

环境容量

周密 王华东 张义生 编著

东北师范大学出版社



环 境 容 量

周 密 王华东 张义生
编 著

东北师范大学出版社

责任编辑 江树芳

环 境 容 量

HUANJING RONGLIANG

周 密 王华东 张义生 编著

*

东北师范大学出版社出版

(长春市斯大林大街110号)

吉林省新华书店发行

长春市第四印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 8.5625 字数: 210千

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数: 1—2 500册

ISBN 7-5602-0067-2/K·11

统一书号: 12334·7 定价: 1.70元

前 言

环境容量是环境科学的基本理论问题之一，也是当前环境科学研究的一个重要内容。对环境容量的研究，不仅有理论意义，而且有实际应用价值。在国土整治、区域开发、城乡建设、工农业生产布局、环境管理及基本建设项目环境影响评价和区域环境质量评价等领域都涉及或应用环境容量的理论和知识，以谋求社会效益、经济效益和环境效益的统一。经济建设如果违背了环境容量理论，必将造成环境污染和环境破坏的后果。

为了适应我国经济建设和环境保护的需要，我们在总结近年来教学和科研成果的基础上，参考了国内外有关文献，编写了这本《环境容量》，奉献给读者。

本书由周密、王华东主编。王华东编写第一章；张义生编写第二、第六章；周密编写第三、第四和第五章，并在王华东教授指导下负责全书的修改和整理工作。

中国环境科学技术管理研究会副理事长唐云梯为本书作序；本书在编写过程中得到北京师范大学刘培桐教授的关心和指导，受到东北师范大学陈才教授的支持，张子楨教授和李惠明副教授审阅了书稿并提出了宝贵意见。魏民为本书清绘插图；杨彬、姜树春、张岩、佟军、王健、崔庠、刘惠清、程淑强、胡平等同志也参加了部分工作。在此向诸位表示感谢。

本书内容涉及领域较广，由于编者水平有限，难免有错误和不当之处。敬请读者批评指正。

编 者

1987年8月

序

环境容量是指某一环境在人类生存和自然生态不致受害的前提下，所能容纳的污染物的最大负荷量。依据环境容量，实行污染物总量控制，是目前环境管理中急需解决的一个重大课题，也是我国防治污染保护生态的一项长期技术政策。

环境容量是环境科学的基本理论之一。开展环境容量的研究对于国土整治、区域合理开发利用与规划，城乡工农生产合理布局，开展环境质量评价和预测，制定污染物排放标准以及对于改善环境管理等等，都具有重要的现实意义和深远意义。

环境容量概念于70年代末引入我国之后，立即在环境科学界广泛流行和迅速运用，并纳入“六五”国家科技攻关计划。几年来，各地区在探讨环境容量的理论与方法学方面做了大量工作，取得了可喜成果。《环境容量》这本著作就是在收集，整理和综合分析近几年有关环境容量的教学、科研资料的基础上，系统总结研究了国内外最新研究成果和实践经验，为适应我国环境保护事业的发展需要而编著的。书中重点介绍了有关确定水环境容量、大气环境容量及土壤环境容量的基本原理与方法。我相信，这本著作的出版，必将对促进我国环境决策，环境管理科学化与环境科学技术的进步，起到有益的作用。

唐云梯

一九八六年六月五日

目 录

第一章 绪论

第一节 环境容量的概念和类型.....	1
第二节 环境容量的基本特征.....	4
第三节 环境容量研究的发展概况.....	8
第四节 环境容量研究的趋势.....	13

第二章 环境及其基本属性

第一节 环境的形成和发展.....	18
一、环境的基本概念.....	18
二、环境的形成和发展	19
三、环境系统.....	23
第二节 自然环境的组成和结构	26
一、大气(圈)环境	26
二、水(圈)环境.....	35
三、土壤环境.....	56
四、生物环境.....	70
第三节 社会环境的组成和结构.....	73
一、社会环境的概念	73
二、社会环境的分类	74
第四节 我国环境的基本特征.....	75
一、纬度宽广, 气候条件各异, 对我国大气环境质量	

影响明显	75
二、位置独特, 环境水文条件不同, 各水域自净能力 相差较大	77
三、土质随气候分带明显, 抗污染能力各不相同, 环 境质量具有本底差异性	77
四、地势西高东低, 落差大, 对环境质量具有两重性 的影响	78
五、不合理地开发利用自然资源, 是影响环境质量 重要因素	79
六、环境质量与城市发展政策、能源消耗、人口密度 息息相关	80
七、乡镇工业遍地开花, 污染范围不断扩大, 是我国 环境问题的新情况	81
八、我国的环境质量受工业污染和不科学的农业活动 交织影响	81
第三章 水环境容量	
第一节 污染物在水中的迁移转化	82
一、重金属污染物的迁移转化模型	82
二、有机污染物迁移转化模型	98
第二节 水环境容量及其数学模型	114
一、水环境容量	114
二、确定河流水环境容量的方法	117
三、水环境容量数学模型	124
四、水环境容量计算应用举例	131
第三节 环境容量与污染物的总量控制	147
一、环境容量与污染物总量	147
二、污染物的总量控制	150

第四章 大气环境容量

第一节 污染物在大气环境中的扩散及其数学

模型..... 159

一、影响大气污染物扩散的气象因子..... 160

二、影响大气污染物扩散的其他因子..... 170

三、扩散模型..... 175

四、大气污染物扩散规律研究举例..... 188

第二节 大气环境容量模型..... 195

一、大气环境容量模型简介..... 195

二、大气环境容量模型应用举例..... 198

第三节 大气污染物总量控制..... 209

一、总量控制区和控制物质的确定..... 209

二、环境目标值的确定..... 209

三、计算削减率..... 210

四、允许排放量的计算..... 212

五、总量控制方案..... 213

第五章 土壤环境容量

第一节 污染物在土壤中的迁移转化..... 215

一、重金属在土壤中的迁移转化..... 215

二、农药在土壤中的迁移转化..... 225

第二节 土壤环境容量模型..... 241

一、土壤环境容量模型..... 242

二、土壤容量模型..... 248

第三节 应用土壤环境容量对土壤质量的预测

与控制..... 255

一、土壤环境容量的确定..... 255

二、应用土壤环境容量对土壤质量的预测与控制..... 260

第六章 人口环境容量和城市环境容量

第一节 人口环境容量	266
一、人口环境容量的概念	266
二、人口增长的概况	267
三、人口增长对环境的影响	271
四、人口环境容量的有限性	283
第二节 城市环境容量	287
一、城市环境容量的概念和内容	287
二、城市环境容量研究	287
三、城市水环境容量	291
四、城市环境规划与环境容量	294

第一章 绪 论

环境容量是环境科学的综合性基础研究课题，现已列入国家攻关项目之一。开展环境容量研究，与制定污染物的区域性环境标准、环境污染的控制和治理、工农业的合理布局以及区域环境影响评价等问题都有直接的作用。而且为协调经济发展与保护环境的关系，为制订区域环境规划提供了科学依据。

因此，开展环境容量研究，在理论上，有促进环境地学、环境化学、环境系统工程学等多学科的交叉和渗透，加深对环境的认识，并使理论付诸应用的意义。在实践上，可对制订工业污染排放作出优化的决策；可根据环境容量对城市发展、工农业布局作出合理发展规模的判断，以利环境资源开发规划与环境管理规划的制订。积极开展环境容量研究，不仅关系到我国环境管理政策的全局，而且有助于推进环境管理的科学化。正因为如此，近年来环境容量在我国环境科学界日益引起人们的重视。

第一节 环境容量的概念和类型

我们所称的环境容量，是指某环境单元所允许承纳污染物质的最大数量。它是一个变量，包括两个组成部分，即基本环境容量（或称差值容量）和变动环境容量（或称同化容

量)。前者可通过拟定的环境标准减去环境本底值求得,后者是指该环境单元的自净能力。

某环境单元容量的大小,与该环境单元本身的组成、结构及其功能有关。因此,在地表不同区域内,环境容量的变化具有明显的地带性规律和地区性差异。通过人为的调节,控制环境的物理、化学及生物学过程,改变物质的循环转化方式,可以提高环境容量,改善环境的污染状况。

环境容量可分成整体环境单元的容量和单一环境要素的容量。若按照环境要素,又可细分为大气环境容量、水环境容量(其中包括河流、湖泊和海洋环境容量等)、土壤环境容量和生物环境容量等。此外,还有人口环境容量、城市环境容量等等。如果按照污染物划分的话,可分为有机污染物(包括易降解的和难降解的)环境容量和重金属与非金属污染物的环境容量。

整体环境单元的容量与单一环境要素的容量之间的关系,可用下式表示:

$$\overline{E} = \overline{A}_v + \overline{W}_v + \overline{S}_v + \overline{B}_v$$

式中 $\overline{E}$ —某一环境单元的平均环境容量;

$\overline{A}_v$ —某一环境单元中大气的平均环境容量;

$\overline{W}_v$ —某一环境单元中水体的平均环境容量;

$\overline{S}_v$ —某一环境单元中土壤的平均环境容量;

$\overline{B}_v$ —某一环境单元中生物的平均环境容量。

若从污染物在环境中的作用机理上区分,则有物理扩散和化学净化两种类型:

1. 物理扩散类型的环境容量

日本西村肇从电量、电压的关系引伸，考虑到污染物排放总量是按时间进行计量的，即为单位时间内的排放总量。据此认为排放总量与电学对应的量，不是电量，而是电流，即：

$$I = K_i E$$

式中 I —电流；

E —电压；

K_i —电导，即电阻 R 的倒数（ $K_i = \frac{1}{R}$ ）。

这样，环境容量同电导 K_i 相对应。对污染物扩散来说，则与扩散系数密切相关。

例如，城市大气中污染物的浓度 C 与排放量 Q 的关系中，

$$Q = SK_z C / \delta$$

式中 S —截面积；

K_z —垂直方向扩散系数；

δ —临界层厚度。

这样，大气环境容量 $A_v = SK_z / \delta$

又如，入口小的港湾，污染物排放量 Q 与海水中污染物浓度 C 的关系是：

$$Q = FC$$

式中 F 是港湾与外海间的海水交换量，所以环境容量就是 F 。

从上述可见，环境容量是污染物在环境中扩散能力的标志。

2. 化学（生物）净化类型的环境容量

污染物在环境中发生化学分解反应，其分解速度 r 与排放量 Q 的关系是：

$$Q = rV$$

式中 V —环境的体积。

而分解速度往往与污染物的浓度 C 成比例，即：

$$r = KrC$$

式中 Kr —反应速度常数。

将此式代入上式，得：

$$Q = KrVC$$

这样，环境容量 E 相当于 KrV ，即：

$$E = KrV$$

从化学（生物）角度来看，环境容量应该是净化能力（分解能力）的度量。因此，“沈阳地区环境质量评价及污染控制途径研究协作组”提出：表达环境自净能力的物理量，就叫做环境容量。

总之，在目前的环境容量研究中，可根据当地存在的主要环境污染问题以及人力和设备条件，进行不同环境容量类型的研究。有关环境容量的详细分类，可参见环境容量系统谱系图的分类，如图 1—1 所示。

第二节 环境容量的基本特征

地球表面按着太阳辐射量的差异，形成以光照和热量为主导因素的全球性纬向地带性；又由于海陆分布和大地貌条件，形成以水为主导因素的经向地带性。这两种地带性规律的叠加作用，使地带性变得复杂，在某一地区可能出现非地带性。随着地貌单元的更细的划分以及不同等级上的细部的差异（如光、热、温度、降水、大气环流、土壤 pH 值、 E_h 值、植被状况等的差异）进入某一区域环境的污染物质，其自身的理化性质，均能表现出不同的迁移转化特征和毒性危

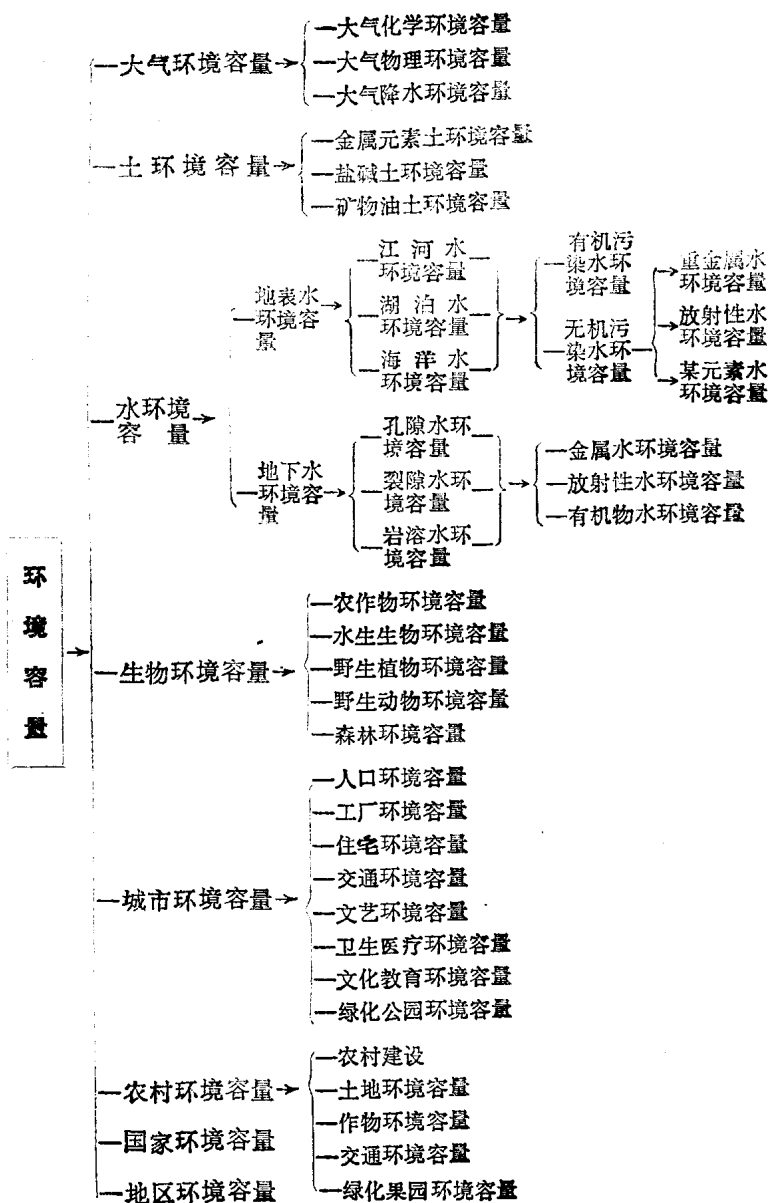


图1-1 环境容量系统谱系 (王宝金 1984年4月)

害。因此，不同的环境单元对污染物有不同的容纳量。由于区域环境地带性的分布差异，环境容量也具有地带性变化。由于环境条件在一定地域内的非地带性，又使环境容量的大小出现了非地带性的复杂变化。

位于亚热带、暖温带一些地区的大中城市，如在干燥、气温较高、风力小的晴天条件下，汽车排出的大量碳氢化合物、氮氧化合物等，就易产生光化学烟雾（例如美国的洛杉矶、我国的兰州等城市）。而在多雨、多云雾、寒冷、风大的地区，则不易形成光化学烟雾。

形成严重大气污染的天气条件往往是与逆温相联系的，尤其在逆温层临近地面时为最甚。逆温层底高过几百米以上，影响就较小。逆温强度随纬度的不同呈现着明显的地带性变化。位于北纬 23° 附近的南宁，在逆温较强的11月份，其逆温层平均厚度在07时为286m，19时为166m，一般10时左右逆温即行消失。位于北纬 30° 稍北的杭州市，冬季1月份逆温最强，逆温频率为41.9%，逆温层平均厚度在05时为345m，傍晚为169m。北纬 36° 附近的兰州，一年四季均有逆温，其季节性变化，以冬季最甚。从12月至2月份，贴地逆温频率约76%，12月份贴地逆温层平均厚度07时为701米。北纬 44° 附近的乌鲁木齐市，冬季几乎一直维持着很强的逆温，在最冷的1月份，厚度常在1000m以上，最厚时可达1500—2000m。由此可见，我国从南到北，逆温的强度在逐渐增大，逆温的次数也在逐渐增多。这样，就使得北方的大中城市易受大气污染之害。

我国南方多雨，有较强的淋洗作用，而且植被复盖率大，所以浮尘很少。加之南方不象北方冬季须用大量常规能源采暖等，因此，目前北方大中城市的大气环境质量劣于南

方。综上所述，我国从南到北，大气环境容量有逐渐减少的趋势。

从主要决定水环境容量的河流流量或静止水体的面积因素来分析，我国长江以南，河网密集、总径流量比长江以北大得多，所以对污染物的纳容量大。但是，从南到北，地表水的pH值趋于增加，硬度增高。很多有毒的重金属在pH值升高时迁移能力减弱，活性变小。所以，以等量的水体计，对很多重金属来说，水环境容量在逐渐增加。从总体上看，长江以南河网密、流量大、足以抵消软水容量小的影响，而使总的水环境容量仍然大大地超过北方。但其中，某些大中城市附近的水体，局部水环境容量已达到饱和的程度，因而也形成了严重的水环境污染。

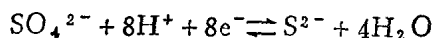
土壤环境容量的地带性随着自然地理带的变化也有明显的差异。我国从南到北，土壤pH值在逐渐升高。随着pH值的升高，呈阳离子状态的重金属（如Cu、Zn、Co、Ni、 Cr^{3+} 、Hg、Cd等）趋于固定。而呈络阴离子状态的重金属（如V、Mo、As、Se、 Cr^{6+} 等）的迁移能力却在增强。土壤中的有机质（特别是胡敏酸）以及有较高吸附阳离子能力的蛭石、蒙脱石等，也是从南到北呈明显增加的。所以，北方的栗钙土、黑钙土等对重金属、农药等有机污染物的吸附能力比南方的红、黄壤强得多。例如，DDT在0.5%的胡敏酸溶液中为水中溶解度的20倍。因此，土壤腐殖质含量越高，吸附有机氯农药的能力就越强。

长江以南高温多雨，土壤pH值较低，某些重金属离子活性增加，使土壤对这些重金属的容纳量也有所增加。在北方碱性土壤中，重金属的存在形态和迁转规律则完全不同，因此其土壤环境容量也有所变化。所以，在研究重金属元素的土壤

环境容量时，应根据具体情况，区别对待。

由于土壤的地带性差异，“酸雨”的危害也是不同的。在我国南方酸性的红壤和黄壤中，pH值本来就低，再降酸雨，就酸上加酸，危害更加严重。而北方的土壤pH值很高，其本身对酸雨有很强的容纳能力，加之大气中碱性的浮尘多，即使形成少许酸雨，未降到地面就可能被中和或部分中和，所以我国北方一般无酸雨之害。

土壤环境容量除了这种宏观的地带性变化外，尚因小的地貌影响而有所不同。如淹水条件的不同，形成不同的Eh值，即不同的氧化还原条件，使得土壤环境容量有所差异。例如，镉的存在形态受土壤中的Eh值影响很大，其原因是由硫的价态变化，而影响到镉的溶解性。因为存在下面的化学反应：



当Eh值升高时，上述平衡向左移动，以 CdSO_4 形式存在的Cd增加，从而镉的溶解性和有效性增加；当Eh值降低时，平衡向右移动，以 CdS 形式存在的Cd增加，从而使镉固定，活性减弱。

据研究，Eh低时，溶解性砷的含量也增加，所以降低土壤的Eh值，可大大地缩小砷的容量，增加了砷的危害性。汞在水田嫌气条件下，易转变为甲基汞，所以水田中汞的环境容量也较低。

第三节 环境容量研究的发展概况

1968年日本学者首先提出了环境容量的概念。自日本环境厅委托卫生工学小组提出《1975年环境计量化调查研究