

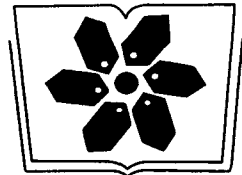
科学版环境科学与工程精品系列

# 土壤污染形成机理 与修复技术

孙铁珩 李培军 周启星 等著



科学出版社



中国科学院科学出版基金资助出版

科学版环境科学与工程精品系列

# 土壤污染形成机理 与修复技术

孙铁珩 李培军 周启星等 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书根据作者在土壤-植物系统污染生态学研究方面的学科积累及研究进展,系统地论述了污染土壤修复的基本理论,全面地介绍了污染土壤修复的各种技术及其进展,比较详细地分析了现有方法所存在的技术问题与局限性,并对今后解决污染土壤修复的方法与发展趋势进行了展望。主要内容包  
括:重金属及有机物污染土壤的修复理论与技术、污染土壤与地下水的联合修复、重金属及有机污染物在土壤-植物系统中的生态过程研究、微生物技术在土壤污染修复中的应用、污染土壤修复效果的生态毒理诊断与预警等。

本书内容丰富、资料翔实、深入浅出、系统性强;可供生态学、环境科学与工程科研工作者、环保管理人员和技术人员参考,也可作为高等院校生态学、环境科学、环境工程、地学和农学等专业师生的教材与参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

土壤污染形成机理与修复技术/孙铁珩,李培军,周启星等著. —北京:科学出版社,2005

(科学版环境科学与工程精品系列)

ISBN 7-03-015366-9

I. 土… II. ①孙…②李…③周… III. 土壤污染-机理-修复  
IV. X53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 052180 号

责任编辑:杨 震 王日臣 沈晓晶 / 责任校对:刘小梅  
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

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>

源海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

\*

2005年9月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年9月第一次印刷 印张:37

印数:1—2 500 字数:726 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

# 《土壤污染形成机理与修复技术》

## 编 委 会

**主 编：**孙铁珩 李培军 周启星

**副主编：**郭书海 宋玉芳 王 新

**编 委：**(以姓氏笔画为序)

王 新 台培东 巩宗强 刘 宛 孙铁珩 李培军  
宋玉芳 冷延慧 张春桂 张海荣 和文祥 周启星  
贾宏宇 晁 雷 殷培杰 郭书海 蔺 昕 熊先哲

# 前 言

环境中有毒、有害物质的残留和累积已成为当前最受社会各界关注的环境问题之一。我国受重金属污染的耕地总计 2000 万  $\text{hm}^2$ ，受各种有机污染物污染的农田达 6000 万  $\text{hm}^2$ 。一些城市由于产业结构调整，原有工厂已改为商业与民用住宅用地，某些污染物严重超标。土壤和地下水中重金属、含氯有机化合物和多环芳烃的存在，已对人类健康产生不容忽视的危害。土壤污染已成为限制农产品国际贸易和社会经济可持续发展的重大障碍之一，污染土壤迫切需要治理和修复。

污染土壤修复是当今环境科学的热点领域，也是最具挑战性的研究方向之一。我国今后将开展大量相关研究，以解决土壤污染这一实际问题。为了促进该领域研究工作的深入开展，我们在总结以往 30 多年在污染生态学、环境生物学及环境工程领域工作的基础上，特别结合国家重点基础研究发展计划 (2004CB418506)，国家高技术研究发展计划 (2004AA649060)，国家自然科学基金重点项目 (典型污染物在土壤环境中的缓解机理与修复新原理，20337010)，中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-401、KZCX2-SW-416)，中国科学院沈阳应用生态研究所创新重大项目 (污染土壤修复的生态过程与技术体系 SCXZD0103)，沈阳市环境工程辽宁省重点实验室基金等资助的项目以及中德、中英、中美、中澳等国际合作项目所取得的研究进展，并融汇查阅到的大量国内外资料，历经 5 年时间，终于完成了本书的写作。

全书共分 12 章。第一章从理论上论述了污染土壤修复的基本概念、基本原理与研究前沿，并对今后的污染土壤修复工作进行了展望；第二章介绍了土壤污染发生机理及其危害；第三至五、十二章论述了污染土壤修复研究工作的中心议题及其技术支撑体系，包括无机污染物及有机污染物的生态过程、污染土壤的生态毒理诊断及其方法、污染土壤修复效果的检验与评价标准；第六至十一章为污染土壤修复的理论与技术体系，包括重金属、有机污染土壤的原位修复、异位修复的理论与技术，污染土壤与地下水的联合修复，微生物技术在土壤污染修复中的应用。

各章作者为：第一章，孙铁珩；第二章，周启星，贾宏宇；第三章，王新；第四章，宋玉芳；第五章，刘宛；第六章，熊先哲；第七章，台培东，蔺昕；第八章，郭书海，冷延慧；第九章，和文祥；第十章，李培军，巩宗强，殷培杰；第十一章，张春桂，张海荣；第十二章，晁雷，周启星。除此之外，李培军研究员还在本书的统稿、内容增删以及最后定稿等方面做了大量的工作。全书最后由孙铁珩主编定稿。

我们殷切希望有关专家和广大读者对本书提出批评和建议，共同为推动污染土壤修复研究领域的发展做出更多的贡献。

# 目 录

## 前言

<b>第一章 土壤污染生态与污染土壤生态修复</b> .....	1
第一节 土壤环境的基本特征.....	1
第二节 土壤环境污染的基本特点.....	2
一、隐蔽性与滞后性.....	2
二、累积性与地域性.....	2
三、不可逆转性.....	2
四、治理难而周期长.....	3
第三节 土壤污染生态学.....	3
一、土壤环境研究的历史沿革.....	3
二、土壤污染生态研究的主要内容.....	4
三、污染物在土壤-植物系统的生态过程研究 .....	5
四、污染物在土壤-植物系统的生态毒理学过程与调控 .....	6
五、土壤生态毒理学诊断与安全预警研究.....	7
第四节 污染土壤的生态修复.....	8
一、污染土壤生态修复的主要内容.....	8
二、污染土壤生态修复技术发展的几个重要方向 .....	10
三、展望 .....	12
第五节 结语 .....	13
主要参考文献 .....	13
<b>第二章 土壤污染发生机理及其危害</b> .....	14
第一节 土壤污染发生的概念 .....	14
一、土壤污染的定义 .....	14
二、土壤污染物及其类型 .....	15
三、土壤污染来源 .....	24
第二节 土壤污染发生及其动力学 .....	29
一、土壤污染发生的基本方式 .....	29
二、土壤污染发生的基本过程 .....	30
三、土壤污染发生动力学 .....	32

---

第三节	土壤污染的环境效应	40
一、	环境效应的概念	40
二、	对地下水水质的不良影响	41
三、	水体污染效应	41
四、	对大气的负面作用以及酸沉降的环境影响	41
五、	全球环境变化	43
第四节	土壤污染的生态危害	43
一、	生物对土壤污染的暴露方式与途径	43
二、	对植物的毒害及农产品安全危机	45
三、	对动物的毒害及生态安全危机	46
四、	土壤微生物生态效应	48
五、	对人体健康的冲击及疾病发生	50
六、	生态系统水平上土壤污染危害	51
	主要参考文献	52
<b>第三章</b>	<b>重金属在土壤-植物系统中生态过程研究</b>	<b>55</b>
第一节	土壤环境中重金属元素的相互作用及其对吸附特性的影响	55
一、	不同元素组合在草甸棕壤中的吸附特性	55
二、	重金属及其交互作用对土壤解吸的影响	59
三、	土壤重金属离子吸附与解吸的相关性	60
第二节	重金属复合污染物在植物-土壤系统中迁移积累规律及生态效应的研究	61
一、	重金属复合污染物对作物生长发育的影响	61
二、	复合污染对植物生理指标的影响	61
三、	不同作物对重金属的吸收和积累特性	63
四、	重金属在作物-土壤系统中的迁移及输入输出特性	64
五、	复合污染物在农田生态系统的动态研究	66
第三节	土壤中重金属元素形态与其生态效应的研究	70
一、	Cd、Pb、Cu、Zn 形态分布对环境的影响	71
二、	土壤环境中重金属不同形态与植物吸收的关系	73
第四节	土壤-水稻系统中重金属复合污染物交互作用的研究	75
一、	复合污染物对水稻生长发育的影响	76
二、	水稻体内重金属元素交互作用特性	77
三、	单元素与复合污染对水稻体内重金属动态变化的影响	79
四、	两元素交互作用与 5 元素复合水稻籽实吸收重金属的比较	



研究 .....	80
第五节 重金属在土壤-植物系统中污染生态化学过程研究展望 .....	81
主要参考文献 .....	82
<b>第四章 有机污染物在土壤环境中的生态过程 .....</b>	<b>85</b>
第一节 土壤石油污染 .....	85
一、石油的性质 .....	85
二、石油的分类 .....	85
三、石油烃污染的生物降解机理研究 .....	86
第二节 多环芳烃的生物降解生态过程 .....	87
一、多环芳烃的性质与分布 .....	87
二、多环芳烃生物降解的途径 .....	88
第三节 影响污染物在土壤中降解的环境因素 .....	89
一、影响土壤多环芳烃降解的环境条件 .....	89
二、表面活性剂对多环芳烃生物降解的影响 .....	89
第四节 土壤中石油及菲、芘的生物修复调控研究 .....	91
一、土壤中多环芳烃和矿物油降解率与其浓度的关系 .....	91
二、菲、芘降解率与有机肥及苜蓿草的关系 .....	92
三、菲、芘和矿物油降解与特性菌的关系 .....	93
四、重污染土壤中菲、芘的降解 .....	94
第五节 两种植物条件下土壤中矿物油和多环芳烃植物修复研究 .....	95
一、有机肥量对不同植物土壤中矿物油降解率的影响 .....	95
二、有机肥对不同种植物-土壤中多环芳烃降解的影响 .....	97
三、有机肥与土壤呼吸强度及 PAH 降解的关系 .....	98
四、有机肥对不同植物土壤中 3 环 PAH 降解的影响 .....	100
五、有机肥对不同植物土壤中 4 环 PAH 降解的影响 .....	101
第六节 表面活性剂 TW-80 对土壤 PAH 生物降解影响 .....	102
一、培养 30 天后土壤中 PAH .....	102
二、培养 60 天后土壤中 PAH .....	103
三、培养 150 天后土壤中 PAH .....	104
四、优势菌的分离与分析 .....	104
第七节 菲、芘的生态毒性及生物降解影响因子研究 .....	105
一、菲、芘的生态毒性 .....	105
二、蚕豆根尖微核实验 .....	106
三、菲、芘对土壤呼吸作用的影响 .....	107

四、菲对土壤酶活性的影响·····	107
五、菲、芘的生态毒性综合分析·····	110
第八节 菲、芘的生物降解影响因子研究·····	111
一、温度对菲、芘生物降解的影响·····	111
二、pH 值对菲、芘生物降解的影响·····	112
三、表面活性剂对菲、芘生物降解的影响·····	113
四、正交设计 1 中 4 个因素对土壤中菲的残留率的影响·····	114
五、正交设计 2 中 4 个因素对土壤中菲、芘生物降解的影响·····	115
六、菲和芘的生物降解影响因子分析·····	116
第九节 土壤-植物系统中多环芳烃及重金属行为研究·····	119
一、土地处理系统进水及预处理系统中的多环芳烃和重金属·····	119
二、土壤剖面中多环芳烃·····	120
三、不同生态结构与水力负荷土壤中的多环芳烃·····	121
四、地下水中的多环芳烃·····	122
第十节 多环芳烃在土壤中的积累与动态变化研究·····	123
一、对照点土壤 PAH·····	123
二、沈阳八一灌区土壤 PAH·····	124
三、沈阳市浑北灌区土壤中的 PAH·····	125
四、沈阳市浑蒲灌区土壤中的 PAH·····	126
五、土壤中 PAH 积累与动态变化·····	128
六、污染土壤生物修复成功运行需认真研究的若干问题·····	129
七、土壤污染生态毒理诊断的特殊性·····	134
主要参考文献·····	143
<b>第五章 土壤污染的生态毒理诊断与预警·····</b>	<b>146</b>
第一节 土壤污染生态毒理诊断的意义·····	146
一、土壤污染传统诊断方法的局限性·····	146
二、土壤污染生态毒理学诊断的重要意义·····	147
三、污染土壤生态毒理学诊断方法的基本原则·····	148
第二节 污染土壤生态毒理诊断方法研究·····	149
一、敏感植物诊断方法·····	149
二、敏感动物诊断方法·····	150
三、土壤微生物诊断法·····	153
四、生物标记物诊断法·····	157
五、微宇宙毒性试验在污染土壤生态毒理诊断的作用·····	172

第三节	分子及细胞生物学技术在污染土壤生态毒理学诊断中的应用···	174
一、	PCR-SSCP 技术·····	174
二、	荧光原位杂交技术·····	178
三、	DNA 损伤试验·····	181
四、	基因芯片技术·····	189
五、	一般代谢酶的活性测定·····	193
六、	解毒系统酶类诱导作用的检测·····	194
七、	抗氧化防御酶的检测·····	195
第四节	生物致突变效应检测·····	197
一、	基本概念·····	198
二、	试验方法·····	198
	主要参考文献·····	203
<b>第六章</b>	<b>重金属污染土壤修复的理论与技术</b> ·····	<b>208</b>
第一节	土壤的重金属污染·····	208
一、	环境中的重金属·····	208
二、	土壤重金属污染的概况·····	208
三、	土壤重金属污染的危害·····	210
第二节	重金属污染土壤修复技术的分类·····	210
一、	修复技术按学科分类·····	211
二、	修复技术按场地分类·····	211
第三节	重金属污染土壤修复的理论基础·····	211
一、	植物的去毒作用和忍耐性能·····	211
二、	土壤中重金属的动力学行为特征·····	213
第四节	重金属污染土壤的植物修复技术·····	214
一、	重金属积累植物·····	214
二、	超积累植物研究实例·····	215
三、	植物修复技术的应用·····	216
第五节	重金属污染土壤的微生物修复·····	216
第六节	重金属污染土壤修复的化学和物理化学技术·····	217
一、	土壤中重金属的固定和稳定·····	217
二、	电动修复·····	219
三、	土壤冲洗技术·····	219
四、	重金属污染土壤修复的农业工程技术·····	220
五、	重金属污染土壤修复技术的实施·····	221

主要参考文献·····	222
<b>第七章 有机物污染土壤的原位修复理论与技术</b> ·····	226
第一节 土壤有机污染·····	226
一、污染土壤的主要有机污染物·····	226
二、土壤有机污染物来源、转化和危害·····	226
三、土壤修复的重点有机污染物·····	229
第二节 原位修复理论·····	231
一、原位修复概念·····	232
二、原位修复的方法和类型·····	233
三、原位修复原理·····	234
四、影响原位修复因素·····	239
五、强化措施·····	243
六、原位修复优点和局限性·····	247
第三节 原位修复技术·····	248
一、物理化学技术·····	249
二、化学修复·····	257
三、生物技术·····	259
四、研究案例·····	272
第四节 原位修复技术前景展望·····	274
主要参考文献·····	276
<b>第八章 有机物污染的异位修复理论与技术</b> ·····	282
第一节 异位生物修复·····	282
一、概述·····	282
二、国内外发展概况·····	283
三、生物修复技术的研究开发状况及存在的问题·····	284
四、异位生物修复的应用实例·····	285
第二节 异位生物修复机理·····	288
一、有机污染物进入微生物细胞的过程·····	288
二、微生物降解有机污染物的基本反应类型·····	291
第三节 影响土壤异位修复的因素·····	293
一、影响土壤异位修复的土壤特性·····	293
二、有机污染物化学结构对异位生物修复的影响·····	301
三、有机污染物的降解方式及可利用性对异位生物修复的影响·····	308
四、影响异位生物修复的环境条件·····	319

---

第四节 异位修复技术发展现状	329
一、预制床法	329
二、堆制式修复	330
三、生物反应器修复	334
四、现有的土壤修复技术与异位生物修复的比较	343
五、异位生物修复展望	346
主要参考文献	346
<b>第九章 农业污染土壤的高效安全利用</b>	<b>350</b>
第一节 农业污染土壤高效安全利用的概述	351
一、土壤安全高效利用的原理	351
二、研究的技术路线	352
第二节 农业重金属污染土壤的高效安全利用	354
一、禾谷类作物	354
二、油料作物	356
三、蔬菜和糖料作物	357
四、纤维类植物	358
五、农业土壤安全高效利用的例子	360
六、重金属污染农田高效安全利用时的注意事项	364
第三节 螯合剂在污染土壤修复和利用中的作用	365
一、螯合剂可提高土壤中重金属的移动性	366
二、螯合剂可增加植物对重金属的吸收	366
三、螯合剂诱导的植物超富集作用	367
第四节 矿物元素对污染土壤的修复和高效利用	368
一、无机污染物	368
二、有机污染物	369
第五节 草本和木本等植物对污染土壤和空气的监测与利用	369
一、利用种子植物叶片的伤害症状指示大气污染	370
二、草本植物对污染土壤安全高效利用	371
三、木本植物对污染环境的反应	371
主要参考文献	374
<b>第十章 土壤和地下水的污染及其联合修复</b>	<b>376</b>
第一节 土壤和地下水污染概述	376
一、土壤和地下水的污染源	377
二、土壤和地下水中的主要污染物	379

三、污染物进入土壤和地下水的途径·····	381
第二节 污染物在土壤-地下水系统中的归趋过程·····	384
一、物理作用·····	385
二、化学作用·····	388
三、生物降解·····	389
第三节 污染物在土壤和地下水中的迁移模型·····	390
一、污染物迁移机理·····	392
二、污染物在包气带和地下水中迁移基本模型的推导·····	396
三、污染物在层状介质中的迁移模拟·····	399
四、污染物在地下水中的迁移模型·····	402
第四节 土壤和地下水污染场的联合修复·····	405
一、污染场调查·····	405
二、污染场评估·····	406
三、污染场修复·····	406
主要参考文献·····	420
<b>第十一章 微生物技术在土壤污染修复中的应用·····</b>	<b>422</b>
第一节 环境微生物技术的基本特征和研究内容·····	422
一、环境微生物技术的基本特点·····	422
二、环境微生物技术的研究内容·····	423
三、环境微生物技术研究进展·····	425
第二节 环境微生物技术的微生物学基础·····	427
一、微生物类群与形态特征·····	427
二、环境微生物生态学基础·····	432
三、微生物的酶学基础·····	440
四、微生物的遗传和变异·····	443
第三节 微生物对有机污染物的降解·····	454
一、微生物降解转化物质的巨大潜力·····	454
二、微生物降解动力学·····	457
三、微生物对污染物的作用·····	459
四、有机污染物的微生物降解·····	465
五、影响微生物降解的主要因素·····	474
第四节 污染土壤修复中常用的微生物技术·····	481
一、好氧微生物的氧化技术·····	481
二、厌氧微生物的发酵技术·····	487

三、生物细胞固定化技术·····	488
四、微生物遗传工程技术·····	491
五、生物表面活性剂·····	496
六、微生物共代谢降解作用在生物修复中的应用·····	500
七、微生物与植物联合修复技术·····	501
主要参考文献·····	509
<b>第十二章 污染土壤修复效果的检验与评价·····</b>	<b>512</b>
<b>第一节 污染土壤修复基准研究·····</b>	<b>512</b>
一、有关基本概念·····	512
二、土壤环境地球化学研究法·····	512
三、土壤生态效应法·····	514
四、综合研究法·····	515
<b>第二节 污染土壤修复标准的制定·····</b>	<b>515</b>
一、社会因素·····	515
二、清洁技术因素·····	517
三、土壤的背景值因素·····	519
四、对地下水保护的因素·····	520
五、法规调控因素·····	521
<b>第三节 国外一些发达国家污染土壤修复基准与标准·····</b>	<b>524</b>
一、概述·····	524
二、美国的污染土壤修复基准与标准·····	525
三、加拿大污染土壤清洁标准·····	543
四、澳大利亚土壤标准·····	544
五、丹麦的污染土壤修复标准·····	546
六、荷兰的土壤质量标准·····	551
七、日本的土壤保护及其标准·····	554
<b>第四节 污染土壤修复后效观察与生态学评价·····</b>	<b>555</b>
一、污染土壤修复后效观察·····	555
二、修复土壤再用生态风险评价·····	561
主要参考文献·····	572

# 第一章 土壤污染生态 与污染土壤生态修复

土壤是人类赖以生存的物质基础，是人类不可缺少、不可再生的自然资源。土壤环境是人类环境的重要组成部分，充分认识土壤环境，有利于对土壤资源的进一步利用和对土壤环境的合理调控。加强土壤肥力的培育，防治土壤污染，充分利用土壤的净化功能，实施污染土壤的清洁是全社会的共同责任。

土壤环境质量的变化涉及土壤质量与生物品质，即土壤质量与生物多样性以及食物链的营养价值与污染问题；涉及土壤与水 and 大气质量的关系，即土壤作为源与汇（或库）对水质和大气质量的影响；涉及人类居住环境问题，即土壤元素丰缺与人类健康的关系等。因此，土壤污染对人类的危害性极大，它不仅直接导致粮食的减产，而且通过人们食用生长于农业土地上的植物及其产品影响人体健康，还通过对地下水的污染以及污染的转移构成对人类生存环境多个层面上的不良胁迫和危害。

## 第一节 土壤环境的基本特征

土壤是由固体（无机体和有机体）、液体（土壤水分）和气体（土壤空气）组成的三相复合系统。每一组分都有其自身的理化性质，三者间处于相对稳定或变化状态。每种土壤都有特定的生物区系，如细菌、真菌、放线菌等土壤微生物以及藻类、原生动物、软体动物和节肢动物等区系。

土壤具有三个基本的特征。首先，土壤作为生态系统的基本单元，具有SWP（土壤、水和植物）系统的整体性。土壤是自然环境要素的重要组成部分，它是处在岩石圈最外面的一层疏松的部分，具有支持植物和微生物生长繁殖的能力。土壤圈是处于大气圈、水圈和生物圈之间的过渡地带，是联系有机界和无机界的中心环节。

其次，土壤作为人类活动的主要资源，具有数量和质的双重性。保证土壤质量的安全生产既要保证最大的生物量生产能力，更要保证最佳的生物学质量生产能力，包括农产品体内的营养元素（蛋白质、脂肪）、微量元素、维生素、激素和污染物的含量，同时还要保证土壤自身不致引发二次污染。

第三，土壤作为自然体和环境介质，一方面具有多功能性，是人类生活的一种极其宝贵的自然资源；另一方面又还具有同化和代谢外界进入土壤的物质的能



力,它承载一定的污染负荷,具有一定的环境容纳量,所以是保护环境的重要净化剂。土壤自净能力,一方面与土壤自身物化性质如土壤黏粒、有机物含量、温度、湿度、pH值、阴阳离子的种类和含量等因素有关,另一方面因受土壤系统中微生物种类和数量的制约,其净化强度是有限的。污染物一旦超过土壤的最大容量将会引起不同程度的土壤污染,进而影响土壤中生存的动植物,最后通过生态系统食物链危害牲畜乃至人类健康。

土壤环境与大气环境和水环境不同:水和大气环境是一个流动的介质,污染物在其中存在着迁移过程(只是污染物空间分布发生变化)、价态、浓度的变化;土壤是一个复杂的环境介质,其中包含着复杂的生物、化学、物理过程,污染物在其中不仅存在价态、浓度变化,还存在吸附-解吸、固定-老化、溶解-扩散、氧化-还原以及生物降解等复杂过程。

## 第二节 土壤环境污染的基本特点

土壤环境的多介质、多界面、多组分以及非均一性和复杂多变的特点,决定了土壤环境污染具有区别于大气环境污染和水环境污染的特点。

### 一、隐蔽性与滞后性

水体污染如江河湖海的污染,常常肉眼就容易辨识;水泥厂的滚滚浓烟给四周大气造成的污染,在达到一定程度时通过感官就能发觉;废弃物的污染就更加直观了。但是,土壤环境污染却往往要通过对土壤样品进行分析化验和对农作物,如粮食、蔬菜和水果等的残留物检测以及对摄食的人或动物的健康检查才能揭示出来,从遭受污染到产生“恶果”往往需要一个相当长的过程。也就是说,土壤环境污染而且土壤从产生污染到其危害被发现通常会滞后较长的时间。如日本的镉中毒造成的“骨痛病”经过了一二十年之后才被人们所认识。

### 二、累积性与地域性

污染物在大气和水体中,一般是随着气流和水流进行长距离迁移;在土壤环境中并不像在大气和水体中那样容易扩散和稀释,因此容易不断积累而达到很高的浓度,从而使土壤环境污染具有很强的地域性特点。

### 三、不可逆转性

大气和水体如果受到污染,切断污染源之后通过稀释作用和自净化作用就有可能使污染不断减轻,但是难降解污染物积累在土壤环境中则很难靠稀释作用和自净化作用来消除。