

土壤重金属环境容量研究

成杰民 著
于光金 王明聪



科学出版社

土壤重金属环境容量研究

成杰民 著
于光金 王明聪

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书由土壤环境容量基础理论、土壤重金属环境容量研究和土壤重金属环境容量信息系统研发三部分内容组成。从土壤环境容量基本概念、土壤环境容量的理论依据、土壤环境容量的确定、土壤环境容量模型、土壤环境容量预测、土壤环境容量的应用等方面论述了土壤环境容量理论基础。并以山东省主要类型土壤为例,从山东省土壤重金属环境质量状况及其变化特征、山东省土壤重金属环境容量模型参数研究、山东省土壤重金属环境容量、山东省土壤重金属环境容量预测等方面介绍了土壤重金属环境容量研究方法和研究结果。本书还从土壤重金属环境容量信息系统研发工具、土壤重金属环境容量信息系统结构设计和功能设计、土壤环境容量信息系统详细设计和功能实现等方面介绍了土壤重金属环境容量信息系统开发。

本书可供环境、土壤、农业、林业、生物、地学等有关科技工作者、技术管理人员以及大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

土壤重金属环境容量研究 / 成杰民, 于光金, 王明聪著. —北京: 科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-052249-8

I. ①土… II. ①成… ②于… ③王… III. ①土壤污染—重金属污染—土壤环境容量—研究 IV. ①X53 ②X26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 053472 号

责任编辑: 张 析 / 责任校对: 何艳萍
责任印制: 张 伟 / 封面设计: 东方人华

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 12 1/4

字数: 242 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

“土壤重金属环境容量研究”

项目研究成员（按汉语拼音排序）

成杰民	杜金辉	杜廷芹	姜 军
刘玉真	鲁成秀	慕金波	孙 娟
王明聪	王晓凤	于光金	张丽娜

前 言

随着现代化工业和农业的发展,土壤重金属污染加剧受到了人们的广泛关注。据《全国土壤污染状况调查公报》数据,我国部分地区土壤污染较严重,耕地土壤环境质量堪忧,工矿业废弃地土壤环境问题突出。全国土壤污染总超标率为16.1%,其中重度污染点位占1.1%。耕地土壤点位超标率为19.4%,其中轻微、轻度、中度和重度污染超标点位分别为13.7%、2.8%、1.8%和1.1%,主要污染物为镉、镍、铜、砷、汞、铅、滴滴涕和多环芳烃。镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍8种无机污染物点位超标率分别为7.0%、1.6%、2.7%、2.1%、1.5%、1.1%、0.9%、4.8%,重污染企业及周边土壤超标点位36.3%,固体废物集中处理处置场地土壤超标点位21.3%。由于耕地受到重金属污染,我国每年出产重金属污染的粮食约1200万吨,严重影响了农作物产量和农产品品质,并通过食物链富集到人体,最终影响人体健康。

土壤环境具有一定的净化功能和缓冲性能,可容纳各种途径来源的污染物,即土壤具有一定的环境容量。土壤环境容量充分体现了区域环境特征,是实现污染物总量控制的重要基础。但是不同的土壤类型,容纳能力不同,土壤环境容量不同。当进入土壤环境的重金属,超过其环境容量时,将带来不可逆转的恶果。尤其是土壤重金属污染过程具有隐蔽性、滞后性、积累性、不可逆性和难治理的特点,土壤重金属污染一旦爆发,后果极其严重,如日本的“痛痛病”经过了10~20年之后才被人们所认识,给人们造成了巨大的伤害。因此,正确认识土壤环境容量和合理利用有限的环境容量,有效地预防土壤污染,已成为人们广泛关注和亟待解决的问题。

我国从20世纪70年代初开始,逐渐开展了与土壤环境容量相关的研究。研究领域涉及:土壤环境容量研究的一般内容和方法;污染物的生态效应、环境效应,污染物的净化规律与迁移转化;各主要土类、部分亚类、土种的临界含量和环境容量;建立土壤环境容量数学模型;根据土壤环境容量,制定污灌区水质标准和污泥施用量标准等。这些研究成果为今后深入开展土壤环境容量研究提供了理论依据和方法借鉴。但是由于我国幅员辽阔,各地气候、水文、地质、地貌不同,土壤种类众多,并且种植作物品种差异也较大,制定全国统一的土壤中重金属含量临界值,来进行土壤环境容量的研究往往会产生较大的误差。因此,有必要根据区域特点研究土壤重金属环境容量,为制定区域土壤环境标准、农田灌溉用水标准、污泥施用标准以及区域土壤污染物预测和土壤环境质量评价、污染物

总量控制等提供科学依据。对于保护生态环境平衡,提高农田土壤生产力水平,保障人体健康是十分必要的。

本书内容为山东省科技发展计划项目“山东省土壤环境容量及酸沉降临界负荷研究”(2006GG3206002)的主要研究成果,并在该项目的资助下出版。

全书由土壤环境容量基础理论、土壤重金属环境容量研究和土壤重金属环境容量信息系统研发三部分内容组成。本书从土壤环境容量基本概念、土壤环境容量的理论依据、土壤环境容量的确定、土壤环境容量模型、土壤环境容量预测、土壤环境容量的应用等方面论述了土壤环境容量理论基础。并以山东省主要类型土壤为例,从山东省土壤重金属环境质量状况及其变化特征、山东省土壤重金属环境容量模型参数研究、山东省土壤重金属环境容量、山东省土壤重金属环境容量预测等方面介绍了土壤重金属环境容量研究方法和研究结果。本书还从土壤重金属环境容量信息系统研发工具、土壤重金属环境容量信息系统结构设计和功能设计、土壤环境容量信息系统详细设计和功能实现等方面介绍了土壤重金属环境容量信息系统开发。本书可供环境、土壤、农业、林业、生物、地学等有关科技工作者、技术管理人员以及大专院校有关专业师生参考。

由于本研究可借鉴的数据资料不多,项目组研究水平有限,部分结论难免偏颇。书中错漏在所难免,敬请读者批评指正。

著 者

2017年1月

目 录

前言

第一部分 土壤环境容量基础理论

1 土壤环境容量基本概念	3
1.1 土壤环境容量	5
1.2 土壤静态环境容量和土壤动态环境容量	6
1.2.1 土壤静态环境容量	6
1.2.2 土壤动态环境容量	6
1.3 土壤表观环境容量、相对容量和安全容量	6
1.3.1 土壤表观环境容量	6
1.3.2 土壤相对容量	6
1.3.3 土壤安全容量	7
1.4 土壤环境容量区域分异性	7
2 土壤环境容量的理论依据	8
2.1 土壤环境的自净作用	8
2.1.1 物理净化作用	9
2.1.2 化学净化作用	9
2.1.3 生物净化作用	9
2.1.4 影响土壤环境净化作用的主要因素	10
2.2 土壤环境的缓冲性能	11
2.2.1 狭义的土壤环境缓冲性能	11
2.2.2 广义的土壤环境缓冲性能	11
2.2.3 影响土壤缓冲性的主要因素	12
3 土壤环境容量的计算依据	13
3.1 土壤背景值、临界值、标准值	13
3.1.1 土壤环境背景值及其对土壤环境容量研究的意义	13
3.1.2 土壤临界值及其对土壤环境容量研究的意义	14
3.1.3 土壤标准值及其对土壤环境容量研究的意义	16
3.2 影响土壤环境容量的因素	18
3.2.1 土壤类型	18
3.2.2 土壤理化性质	18

3.2.3	自然环境条件	18
3.2.4	土壤环境的生物学特性	18
3.2.5	社会技术因素	19
4	土壤环境容量模型	20
4.1	土壤环境静态容量模型	20
4.1.1	模型参数的确定	21
4.1.2	计算实例	21
4.1.3	存在的问题	22
4.2	土壤环境动态容量模型	23
4.2.1	数学模型	23
4.2.2	模型参数的确定	26
4.2.3	计算实例	27
4.2.4	存在的问题	29
4.3	其他土壤环境容量模型	29
4.3.1	土壤相对容量模型	29
4.3.2	土壤安全容量	30
4.3.3	土壤环境容量预测模型	31
5	土壤环境容量的应用与研究中存在的问题	32
5.1	土壤环境容量的应用	32
5.1.1	制定土壤环境质量标准	32
5.1.2	制定农田灌溉水质标准和污水灌溉标准	32
5.1.3	制定农田污泥施用标准	32
5.1.4	进行土壤环境质量评价	33
5.1.5	进行土壤污染预测	33
5.1.6	进行污染物总量控制	34
5.1.7	制定农业生产对策	34
5.2	土壤环境容量研究中存在的问题	34
5.2.1	缺乏对污染物进入土壤后的生物化学过程研究	34
5.2.2	缺乏对有机污染物土壤环境容量研究	34

第二部分 土壤重金属环境容量研究

6	土壤重金属环境容量模型参数研究	39
6.1	植物吸收系数	39
6.1.1	材料与方法	39
6.1.2	主要土壤类型中 Cu 的植物吸收系数	41
6.1.3	主要土壤类型中 Zn 的植物吸收系数	45

6.1.4	主要土壤类型中 Pb 的植物吸收系数	48
6.1.5	主要土壤类型中 Cd 的植物吸收系数	51
6.1.6	小结	54
6.2	淋溶系数	54
6.2.1	材料与方法	55
6.2.2	淋溶液中重金属元素含量随淋溶次数的变化	56
6.2.3	不同土壤中各重金属元素有效性指数的变化	61
6.2.4	主要土壤类型中重金属的淋溶系数	62
6.2.5	小结	63
6.3	径流系数	63
6.3.1	土壤侵蚀量计算	64
6.3.2	土壤重金属径流迁移系数计算方法	70
6.3.3	主要土壤类型中重金属的径流迁移系数	70
6.3.4	小结	71
6.4	土壤重金属残留率	71
6.4.1	植物对重金属的吸收率计算	71
6.4.2	土壤中重金属的渗漏率计算	72
6.4.3	土壤中重金属的径流迁移系数计算	72
6.4.4	土壤中重金属的残留率计算	72
6.5	结论	73
7	山东省土壤重金属环境质量状况及其变化特征	74
7.1	研究区概况	74
7.2	研究方法	75
7.2.1	布点采样	75
7.2.2	分析方法	78
7.2.3	土壤环境质量综合评价方法	79
7.2.4	土壤重金属积累速率计算方法	79
7.2.5	数据处理与制图方法	80
7.3	山东省农田土壤重金属全量分布特征	80
7.3.1	农田土壤理化性质	80
7.3.2	农田土壤重金属全量统计值和主要类型土壤环境背景值	82
7.3.3	农田土壤重金属全量分布特征	84
7.4	山东省农田土壤重金属环境质量综合评价	90
7.5	1989~2009 年山东省土壤重金属环境质量变化特征	94
7.5.1	农田土壤重金属全量变化特征	94
7.5.2	农田土壤重金属有效态含量变化特征	98

7.5.3	农田土壤重金属有效性指数变化特征	100
7.5.4	农田土壤理化性质、全量与有效态间的相关性分析	101
7.6	1989~2009 年山东省土壤重金属全量积累速率	101
7.7	结论	102
8	山东省土壤重金属环境容量研究	104
8.1	山东省主要土壤类型重金属环境容量	104
8.1.1	主要土壤类型重金属元素的环境背景值和临界值	104
8.1.2	主要土壤类型重金属静态环境容量	105
8.1.3	主要土壤类型重金属动态环境容量	105
8.1.4	小结	106
8.2	山东省农田土壤重金属环境容量计算	107
8.2.1	农田土壤重金属的限定值	107
8.2.2	农田土壤重金属静态环境容量	108
8.2.3	农田土壤重金属相对环境容量	108
8.2.4	小结	113
8.3	山东省不同植被类型土壤重金属环境容量计算	113
8.3.1	不同植被类型土壤中重金属的背景值和允许限值	114
8.3.2	不同植被类型土壤中重金属静态环境容量	115
8.3.3	不同植被类型土壤中重金属动态环境容量	115
8.3.4	小结	116
8.4	山东省典型开发区土壤重金属环境容量	117
8.4.1	典型开发区土壤重金属环境质量评价	117
8.4.2	土壤重金属静态环境容量	121
8.4.3	土壤重金属相对环境容量及综合相对环境容量分级	122
8.4.4	小结	123
9	山东省土壤重金属环境容量预测	125
9.1	土壤环境容量预测方法	125
9.2	重金属输入量等于控制输入量	126
9.2.1	单一元素达到环境容量年限预测	126
9.2.2	多元素综合环境容量年限预测	126
9.3	重金属输入量大于控制输入量	130
9.4	结论	134
第三部分 土壤重金属环境容量信息系统研发		
10	土壤重金属环境容量信息系统研发工具	137
10.1	组件式 GIS 技术 MapInfo/MapX	137

10.1.1	组件式 GIS 的特点	137
10.1.2	组件式 GIS 的开发平台	139
10.1.3	MapX 的空间数据结构	140
10.1.4	MapX 组件的模型结构	140
10.1.5	MapX 的基本功能	141
10.2	ADO.NET 技术	143
10.2.1	ADO.NET 技术的主要功能和特性	143
10.2.2	ADO.NET 模型的主要组成	143
10.2.3	ADO.NET 的编程模型	144
11	系统总体结构设计和功能设计	146
11.1	需求分析	146
11.1.1	功能需求	146
11.1.2	非功能需求	147
11.2	系统的软件配置	148
11.3	系统设计	148
11.3.1	系统总体结构设计	148
11.3.2	系统功能结构设计	149
11.3.3	系统设计技术路线	149
12	系统详细设计与功能实现	151
12.1	系统属性数据库的创建	151
12.1.1	数据业务流程	151
12.1.2	数据库逻辑结构设计	152
12.1.3	数据表逻辑关系设计	155
12.2	系统空间数据库的创建	156
12.2.1	空间数据的获取与转换	156
12.2.2	空间数据库的配置与属性数据的绑定	157
12.3	系统界面的设计及功能实现	159
12.3.1	系统登录界面和系统主界面设计	159
12.3.2	数据管理功能的实现	160
12.3.3	数据分析评价、查询功能的实现	161
12.3.4	图形数据操作功能的实现	169
13	研究展望	176
13.1	土壤环境容量研究	176
13.2	土壤环境容量信息系统开发	176
	参考文献	178

第一部分 土壤环境容量基础理论

1 土壤环境容量基本概念

随着现代化工业和农业的发展,我国一些地区的土壤已经受到了不同程度的污染。其他污染形式可以通过污水横流、黑烟滚滚、臭气熏天等外在表现形式向人们敲响警钟,而土壤污染常以一种“看不见的污染”形式存在,容易被人们忽视,致使这种危害极大的污染趁机蔓延开来。我国耕地土壤污染特点,一是以轻微、轻度重金属污染为主。据《全国土壤污染状况调查公报》数据,我国部分地区土壤污染较重,耕地土壤环境质量堪忧,工矿业废弃地土壤环境问题突出。全国土壤总超标率为 16.1%,其中重度污染点位占 1.1%。耕地土壤点位超标率为 19.4%,其中轻微、轻度、中度和重度污染超标点位分别为 13.7%、2.8%、1.8% 和 1.1%,主要污染物为镉、镍、铜、砷、汞、铅、滴滴涕和多环芳烃。镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍 8 种无机污染物点位超标率分别为 7.0%、1.6%、2.7%、2.1%、1.5%、1.1%、0.9%、4.8%,重污染企业及周边土壤超标点位 36.3%,固体废物集中处理处置场地土壤超标点位 21.3%。可以看出,我国耕地土壤以轻微、轻度重金属污染为主。二是污染危害大。土壤污染造成有害物质在农作物中积累,并通过食物链进入人体,引发各种疾病,危害人类健康。据估算,全国每年受重金属污染的粮食达 1200 万 t,造成的直接经济损失超过 200 亿元。我国受重金属污染的耕地面积已达 2000 多万 hm^2 ,每年出产重金属污染的粮食约 1200 万 t(周启星等, 2001),严重影响了农作物产量和农产品品质(Krzaklewski W et al., 2002; Kim K K et al., 2001; Kim K M. et al., 1998),并通过食物链富集到人体,最终对人类健康产生危害。目前,重金属还在通过农田的污水灌溉和污泥施用,农药、化肥和塑料薄膜的使用,大气中重金属的沉降以及含重金属废弃物的堆积等途径继续污染土壤(夏星辉等, 1999)。土壤重金属污染过程具有隐蔽性、滞后性、积累性、不可逆性和难治理的特点(骆永明, 1999),土壤重金属污染一旦爆发,后果极其严重,如日本的“痛痛病”经过了 10~20 年之后才被人们所认识,给人们造成了巨大的伤害(张甘霖等, 1999; 高太忠等, 1999)。三是土壤污染防治基础薄弱。目前,全国土壤污染的面积、分布和程度不清,土壤环境容量没有数据,导致防治措施缺乏针对性。

如何预防土壤污染呢?这就涉及土壤对污染物的环境容量问题。任何环境要素对开发或污染都有其一定的环境容量。如何正确认识环境容量和合理利用有限的环境容量,涉及人类生活和生产的许多方面,成为人们广泛关注的问题。同样,土壤作为环境要素之一,也具有一定的环境容量。

在以往环境容量研究中,大气和水体容量研究较多,土壤环境容量研究较少。但随着人们对土壤净化能力的认识,土壤环境容量的研究也相应受到重视。美国、澳大利亚等国根据土地处理系统对污水的净化能力,计算了某一时间单元处理区的水力负荷与灌溉量。前联邦德国根据处理区的土壤理化性质与吸附性能,研究了重金属的化学容量与渗透容纳量(George A G, 1977)。

我国从 20 世纪 70 年代初,逐渐开展了一些有关的研究(中国科学院土壤背景值协作组等, 1982)。1983 年,我国将“土壤环境容量”研究列入国家科技攻关项目,至此,土壤环境容量进入了较系统的专题研究阶段。根据土壤环境容量历时近十年的系统研究,夏增禄等分别于 1989 年和 1992 年出版了《土壤环境容量及其应用》、《中国土壤环境容量》等专著,论述了我国主要土壤类型有关环境容量研究成果,揭示了土壤环境容量研究的一般内容和方法,涉及某些污染物的生态效应、环境效应、吸附解吸、分组形态和有效态提取剂的筛选,污染物的净化规律与物流,各主要土类、部分亚类、土种的临界含量和环境容量,归纳分析了我国几种重金属生态效应、土壤临界含量和环境容量的地带性分异规律及其影响因素,并进行了分区。其中土壤重金属的生态效应、临界含量、环境容量的地带性分异规律和分区当时是首次提出,但仅是初步结果,还需要继续丰富、提高、完善(夏增禄等, 1992)。1984 年,北京师范大学杨居荣、车宇瑚等发表了《北京地区土壤重金属容量的研究》一文,在建立土壤容量的数学模式上,利用图论工具建立了土壤容量的结构模型,将已有的等比级数的模型作为一个特例包括在内,为土壤容量模型的研究探索了一条新途径。以 As 为重点,提出了北京地区农田土壤中 As、Hg、Cd、Cr 的土壤容量范围值,并对污染发展趋势进行了预测,为北京地区环境质量的控制与治理提供了依据。1988 年,中国科学院林业土壤研究所张学询、熊先哲等开展了辽河下游草甸棕壤重金属环境容量及其应用研究,该研究以土壤生态为研究中心、以污水灌溉为研究对象,基于草甸棕壤基本性质,通过污染现状调查、敏感作物盆栽实验,依据土壤-植物、土壤-微生物、土壤-水体系各项指标,提出了汞、镉、铅、砷、铬的土壤临界含量。结合田间物质平衡实验,建立土壤容量数学模型,综合计算出草甸棕壤的五种重金属环境容量。根据土壤容量,在污灌地区,制定了水质标准和污泥施用量,并进行了土壤环境的预测。“六五”期间,山东农业大学等四家单位进行了山东省主要农业土壤、粮食作物有毒元素背景值的研究。“七五”期间,山东省进行了土壤环境背景值的调查研究。以往的这些研究为进一步研究山东省主要土壤类型重金属的环境容量提供了基础和经验。

1.1 土壤环境容量

20 世纪 60 年代末,罗马俱乐部在《增长的极限》一书中曾提出了环境容量的问题。国际上形成了共同的认识,即环境在一定条件下承受的能力是有限的,是有容量的,在人类社会的发展中要重视这一问题。

环境容量这一概念被引用到环境科学领域则可以追溯到 20 世纪 70 年代。当时,为了保护人群健康,合理利用资源,促进经济发展,环境污染主要由制定的一些环境质量和污染物排放标准来控制。但是,由于对环境治理未考虑生态循环和区域平衡,缺乏环境容量的设想和防止污染的总体对策,因此,相继提出了环境容量和总体控制的设想。简而言之,环境容量即是指某一环境区域内对人类活动造成影响的最大容纳量。大气、水、土地等都有承受污染物的最高限值,就环境污染而言,污染物存在的数量超过最大容纳量,这一环境的生态平衡和正常功能就会遭到破坏。土壤环境容量的概念尚在探索之中(王晓蓉,1993),简单地讲,就是指一定时限,一定土壤环境单元对污染物的最大允许负荷,在此允许限度之内,土壤生态系统的结构和功能处于正常状态,保持良好的生产能力,能够永续性地提供符合食品卫生标准的农畜产品,并且不产生对地下水、地表水等环境的次生污染(夏增禄,1986)。王淑莹等(2004)认为“土壤环境容量是人类生存和自然条件生态不受破坏的前提下,土壤环境所能容纳的污染物的最大负荷量”。卢升高等(2004)认为“土壤环境容量是在区域土壤指标标准的前提下,土壤免遭污染所能接受的污染物最大负荷”。张从(2002)将“土壤在环境质量的约束下所能容纳污染物的最大数量”称为土壤环境容量,且随环境因素的变化以及人们对环境目标期望值的变化而变化。总之,土壤环境容量(或称土壤负载容量)是指一定土壤环境单元,一定时限内遵循环境质量标准,既能维持土壤生态系统的正常结构与功能,保证农产品质量与生物学质量,同时也不造成环境污染时,土壤能容纳污染物的最大负荷量。不同土壤其环境容量是不同的,同一土壤对不同污染物的容量也是不同的,这涉及土壤的净化能力。土壤环境容量是土壤环境科学领域的一项基础工作,它与土壤的性质和土壤的环境条件关系密切。土壤环境容量研究,以土壤生态为中心,以维持该系统的生态平衡和良性循环为目的。通常对污染物进入土壤后的植物效应,如植物的生理、生态效应,污染物对产量的影响及在植物器官中的残留、累计等研究较多。

一般来说,土壤环境容量主要通过研究土壤环境背景值、临界值、典型污染物迁移转化系数、数学模型等方面来进行。其中,土壤环境容量的确定又以土壤污染物临界含量和污染物迁移转化系数的确定最为关键(夏增禄等,1988; George AG, 1977)。

1.2 土壤静态环境容量和土壤动态环境容量

1.2.1 土壤静态环境容量

土壤静态环境容量是指在一定的土壤环境单元和一定的时限内,假定污染物不参与土壤圈物质循环情况下所能容纳污染物的最大负荷量,即土壤污染起始值和最大负荷值之间的差值。若以土壤环境标准作为土壤环境容量的最大允许极限值,则该土壤环境容量的计算值,便是土壤环境标准值减去背景值(或本底值)(陈怀满等,2002)。

1.2.2 土壤动态环境容量

土壤静态环境容量虽然反映了污染物生态效应所容许的最大容纳量,但尚未考虑和顾及到土壤环境的自净作用与缓冲性能,即外源污染物进入土壤后的累积过程中,还要受土壤环境地球化学背景与迁移转化过程的影响和制约,如污染物的输入与输出、吸附与解吸、固定与溶解、累积与降解等,这些过程都处于动态变化中,其结果都能影响污染物在土壤环境中的最大容纳量。因而目前的环境学界认为,土壤环境容量应是静态容量加上这部分土壤的净化量,才是土壤的全部环境容量或土壤的动态环境容量。所以,土壤动态环境容量指在一定的环境单元和一定时限内,假定污染物参与土壤圈物质循环时,土壤所能容纳污染物的最大负荷量。

1.3 土壤表观环境容量、相对容量和安全容量

1.3.1 土壤表观环境容量

以一定研究方法,在一定条件下获得的土壤环境容量称为土壤表观环境容量。土壤作为一个复杂的体系,其环境容量受土壤类型、污染物种类和形态、环境条件、指示生物等多种因素影响,表观环境容量不能反映土壤对污染物的最大容纳量,因此必需修正。修正方法一直是亟须探讨的问题。

1.3.2 土壤相对容量

静态环境容量公式只是研究土壤单一重金属元素环境容量,而对于某区域土壤环境容量而言,往往需要综合考虑各污染元素的综合环境容量。它不是简单将