(192)
三 综合评价.....	(194)
第十二章 氮、磷、碳和氧的全球循环.....	(196)
第一节 氮的全球循环.....	(196)
第二节 磷的全球循环.....	(200)
一 磷的循环模型.....	(200)
二 磷循环的干扰因素及评价.....	(201)
第三节 碳和氧的全球循环.....	(203)
一 地史时间尺度下的碳、氧循环.....	(203)
二 人类活动时间尺度下的CO ₂ 和O ₂ 循环.....	(207)

第一章 概 论

第一节 环 境

一 环境概念

环境是一泛指名词。环者绕，围绕；境者疆，疆土。所以“环境”应泛指某一主体周围的地域、空间、介质。由“环境”基本含义引伸，在各学科领域或工农业生产中常有各种提法。诸如医学上常提人体的内环境、外环境；地质学上常提某种矿产的成矿环境；工业生产中常提某种部件生产的工艺环境或某种产品的适应环境等等。

在人类环境的概念中，以人类作为主体，而把人类生存活动的周围世界作为环境客体。人类生存的周围世界包括自然的和社会的两大部分。前者统称自然环境；后者统称社会环境。自然环境是人类社会出现之前就已客观存在的物质世界，通指大气圈、水圈、岩石圈上部（及其风化产物——土壤）和生物圈；社会环境是人类为了提高自己的物质和文化生活水平而不断创造出来的，诸如城市、工业、住宅、交通、娱乐、文物古迹等等。上述完整的人类环境概念是1972年的斯德哥尔摩人类环境会议和1974年的联合国环境规则署理事会之后才逐步得到统一的。

但是，由于环境科学领域中各个分支学科的传统习惯，对环境主体与客体的范围上仍然有不同的理解和定义。在主体的范围上，扩大的提法是将“人类”扩展为所有生物体；缩小的提法是把“人”也理解为环境的一部分。在客体的范围上，有的理解为自然界；有的理解局限于工业“三废”污染；还有的扩展为整个宇宙……。因而在定义环境的概念时，曾出现过或存在如下一些提法：

①环境是指生物体外的一切无生命的物质。

②环境是指人类生存活动的地球圈层——大气圈、水圈、岩石圈的上部（土壤）及生物圈。

③环境分作体内环境、直接环境（空气、水、食物等组成）、一般环境（地球整体乃至宇宙）。

④环境指的是环绕于人类周围的所有社会因素、生物因素、化学因素和物理因素的总合。

⑤在世界各国的一些环境保护法规中，往往把环境中应当受到保护的环境要素或对象称为环境。例如我国的环境保护法第三条中提到：“本法所称环境是指：大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等”。显然，环境法规中定义的环境是具体化了的。

基于当前环境保护工作的内容，本书中将重点讨论人类环境的物质世界部分。

人类生存的物质世界包括生命有机体和无生命的环境骨架。生命有机体意味着所有生命的实体。一般说来，生命有机体之间或生命有机体与无生命的环境骨架之间具有明显的边界关系。通常认为生态学研究的范畴是生命有机体与其生存环境之间的关系，即如生命有机体

的一个类型或一个群落与其生存环境的相互关系。从逻辑上说,这种解释排除了将无生命的实体间的关系作为生态学研究对象的可能性。而从人类环境的概念出发,需要研究的是所有周围的物质世界,当然也就包括了无生命的实体之间的关系。上述研究对象的差别决定了环境研究与生态研究的根本区别。

由于人类环境概念上的一些不一致看法,环境的分类体系尚未统一。就通常涉及的各种类型环境而言,有如下一些划分:

- ①按完整环境概念指导下的环境属性,可将环境分为自然环境与社会环境。
- ②按自然环境的演绎关系,可分为原生环境和次生环境,或第一环境和第二环境。
- ③按自然环境的空间尺度,可分为宇宙环境、地质(地球)环境和地理环境。
- ④按环境的介质条件,分为大气环境、水体环境、土壤环境和生物环境。
- ⑤按自然环境的结构特点,可分为山地环境、丘陵环境、高原环境、平原环境、滨海环境、河流环境、湖泊环境、海洋环境等。
- ⑥按自然环境的区域性特征,可分为全球环境、区域环境、局地环境等。
- ⑦按环境的生态属性,可分为陆生环境(森林环境、草原环境、农田环境等)、水生环境(淡水生态环境、海洋生态环境等)。
- ⑧按社会环境的功能特点,可分为聚落环境(城市环境、村落环境、院落环境)、生产环境(工厂环境、矿山环境、农场环境、林场环境、草场环境、果园环境等)、交通环境(机场环境、港口环境等)、文化环境(文教环境、文物古迹环境、娱乐环境、美学环境、旅游环境等)。

在环境质量的研究中,基本上是从特定时空尺度的地域概念出发而开展的。

二 人类环境问题

由于人类社会经济活动的干扰,在自然界固有的不平衡性的基础上迭加了新的不平衡因素。当今的环境问题可按自然和社会两个系列分为三种类型:

(1) 自然型环境问题:由于自然界固有的不平衡性带来的环境问题,也称第一类环境问题。例如:自然条件的差异和自然物质分布的不均匀性产生的地方性疾病;太阳幅射变化产生的台风、旱灾、暴雨;地球热力和动力作用产生的火山、地震等问题。

(2) 交叉型环境问题:由于人类的社会经济活动造成对自然环境的破坏作用而带来的环境问题,也称第二类环境问题。例如:人类工农业生产活动及生活过程中排放废弃物而造成大气、水体、土壤、食品的污染问题;人类对矿产资源不合理开发和大型工程活动带来的气候恶化、地面沉降、诱发地震等环境结构破坏的问题;人类对森林的滥砍滥伐、草原的过度放牧带来的水土流失和沙漠化等问题;人类不适当的农业灌溉引起的土壤变质问题等。

(3) 社会型环境问题:社会环境本身存在的问题,也可称为第三类环境问题。主要是人口发展、经济发展及城市化带来社会结构和社会生活方面的问题。例如:人口无计划增长带来住房拥挤、燃料和物资供应不足而使生活质量降低的问题;城市化过程中居住、交通、娱乐的不协调而影响生活需求的问题;经济发展中存在的资源浪费、资源枯竭的问题;风景区及文物古迹被破坏的问题等等。此类问题基本上属于社会管理和社会科学研究的范畴。

第二节 环境质量

一 环境质量的含义

环境质量是指环境素质的优劣。当前讨论的环境质量有四个层次的具体含义：

(1) 污染的环境质量。从环境污染的概念出发，往往将环境质量定义为环境或环境的某一部分受人为污染的程度。通过选择适当的污染指标参数，确定合理的环境质量标准，对污染监测数据进行综合分析，归纳成环境污染指数以反映环境质量变化。

(2) 自然的环境质量。从自然环境与人类生存生活的关系出发，将环境质量定义为自然环境对人为活动的适应能力或耐受程度。通过对相应的环境指标参数和标准的比较，应用数学模式的方法，预测某种人为活动可能带来的环境影响，并用环境容量、环境负载能力或环境敏感度表示。

(3) 生态的环境质量。从人类生存的各种环境因素的关系出发，将环境质量广义地定义为各有关环境因子的综合变化。如综合反映空气、水、土地、森林、野生生物、矿藏和生活空间等要素的变化时，用计数评分加权的总环境质量指数表示。

(4) 综合的环境质量。从完整的环境概念出发，将环境质量定义为自然的、社会的和文化的环境的综合优劣程度。但是，目前还缺乏将三者统一起来认识环境质量的方法。

衡量环境优劣程度的基准是：环境是否适应于人类健康地生存和美好地生活。与此基准相关的要求是：良好的人体健康效益、生态效益、环境经济效益及其它环境效益。

环境与人类的协调具有历史性、社会性和自然性三个方面。历史发展地看环境质量，才能正确地分析经济发展对改善环境质量的总趋势；社会地看环境质量，才能合理地分析社会结构对环境质量的影响程度。而自然状况的变化、地球环境的演化，则是认识环境质量的基础。因此，本书的重点在于讨论人为社会经济活动干扰下的地球环境变化规律。

环境质量的研究内容包括：影响环境质量变化的机理；人类环境参数及其标准；评价和认识环境质量的方法原理；环境质量的变化趋势。研究和认识环境质量的基本目的在于控制和改善环境质量。

二 区域性环境问题

一定地域范围出现的环境质量恶化问题包括污染问题和生态破坏问题。污染问题有直接污染和转化污染两种类型。

直接污染是由于人为释放的环境有害物质经扩散而直接改变环境组成，造成危害人体健康的环境质量恶化问题。这类问题广为人知，如历史上发生的英国伦敦烟雾事件、比利时马斯河谷事件、日本米糠油事件等。

转化污染是由于人为释放的某些环境物质在区域环境条件下发生一系列物理、化学或生物反应，造成危害人体健康的环境质量恶化问题。也称作污染物的地球化学效应后的污染问题。转化污染的特点是：①以环境的特殊条件（包括某些环境物质的自然存在）为基本的前

题；②人类活动（包括环境物质的释放）在性质上和规模上足以触发自然环境的变化；③转化污染的过程是缓慢的，但造成的环境质量影响却是长远的和难以挽回的。转化污染有以下三种情况：

第一，环境作用引起污染物毒性的变化。如环境汞污染主要是以汞的甲基化最为严重。而甲基汞的形成受介质酸碱度、氧化还原性、温度、硫离子存在情况、有机质污染程度、微生物作用类型等环境因素的影响。当上述环境条件的综合作用不利于甲基化过程时，则汞释放导致的环境质量变异将不很明显；反之，当环境条件有利于甲基化作用，并且存在食物链的传递，则必然产生污染效应，造成汞的环境质量问题。

第二，人为活动诱发自然物质的释放、转化和活跃。例如，我国北方某些城市地下水硬度出现增高的趋势。在过去20—30年间，有的地区地下水硬度增高10度（德国度）左右，平均每年升高0.5—0.6度。产生上述现象的原因既非人为释放Ca、Mg等物质的直接沾污，也非单纯水文地质作用的结果，而是人为活动（开采过量、或者古地理因素、或者大量耗氧有机物和酸类物质的释放）作用于富含Ca、Mg物质的透水层沉积物所造成；

第三，环境酸化。在较长时间内低pH的酸性降水与区域性的酸性环境背景协同作用的结果。环境酸化可能增大土地的侵蚀速率、降低土地的植物生长能力、危及水生生物的生存，对人类生存产生间接影响。

区域性生态破坏问题主要产生于人类大型工程活动。埃及阿斯旺水坝和印度纳加尔朱纳萨加尔大坝的建设均可看出其生态影响。埃及建成阿斯旺水坝后虽然按原来设计的预想，获得了巨大的灌溉和发电效益，但同时也出现了环境的不良影响：尼罗河下游三角洲失去了长期以来一年一度的泛滥，土地肥力下降；入海水量减少，导致沙丁鱼的减产。此外，下游地区还出现血丝虫病。印度南部建造纳加尔朱纳萨加尔大坝后，水库和干渠的渗漏使地下水位升高几米，相继而来的土壤碱度变大，提供了农作物从土壤中摄取过量钼的条件。由于再通过食物链传递及微量元素的生物学拮抗效应，导致了人体缺铜的骨质疏松病。与该地区原来存在的慢性氟中毒症，两种疾病迭加，出现了“膝内翻病”。患者两腿变形，有的成“S”形，不能行动；有的两膝关节交错；有的两膝靠拢站立时，两脚不能靠拢。

三 全球性环境问题

近年来，一些可能产生全球环境效应的问题特别令人关注：

1. 资源枯竭

地球上储存的矿产资源是极其有限的。但是随着社会和工业生产的发展，人类对矿产资源的需求量与日俱增。统计资料表明：地球上已被勘察的煤、铁、锰、铬铁矿、镍、钴、钒、钛、铂族金属、铝土矿等的储藏量可以保证本世纪及以后许多年的需要；钼、铜、锑、钨、铅、锌、锡、金、铀和金刚石的储量只可能维持到本世纪末；而石油、天然气、汞、银、铋、石棉、萤石、云母、石膏等矿产，则满足不了20年的需要。此外，全球性水荒也很严重。

21世纪矿产资源的前景究竟怎样呢？1979年美国地质调查所建所百周年纪念大会上专门讨论了“21世纪的资源”。1981年在巴黎举行的第26届国际地质大会上，地质学家们认为世界文明需要更多的矿产资源，但答案并不令人乐观。面对地球资源枯竭的形势，人类对地

质学提出了划时代的要求，特别强调对资源良好的经营管理措施和综合利用。

2. 沙漠化

沙漠化是指干旱地区的土壤和植被向干旱化、生物生产率向消减方向发展的不可逆变化。当出现生物资源彻底破坏时，土地将沦为沙漠。产生土地沙漠化的原因既可能是自然的，也可能是人为引发的。据1977年联合国在内罗毕召开的沙漠化会议（UNCOD）估计，现在全世界沙漠和受沙漠化威胁地区的总面积达4500万 km^2 ，占地球陆地面积的1/3。近十多年来，由于连续干旱和人类对于旱草原的过度放牧，平均每年扩大沙漠土地5—7万 km^2 。尤其非洲地中海沿岸的撒哈拉沙漠，半个多世纪以来扩大了65万 km^2 。苏丹境内沙漠在60年以来向南推移了90—100km。

评价沙漠化的危险、制订预防沙漠化的措施、设计最大限度地降低沙漠化危险性的环境管理技术已成为保护地球环境的一项突出的任务。

3. 全球性热效应

在自然热量平衡的基础上，由于人为能源的大量消耗和急剧增长，势必带来全球性的热平衡失调。而燃烧矿物燃料和薪柴以及某些工艺活动导致大气二氧化碳浓度增高，更可能以很快的速度触发全球气候变暖。

地球环境中的二氧化碳循环过程对地球化学作用曾产生过巨大的影响。在前寒武纪时，铁的迁移能力特别强，便是当时大气圈富含二氧化碳而对岩石进行着强烈的风化作用，增大了水体对铁的携带量的结果。在地球发展历史中，二氧化碳似乎是减少的趋势。但是，由于人为能源的活动，大气二氧化碳浓度急骤升高。联合国环境规划署的全球环境监测系统（GEMS）所进行的大气监测和其他监测表明：与工业革命前相比，现在大气中的二氧化碳已经增加了13%。全世界二氧化碳的产生量每年增长4%，其中一半留在大气中。到了下一世纪中叶，大气二氧化碳可能比现在增加一倍，并达到工业化前的4—8倍。

由于二氧化碳对来自太阳的短波辐射具有高度的穿透性，对地球反射的长波辐射具有高度的吸收性，因而可能导致大气层低处的对流层变暖、高处的平流层变冷，产生“温室效应”（也称“花房效应”）。按目前的情况，地面气温也许已经升高了0.5℃。但是，这种变化无法察觉，或许被其它因素（大气溶胶所造成的温度变化）所掩盖。预计21世纪中叶，地球表面平均温度将增高1—3℃，而平流层温度则会降低6—10℃。

如果气候变暖的情况真的发生了，极地冰帽和农业生产将受严重的影响。如果大气二氧化碳总量增高一倍，将造成南极西岸冰层消融，海平面升高5m，沿海城市淹没。虽然气温升高可延长植物生长季节、增加植物量。但也可能因失去自然平衡，使植物呼吸和凋谢速度比光合生产更快；业已控制的有害微生物和昆虫将得以繁殖；水分蒸发加快使河湖水位下降；一些地区出现表面干旱现象……。

如何全面地预测全球性的热效应及其对人类社会的综合影响，如何反应全球性的热效应变化，将是未来若干年内环境质量研究的中心议题之一。

4. 臭氧层破坏

大气臭氧主要集中在平流层。于地面以上20—25km范围的臭氧高含量部位通称为臭氧

层。B. И. 维尔纳茨基认为, 高空臭氧层能大量吸收紫外线, 对地球生命有特殊的保护作用, 使得地表生物地球化学作用得以进行。此外, 大气圈中也经常形成臭氧, 并在水圈和岩石圈上部的氧化作用中耗掉。所以, 在整个地球历史上, 臭氧的地球化学作用可能是很大的。

氯和氮氧化物在平流层中能引起臭氧浓度降低, 从而使过多的紫外线进入对流层。由于现代超音速飞机的排气、氮肥的大量施放、氯氟甲烷的大量使用、高空军事活动及工业废气的排放, 都可能人为地导致平流层臭氧的有效减少。

由于汽车尾气的排放, 可能在地表对流层形成过量的臭氧, 进而经阳光作用后, 大规模地伤害农作物。

无论平流层中臭氧浓度的降低, 还是对流层中臭氧浓度的增加, 都可能危害环境。特别是两个过程合在一起, 将出现令人担心的恶性循环。

5. 大气尘埃的威胁

大气溶胶的存在对地球水热平衡起着一定的作用。由于人为活动的剧烈增强, 气溶胶不断增高。目前大气中尘埃量为50—100年前的2—3倍, 特别是北半球的增加更明显。气溶胶的增加可能增大反射和吸收太阳光辐射能力, 降低气温。当反射率增加1%, 可使地球气温降低1.7℃; 如果太阳有效辐射量减少1.5%, 气温将降低9℃, 则雪线将由现在的北纬72°南移到54°。如果出现此情况, 有人认为将出现类似冰期。

此外, 大规模的核试验的散落物进入高空后, 形成能量较低的带电粒子流。地球磁场好似一个大的“捕集器”将这些带电粒子“锁”在地球磁场中。放射性微粒对地球磁场是否有较大的影响尚不清楚。

6. 生态系统简化

天然生态系统逐渐消失, 代之以人为的农业生态系统; 少数的人为作物品种代替了多样化的天然植被。人类借助于化肥农药维持的集约化农业给生态系统带来严重的损失。由于原生环境的消失, 人类捕杀和环境污染, 全球植物和动物物种资源急剧减少, 估计有2万多种植物、千余种脊椎动物的种和亚种面临灭绝的危险。生态系统的简化是人类无法弥补的损失。

※

※

※

根据热力学第二定律, 任何自发过程伴随着熵的增加。对于区域乃至全球的环境过程, 存在有:

$$dS(\text{资源、能量}) + dS(\text{生态系统}) \geq 0, \quad (1-2-1)$$

由于能量转换、资源开发使用过程中

$$dS(\text{资源、能量}) > 0, \quad (1-2-2)$$

生态系统的熵有可能减少

$$-dS(\text{生态系统}) \leq dS(\text{资源、能量}). \quad (1-2-3)$$

生态系统熵的减少, 必然反映在生态系统的秩序和生命体的能量结合上。

区域和全球性环境质量问题的形成及其相互影响, 导致区域或全球环境质量的恶化。

第三节 环境质量评价研究

一 环境质量评价的内涵

环境质量评价也称环境影响评价是确定、预测和解释某种人为活动对环境的影响的方法。当前环境质量评价的特点是：①实用性上，除评价环境质量现状外，还建立了环境影响评价制度，对计划中的工程项目进行环境影响分析；②方法上，引入了环境指数的概念，开展模拟模式分析；③因素选择上，趋向于从社会、自然及人为三个方面联系起来认识环境影响。

判断环境质量的基本依据是人体健康效应、生态效应、环境经济效应及其它环境效应。

环境质量评价的类型繁多，因对象而异。诸如：①按地域因素可分为局部的、区域的（城市、工业区等）、海洋的和全球的；②按环境介质分为大气的、水体的、土壤的和生物的；③按时间因素分为回顾性评价、现状评价及预测性评价；④按参数选择包括卫生学指标、生态学指标、地球化学指标、污染物指标、经济学指标、热力学指标等；⑤按环境要素可分为单要素评价和综合评价。

评价环境质量的方法原则包括主观和客观两个基本体系。主观原则是按贝叶氏原理，允许评价者从主观立场出发，对各种环境质量参数的相对重要性作出判断并加以选择。客观原则是让各种环境资料“为自己说话”，需要通过各种环境质量参数量值的相互对比进行筛选和判别。前者的优点是处理简易，把与评价目标无关的次要资料剔除掉。但是如果评价者对评价对象的性质的认识具有差距时，容易脱离实际而犯主观意断的错误。后者的优点是比較客观地揭露环境质量问题的实质。但是需耗费大量的人力和物力去获取大量资料，以致于其中充斥一些与评价目标无关的资料；同时，当各种资料罗列于一个资料系统中时，判别的工作将会十分繁杂冗长。两个原则体系各具优缺点，可针对具体的情况进行选择。也可采用两者结合的方法，首先进行初步的主观判断，尔后再用主要的资料进行客观筛选。

区域性环境质量评价具有很强的综合性特征。主要表现在环境的自然承载能力和人为活动强度的综合研究；区域范围内不同环境宿体单元、环境介质（相）及环境参数的综合；时间因素上的长、中、短时距尺度环境变化的综合分析；不同学科、研究者和研究内容的综合。

在开展区域环境综合评价与研究中，有三条基本的学术思想：①社会-自然综合体；②生态稳定与脆弱性的平衡；③地球化学物质平衡。

评价环境质量的基本目的是：①为污染控制、环境管理、国土整治提供科学依据；②为工业布局、环境规划、经济开发提供优化方案。

我国自70年代初有组织、有计划地开展环境保护的科学研究以来，围绕着特定区域环境进行了环境质量的大量探索。诸如：以城市或工矿区为对象的北京西郊、北京东南郊、南京城区、上海、沈阳、天津、茂名、兰州等地区的环境质量研究；以陆地河湖水域为对象的长江干流、黄河、松花江、图们江、珠江、湘江、漓江、沱江及官厅水系、白洋淀、鸭儿湖、阳澄湖、西湖、太湖、东湖、滇池和我国东部地表水的水环境质量研究；以海域为对象的渤海、南黄海北部、东海、珠江口海区环境质量研究；以自然保护区为对象的长白山、峨眉山、梵净山、海南岛等的环境综合调查研究。此外还探索了全国环境保护区划、单项参数的环境容量区划、全国污染形势分析及公元2000年环境预测研究。1979年颁布的环境保护法中建立了环境影响评价制度，随即对一些大型工矿企业的建设和大型水利工程的建设项目

开展了环境影响评价。1977年11月召开的“区域环境学术讨论会”(成都)、1978年12月召开的“环境理论座研究谈会”(厦门)、1979年3月举行的“中国环境科学学会第一次代表大会”(成都)、1979年11月举行的“中国环境科学学会环境质量评价研究委员会成立及座谈会”(南京)、1981年10月举行的“第一次全国环境质量评价研究学术讨论会”(贵阳)、1984年12月举行的“中国环境科学学会首届学术年会”(北京)和其它一些专题讨论会上,都宣读了大量关于环境质量评价研究的报告和论文。

我国前期工作中,较多地以环境物质的地球化学平衡作为基础,着重于环境质量的污染评价。工作中,查明或基本查明了一些区域的污染现状,建立了一整套调查和评价环境污染的方法。后期开展了大型工程活动或工矿区建设的环境影响分析,开始了区域环境管理模式的建立和区域环境承载能力的研究,但从方法体系上尚需完善。在已开展的环境质量评价工作中,具有以下几个方面的特色:①概念清楚、目的明确;②理实交融、资料翔实;③时空兼顾、点面结合;④静态分析、动态对比;⑤微观解析、宏观综合;⑥系统模拟、定量模式;⑦协同作战,多层综合。随着社会发展和国民经济建设的需要,我国环境质量评价研究将获得进一步的发展。

中国科学院环境科学委员会于1980年至1984年组织完成的“京津渤区域环境演化、开发与保护途径研究”是在较大区域范围开展环境质量综合研究的首次尝试。研究中,从区域环境的历史演化出发,致力于从整体上保护和改善区域环境质量。在较大的时空尺度上,对大气、水体、土壤及生物等进行了较长时间的调查研究及模拟试验。采用了点面结合、微观解析与宏观纵述、静态分析与动态对比等方法,对京津渤自然环境及其承载能力、自然环境的现实功能、经济开发与环境保护等方面进行了系统的研究。该项工作具有基础性、系统性、综合性、实用性的特点,其综合研究方法具有一定的普遍意义。

二 环境质量的生态学评价

经典的环境质量评价是以生态学研究为基础发展起来的。从生物是整个环境因素综合影响的产物的概念出发,应用在一定环境中生物的生存或缺失作为环境状况的标志。生态学的先驱者之一——Shelford (1913) 的早期报告曾试图解释:分布主要是生物对环境的物理-化学条件的耐性和反应的结果。以后个体生态学中的许多工作正是渊源于这一概念。

早在1852年曾有人断定某些纤毛虫,尤其是草履虫,可以作为水质污染的指标。但实际利用水生生物的种类来评价水体乃始于本世纪初。1908年Kolkwitz和Marsson 根据各种污染水体中生物的分布提出了污水生物系统,奠定了后来用指示生物评价水体污染的基础。其后数十年来,各国学者相继提出了许多水体污染程度的指示生物评价方案和指示生物名称。欧洲一些国家至今还沿用某些污水生物体系评价河流等水体的污染状况和自净程度。在有的国家还以此作为国家或地方政府评价水质的法定标准。

据颜京松(1979)分析^①,污水生物体系有三个可能的发展方向:①以个体生态学为基础,用生物的分析来阐明环境质量并监测污染。传统的K-M指示种方式的污水生物体系是其核心。美国的Back生物指数、英国的Trent生物指数、捷克斯洛伐克的污染评价均值等,实际上也是在指示种方式基础上所发展起来的,也可看作是K-M氏工作的继续与发展。②以群落生态学为基础,以群落中的优势种作为评价其栖息地区环境质量的重点。由于

^① 颜京松(1979):评价水质的污水生物体系。