

土壤污染与修复理论和实践研究丛书

土壤污染特征、过程与有效性

Characteristics, Processes and
Availability of Soil Pollution

骆永明 等 著



科学出版社

土壤污染与修复理论和实践研究丛书

土壤污染特征、过程与有效性

骆永明 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者近 20 年来开展我国经济快速发展地区（特别是长江、珠江三角洲地区）、不同土地利用方式和不同自然条件下土壤重金属和有机污染特征、过程与有效性研究工作的全面总结。系统介绍了典型区域大宗作物农田、设施菜地、果园、长期施肥定位试验站、市政污泥农用地、电子废旧产品拆解场地及周边、冶炼场地及周边、矿区及周边、石油开采场地及周边、化工场地及周边、地球化学高背景区等农用地和建设用地土壤污染特征，解析了土壤污染源与成因。在此基础上，系统阐明了土壤中重金属（镉、铜、锌、铅、砷、汞等）和有机污染物（多环芳烃、多氯联苯、酞酸酯、抗生素、二苯砷酸、二噁英等）的形态、吸附、分配、富集、迁移等特性、过程及预测模型。这些研究成果对认识区域土壤环境质量演变和制定土壤污染防控修复策略具有重要的学术价值和实践指导意义。

本书可作为土壤污染防治与修复、环境保护、农业管理、生态建设、国土资源利用等专业和领域的管理者、科研工作者、研究生等的参考书，也可作为高等院校、科研院所土壤学、环境科学、环境工程、生态学、农学等相关学科的研究生教学参考教材。

图书在版编目（CIP）数据

土壤污染特征、过程与有效性/骆永明等著. —北京：科学出版社，2016

（土壤污染与修复理论和实践研究丛书）

ISBN 978-7-03-052184-2

I. ①土… II. ①骆… III. ①土壤污染-特征 ②过程-有效性

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 022183 号

责任编辑：周 丹 梅靚雅/责任校对：刘亚琦

责任印制：张 倩/封面设计：许 瑞

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 12 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2016 年 12 月第一次印刷 印张：35 3/4

字数：850 000

定价：198.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）



作者名单

主要著者

骆永明 章海波 吴龙华 滕 应 宋 静
刘五星 涂 晨 李 远

著者名单 (按姓氏笔画排序):

卜元卿	马婷婷	王阿楠	韦 婧	邓绍坡
尹春艳	尹雪斌	平立凤	申荣艳	付传城
邢维芹	毕 德	过 园	乔显亮	刘五星
刘鸿雁	刘增俊	汤志云	孙玉焕	李 远
李 敏	李士杏	李志博	李清波	吴龙华
吴春发	宋 静	张长波	张红振	陈永山
罗 飞	郑茂坤	胡宁静	姚春霞	骆永明
倪进治	徐 莉	高 军	涂 晨	黄树焘
章海波	韩存亮	谭长银	滕 应	潘 霞
潘云雨				

序 言

自 20 世纪 80 年代以来,随着高强度的人类活动和经济社会的快速发展,大量人为排放的重金属和有机污染物以不同类型、方式、途径进入土壤,造成土壤污染,危及土壤质量安全与生态系统及人体健康。土壤环境质量与安全健康保障令人担忧。土壤污染管控与修复成为国家生态环境治理的重大现实需求。土壤污染与修复的基础理论研究、技术装备研发、监管体系建设和产业化发展已是新时期我国土壤环境保护的重要任务。

骆永明研究员应聘 1997 年度中国科学院“百人计划”,于 1998 年从英国留学回国,在南京土壤研究所组建了“土壤圈污染物循环与修复”研究团队。2001 年起,先后在国家杰出青年科学基金项目、973 计划项目、863 计划项目、国家自然科学基金重点、面上及重大国际合作项目、中国科学院创新团队项目、环保部公益性行业科技专项项目、江苏省攀登学者计划项目等支持下,他带领团队成员,系统开展了我国沿海经济快速发展地区(长江、珠江、黄河三角洲及香港地区)土壤环境污染状况、过程、效应、评估、植物修复、微生物修复及化学——生物联合修复等理论、方法、技术、标准及工程应用方面的研究与实践,取得了诸多创新性研究成果。于 2005 年撰文他提出了“土壤修复”是一门土壤科学和环境科学的分支学科的论述。自 2000 年以来,发起并连续组织召开了“第一、二、三、四、五届土壤污染与修复国际会议”,不仅促进和带动了自身的科学前沿研究与技术发展,而且引领和推动了我国乃至世界土壤环境和土壤修复科技的研究与发展。

即将出版的“土壤污染与修复理论和实践研究丛书”正是骆永明及其团队(包括博士后、研究生)近 20 年来研究工作的系统总结。该丛书共分四册,分别介绍了《土壤污染特征、过程与有效性》、《土壤污染毒性、基准与风险管理》、《重金属污染土壤的修复机制与技术发展》和《有机污染土壤的修复机制与技术发展》。这是目前我国乃至全球土壤污染与修复研究领域的大作,既有先进的理论与方法,又有实用的技术与规范,还有田间实践经验与基准标准建议,为土壤科学进步与区域可持续发展做出了重大贡献。该丛书的出版,正逢国家“土壤污染防治行动计划”(“土十条”)颁布和各省(市、区)制定“土壤污染防治行动计划”实施方案之际。相信,该丛书可供全国土壤污染防治行动计划的实施借鉴,将推进我国土壤污染与修复的创新研究和产业化发展。



中国科学院院士、南京土壤研究所研究员

2016 年 12 月于南京

前 言

土壤污染是一个全球性环境问题，可以发生在农用地，也可以出现在建设用地，还可以存在于矿区和油田。早在 20 世纪 70 年代，世界上工业先进、农业发达的国家就开始调查研究工业场地和农业土壤的污染问题，寻找其解决的技术途径。在同一时期，我国进行了污灌区农田土壤污染与防治研究，开启了土壤环境保护工作。进入上世纪 80 年代，我国在土壤有机氯农药和砷、铬等重金属污染及其控制研究上取得了明显进展；90 年代初基于第二次全国土壤调查数据确定了土壤环境背景值，揭示了其区域分异性，并于 1995 年首次颁布了土壤环境质量标准，为全国土壤污染防治与环境保护奠定了新基础。至 90 年代末，土壤重金属、农药、石油污染的微观机制和物化控制、微生物转化技术研究取得了新进展，重金属污染土壤的植物修复研究在我国起步。2000 年 10 月在杭州召开了第一届“International Conference of Soil Remediation”，标志着我国土壤修复科学、技术、工程和管理研究与发展序幕的全方位拉开。迈入新世纪后，我国土壤污染与修复工作得到进一步重视。科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院等相继部署了土壤污染与控制修复科技研究项目；2001 年污染土壤修复技术与大气、水环境控制技术同步纳入国家“863”计划。2006 年环保部和国土资源部首次联合开展了全国土壤污染调查与防治专项工作，2014 年两部委联合发布的《全国土壤污染状况调查公报》明确指出，全国土壤环境状况总体不容乐观，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。土壤污染防治与修复成为国家环境治理和生态文明建设的重大现实需求。土壤修复的基础研究、技术研发、监管支撑和产业发展已是新时期我国土壤环境保护的重要任务。

恰逢其时，我应聘了 1997 年度中国科学院“百人计划”，于 1998 年回国，在南京土壤研究所开辟了土壤污染与修复研究方向。近 20 年来，在国家、地方和国际合作项目资助下和各方支持下，率领研究团队，系统研究了在我国经济快速发展过程中不同区域和不同土地利用方式下土壤重金属和有机污染规律，建立了土壤污染诊断、风险评估、基准与标准制定方法，发展了土壤污染的风险管理和修复技术，提出了“土壤修复”学科。“土壤污染与修复理论和实践研究丛书”就是这些研究工作及其进展的系统总结，分成四册，分别为《土壤污染特征、过程与有效性》、《土壤污染毒性、基准与风险管理》、《重金属污染土壤的修复机制与技术发展》和《有机污染土壤的修复机制与技术发展》。希望该丛书的出版有助于全国各地土壤污染防治行动计划的设计与实施，有益于我国土壤污染与修复的创新研究和产业化发展。

本著作为第一册，系统介绍了典型区域农田、菜地、果园、长期施肥定位试验站、污水污泥农用地、电子废旧产品拆解场地及周边、冶炼场地及周边、矿区及周边、石油开采场地及周边、化工场地及周边、地球化学高背景区等农用地和建设用地土壤污染特征，及其污染源解析方法，并分析了污染成因。同时，以镉、铜、锌、铅、砷、汞等重

金属和多环芳烃、多氯联苯、酞酸酯、抗生素、二苯砷酸、二噁英等有机污染物为研究对象,阐明了其在土壤中的形态、吸附、分配、富集、迁移等特性、过程及预测模型。这些研究成果对认识区域土壤环境质量演变和制定土壤污染防治修复策略具有重要的科学价值和指导意义。

全书共分两篇。第一篇介绍土壤污染特征、来源与成因,共分十三章:第一章 长江、珠江三角洲区域土壤污染特征;第二章 设施菜地土壤污染特征;第三章 果园土壤污染特征;第四章 长期施肥定位试验点土壤污染特征;第五章 市政污泥农用土壤污染特征;第六章 电子废旧产品场地周边土壤及水气环境污染特征;第七章 冶炼场地及周边土壤污染特征;第八章 矿区土壤及尾矿砂污染特征;第九章 石油开采场地土壤及油泥污染特征;第十章 化工场地及周边土壤污染特征;第十一章 高背景区土壤重金属积累与污染特征;第十二章 土壤污染源解析;第十三章 土壤污染成因分析。第二篇介绍土壤中污染物的形态、过程与有效性,共分两章:第十四章 土壤中重金属的形态、过程与有效性;第十五章 土壤中有机污染物的形态、过程与有效性。

本书吸收了国家科技部“十五”“973”计划项目(2002CB410800)、“十二五”“863”计划重大项目(2012AA06A200),国家自然科学基金委杰出青年科学基金(40125005)、重点(40432005、41230858)、面上(49871042)及重大国际合作项目(40821140539),中国科学院“百人计划”项目(重金属污染土壤的评价与生物修复)、创新团队国际合作伙伴计划项目(CXTD-Z2005-4)、知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-404)、环保部公益性行业科技专项项目(201009016)、江苏省攀登学者计划项目(BK2009016)等科研项目的部分研究成果,是在研究团队成员(包括博士后和研究生)的辛勤努力下共同完成的。本书的主要执笔人为:骆永明、章海波、吴龙华、滕应、宋静、刘五星、涂晨、李远;参加相关研究和本书撰写工作的还有:卜元卿、马婷婷、王阿楠、韦婧、尹春艳、尹雪斌、邓绍坡、平立凤、申荣艳、付传城、邢维芹、过园、毕德、乔显亮、刘鸿雁、刘增俊、汤志云、孙玉焕、李士杏、李志博、李敏、李清波、吴春发、张长波、张红振、陈永山、罗飞、郑茂坤、胡宁静、姚春霞、倪进治、徐莉、高军、黄树焄、韩存亮、谭长银、潘云雨、潘霞,以及张瑞昌、马海青、周倩等。全书由章海波、李远和骆永明统稿,骆永明定稿。需要指出的是考虑到丛书的系统性,经科学出版社同意,本书中的部分内容来自我们早期出版的有关专著。还需要一提的是为保持早期研究工作的原始性,我们在研究内容及其参考文献上未作新的补充。

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳切希望各位同仁给予批评指正。



2016年12月于烟台

缩 写 词

简称	全称	中文
Aba	Abamectin	阿维菌素
Acp	Acenaphthene	萵
AcPy	Acenaphthylene	萵烯
ADD	Average Daily Dose	日平均剂量
ADFI	Average Daily Feed Intake	平均日采食量
ADG	Average Daily Gain	平均日增重
Al	Aluminum	铝
ALM	Adult Blood Lead Model	成人血铅模型
Ant	Anthracene	蒽
APCS	Absolute Principal Component Scores	绝对主成分得分
APx	Ascorbate Peroxidase	抗坏血酸过氧化物酶
As	Arsenic	砷
ASTM	American Society for Testing Materials	美国试验材料学会
ATP	Adenosine Triphosphate	三磷酸腺苷
Aver	Average	平均值
AWCD	Average Well Color Development	平均吸光值
BaA	Benzo (a) anthracene	苯并[a]蒽
BAF	Bioaccumulation Factor	生物积累系数
BaP	Benzo (a) pyrene	苯并[a]芘
BbF	Benzo (b) fluoranthene	苯并[b]荧蒽
BBP	Benzyl butyl phthalate	邻苯二甲酸丁苄酯
BCF	Bioconcentration Factor	生物富集系数
BCR	European Community Bureau of Reference	欧共体参比司
BghiP	Benzo (g,h,i) perylene	苯并[g,h,i]花
BkF	Benzo (k) fluoranthene	苯并[k]荧蒽
BMD	Benchmark Dose	基准剂量
BOT	Build-Operate-Transfer	建设-经营-转让
Br	Bromine	溴
Ca	Calcium	钙
CAS	Chemical Abstracts Service	美国化学文摘服务社
CAT	Catalase	过氧化氢酶
CBA	Cost-Benefit Analysis	费用效益分析

续表

简称	全称	中文
CCA	Canonical Correspondence Analysis	典范对应分析
CCE	Coordination Center for Effects	欧洲效应研究合作中心
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment	加拿大环境部长理事会
Cd	Cadmium	镉
CDF	Cumulative Distribution Function	累积分布函数
CDK	Cyclin Dependent Protein Kinases	周期蛋白依赖性蛋白激酶
Ce	Cerium	铈
CEC	Cation Exchange Capacity	阳离子交换量
CFD	Cumulative Frequency Distribution	累积频率分布
cfu	Colony Forming Units	菌落数
CHR	Chrysene	蒽
CICAD	Concise International Chemical Assessment Document	简明国际化学评估文件
Cl-CB	Cl-Chlorinated biphenyl	氯化联苯
Co	Cobalt	钴
CoA	Coenzyme A	辅酶 A
COC	Chemicals of Concern	关注污染物
CPC	Chloramphenicol	氯霉素
Cr	Chromium	铬
CSF	Cancer Slope factor	致癌斜率因子
CTC	Chlorotetracycline	金霉素
Cu	Copper	铜
CV	Coefficient of Variation	变异系数
DBA	Dibenzo (a,h) anthracene	二苯并[a,h]蒽
DCM	Dichloromethane	二氯甲烷
DDE	Dichlorodiphenyldichloroethylene	滴滴伊
DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane	滴滴涕
DE	Dimensional Electrophoresis	双向电泳
DEFRA	The Department for Environment, Food and Rural Affairs	英国环境、食品、农村事务部
DEHP	Di 2-Ethylhexyl Phthalate	邻苯二甲酸二异辛酯
DEP	Diethylphthalate	邻苯二甲酸二乙酯
DGGE	Denaturing Gradient Gel Electrophoresis	变性梯度凝胶电泳
DGT	Diffusive Gradient in Thin film	薄层梯度扩散
DHDPS	Dihydrodipicolinate Synthase	二氢吡啶二羧酸合酶
DIN	German Institute for Standardization	德国标准所
DMP	Dimethylphthalate	邻苯二甲酸二甲酯
DMSO	Dimethylsulfoxide	二甲亚砜

续表

简称	全称	中文
DMT	Donnan Membrane Technology	道南膜技术
DNA	Deoxyribonucleic Acid	脱氧核糖核酸
DnBP	Di-n-Butyl Phthalate	邻苯二甲酸二正丁酯
DnOP	Di-n-Octyl Phthalate	邻苯二甲酸二正辛酯
DOC	Dissolved Organic Carbon	溶解性有机碳
DOM	Dissolved Organic Matter	溶解性有机质
DPAA	Diphenylarsinic Acid	二苯砷酸
DPSIR	Driving Force-Pressure-State-Impact-Responses	驱动力-压力-状态-影响-响应
DR	Detection Rate	检出率
DTPA	Diethylenetriamine Pentaacetic Acid	二乙烯三胺五乙酸
DW	Dry Weight	干重
DXC	Doxycycline	多西环素
EC	Electric Conductivity	电导率
EC	Effective Concentration	有效浓度
EC	European Commission	欧洲委员会
EDDS	Ethylenediaminedisuccinic Acid	乙二胺二琥珀酸
EDTA	Ethylene Diamine Tetraacetic Acid	乙二胺四乙酸
EDX	Energy Dispersive X-ray Detector	能量弥散 X 射线探测器
EER	Expected Ecological Risk	预期生态风险
EGME	Ethylene Glycol Monoethyl Ether	乙二醇单乙醚
Eh	Redox Potential	氧化还原电位
EPA	US Environmental Protection Agency	美国环保局
ERD	European Rural Development	欧洲农村发展文件
EROD	Ethoxycoumarin-O-Dealkylase	乙氧基香豆素-O-脱乙基酶
ESIC	Soil Investigation Criteria for Protecting Ecosystem	保护生态系统的土壤指导值
ETM-H ₂ O	Erythromycin-H ₂ O	红霉素
Eu	Europium	铕
FA	Fulvic Acid	富里酸
FAO	United Nations Food and Agriculture Organization	联合国粮食及农业组织
FC	Fecal Coliform	粪大肠菌群
FDOM	Fulvic Acid extraced Soluble Organic Matter	富里酸提取溶解性有机质
FE	Feeding Efficiency	饲料利用率
Fe	Ferrum	铁
FFC	Florfenicol	氟苯尼考
FL	Fluoranthene	荧蒽
Flu	Fluorene	芴

续表

简称	全称	中文
f_{oc}	Organic Carbon Fraction	有机碳分数
FOS	Fosthiazate	噻唑磷
Gd	Gadolinium	钆
GDP	Gross Domestic Product	国内生产总值
GIS	Geographic Information System	地理信息系统
GPS	Global Position System	全球定位系统
GPx	Glutathion Peroxidase	谷胱甘肽过氧化物酶
GR	Glutathione Reductase	谷胱甘肽还原酶
GS	Glutamine Synthetase Isomer	谷氨酰胺合成酶异构体
GSH	Reduced Glutathione	还原型谷胱甘肽
GSSG	Oxidized Glutathione	氧化型谷胱甘肽
GST	Glutathione S-Transferase	谷胱甘肽转移酶
HA	Humic Acid	胡敏酸
HC	Harm Concentration	危害浓度
HCH	Hexachlorocyclohexane	六六六
HESP	Human Exposure to Soil Pollution	土壤污染人体暴露
HF	Heavy Fraction	重组
Hg	Mercury	汞
HI	Hysteresis Index	滞后系数
HpCDD	Heptachlorodibenzo-P-Dioxin	七氯代二苯并噁英
HpCDF	Heptachlorinated Dibenzofurans	七氯代二苯并呋喃
Hsp	Heat Shock Protein	热激蛋白
HxCDD	Hexachlorodibenzo-P-Dioxin	六氯代二苯并噁英
HxCDF	Hexachlorinated Dibenzofurans	六氯代二苯并呋喃
IAEA	International Atomic Energy Agency	国际原子能机构
IARC	International Agency for Research on Cancer	国际癌症研究署
IC	Inhibitory Concentration	抑制剂量
IEUBK	Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model	儿童血铅预测模型
IGCP	International Geological Correlation Programme	国际地质对比计划
I_{geo}	Geoaccumulation Index	地累积指数
INP	Indeno (1,2,3-cd) pyrene	茚并[1,2,3-cd]芘
IRIS	Integrated Risk Information System	美国综合风险信息信息系统
ISO	International Standard Organization	国际标准化组织
IRIS	Integrated Risk Information System	美国综合风险信息信息系统
ISO	International Standard Organization	国际标准化组织
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry	国际理论和应用化学联合会

续表

简称	全称	中文
IV	Intervention Values	荷兰土壤修复干预值
JPC	Joint Probability Curve	联合概率曲线
K_{oc}	Octanol-Organic Carbon Partitioning Coefficient	正辛醇-有机碳分配系数
K_{ow}	Octanol-Water Partitioning Coefficient	正辛醇-水分配系数
La	Lanthanum	镧
LBT	Luminescence Bacterium Test	明亮发光菌试验
LC	Lethal Concentration	致死浓度
LCA	Life Cycle Assessment	生命周期评估
LF	Light Fraction	轻组
LOEC	Lowest Observed Effect Concentration	最低有影响浓度
LTAE	Long-term agroecosystem experiment	农业生态系统长期试验
MAC	Macrolide	大环内酯类
MALDI-TOF MS/MS	Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry	基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱
Max	Maximum	最大值
MCA	Monte Carlo Analysis	蒙特卡罗分析
MD	Multi Domain	多畴
MDA	Malondialdehyde	丙二醛
MDL	method detection limit	方法检出限
MDSS	Multicriteria Decision Support System	多标准决策支持系统
MeHg	Methylmercury	甲基汞
Mg	Magnesium	镁
Mid	Median	中值
Min	Minimum	最小值
MLR	Multiple Linear Regression	多元线性回归
Mn	Manganese	锰
Mont	Montmorillonite	蒙脱石
MPN	Most Probable Number	最大或然数
Na	Sodium	钠
NADPH	Reduced Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate	还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸
Nap	Naphthalene	萘
NAPL	Non Aqueous Phase Liquids	非水相液体
NATO/CCMS	North Atlantic Treaty Organization/Committee on the Challenges of Modern Society	北约现代科学委员会
ND	Not Detected	未检出
NE	North East	东北方
NEPC	Australia's National Environmental Protection Committee	澳大利亚国家环保委员会

续表

简称	全称	中文
NFC	Norfloxacin	诺氟沙星
NGSO	National Guidelines and Standards Office	加拿大国家指导方针和标准办公室
Ni	Nickel	镍
NICA	Non-Ideal Competitive Adsorption	非理想竞争性吸附
NOEC	No Observed Effect Concentration	最大无影响浓度
NtRB	Retinoblastoma Associated Protein	视网膜母细胞瘤相关蛋白
NW	North West	西北方
OCDD	Octachlorodioxin	八氯代二苯并噁英
OCDF	Octachlorodibenzofuran	八氯代二苯并呋喃
OCP	Organochlorine Pesticide	有机氯农药
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	国际经合组织
OFC	Ofloxacin	氧氟沙星
OM	Organic Matter	有机质
OTC	Oxytetracycline	土霉素
OTU	Operational Taxonomy Unit	操作分类单元
ox	Oxalic Acid	草酸
PA	Phenanthrene	菲
PAE	Phthalic Ester	酞酸酯
PAF	Potentially Affected Fraction	潜在危害物种百分比
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon	多环芳烃
Pb	Lead	铅
PCA	Principal Component Analysis	主成分分析
PCB	Polychlorinated Biphenyl	多氯联苯
PCDD/Fs	Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans	二噁英/呋喃
PCR	Polymerase Chain Reaction	聚合酶链反应
PCs	Phytochelatins	植物螯合肽
PD	Proportional Deviation	比例偏差
PDF	Probability Density Function	概率密度函数
PeCDD	Pentachlorodibenzo-p-dioxin	五氯代二苯并噁英
PeCDF	Pentachlorinated dibenzofurans	五氯代二苯并呋喃
PID	Photoionization Detector	光离子化检测器
PLFA	Phospholipid Fatty Acid	磷脂脂肪酸
PM	Pig Manure	猪粪
PM ₁₀	Particulate matter $\leq 10 \mu\text{m}$	空气动力学当量直径 $\leq 10\mu\text{m}$ 的颗粒物
PM _{2.5}	Particulate matter $\leq 2.5 \mu\text{m}$	空气动力学当量直径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ 的颗粒物
POPs	Persistent Organic Pollutants	持久性有机污染物

续表

简称	全称	中文
Pr	Praseodymium	镨
PRG	Preliminary Remediation Goals	初步修复目标值
PSD	Pseudosingle Domain	假单畴
PUF	Polyurethane Foam	聚氨酯
PV	Pore Volume	孔隙体积
PVC	Polyvinyl Chloride	聚氯乙烯
Pyr	Pyrene	芘
PZC	Point of Zero Charge	零电荷点
QN	Quinolone	喹诺酮类
QSAR	Quantitative Structure-Activity Relationship	定量构效关系
RAIS	Risk Assessment Information System	美国风险信息信息系统
Rb	Rubidium	铷
RCF	Root Concentration Factor	根浓缩系数
RDF	Radial Distribution Function	径向结构函数
REC	Risk Reduction-Environment Merit-Cost	风险降低-环境友好程度-修复费用
REE	Rare Earth Element	稀土元素
RfC	Reference Concentration	参考浓度
RfD	Reference Dose	参考剂量
RI	Potential Ecological Risk Index	潜在生态风险指数
RIVM	National Institute for Public Health and the Environment	荷兰公共卫生与环境国家研究院
RL	Relative Luminance	相对发光率
RNA	Ribonucleic Acid	核糖核酸
ROS	Reactive Oxygen Species	活性氧
RS	Remote Sensing	遥感
RSL	Regional Screening Levels	区域筛选值
RTM	Roxithromycin	罗红霉素
RuBisCO	Ribulose Bisphosphate Carboxylase Oxygenase	二磷酸核酮糖羧化酶加氧酶
SA	Sulfanilamide	磺胺
Sb	Stibium	锑
SCD	Surface Charge Density	表面电荷密度
SCF	Stem Concentration Factor	茎浓缩系数
SCGE	Single Cell Gel Electrophoresis	单细胞凝胶电泳
SD	Sulfadiazine	磺胺嘧啶
SD	Standard Deviation	标准偏差
Se	Selenium	硒
SE	South East	东南方

续表

简称	全称	中文
SEE	Sequential Extraction	连续提取法
SEIS	Soil Environmental Information System	土壤环境信息系统
SEM	Scanning Electron Microscope	扫描电子显微镜
Si	Silicon	硅
SIE	Single Extraction	单一提取法
SIRM	Saturation Isothermal Remanent Magnetisation	饱和等温剩磁
Sm	Samarium	钐
SM2	Sulfadimidine	磺胺二甲嘧啶
SMX	Sulfamethoxazole	磺胺甲噁唑
SOD	Superoxide Dismutase	超氧化物歧化酶
SOM	Soil Organic Matter	土壤有机质
SP	Superparamagnetism	超顺畴
SQG	Soil Quality Guidelines	土壤质量指导值
Sr	Strontium	锶
SRC	Serious Risk Concentration	荷兰土壤污染物严重风险程度
SSA	Specific Surface Area	比表面积
SSD	Stable Single Domain	稳定单畴
SSD	Species Sensitivity Distribution	物种敏感性分布
SSL	Soil Screening Levels	美国土壤筛选值
SVOC	Semi Volatile Organic Compounds	半挥发性有机化合物
SW	South West	西南方
TBARS	Thiobarbituric Acid Reactive Substance	硫代巴比妥酸反应物
TC	Tetracycline	四环素
TC	Total Carbon	总碳
TCDD	Tetrachlorodibenzo-p-dioxin	四氯代二苯并噁英
TCDF	Tetrachlorinated dibenzofurans	四氯代二苯并呋喃
TDI	Tolerable Daily Intake Values	日最大容忍摄入量
TEA	Triethanolamine	三乙醇胺
TEQ	Toxic Equivalent Quantity	毒性当量
THQ	Target Hazard Quotients	目标风险商
TN	Total Nitrogen	总氮
TPC	Thiamphenicol	甲砒霉素
TSCF	Transpiration Stream Concentration Factor	蒸腾流浓度系数
TSP	Total Suspended Particulates	总悬浮颗粒物
UPGMA	Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Mean	非加权成对算术平均法
UPW	Ultra Pure Water	超纯水

续表

简称	全称	中文
URF	Unit of Risk Factor	单位风险因子
USNRC	United State National Research Council	美国国家研究委员会
VOC	Volatile Organic Compounds	挥发性有机化合物
VORM	Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment	荷兰住房、空间规划与环境部
WGE	Working Group on Effects	欧洲效应研究工作组
WHO	World Health Organization	世界卫生组织
XAFS	X-ray Absorption Fine Structure	X 射线吸收精细结构
XANES	X-ray Absorption Near Edge Structure	X 射线吸收近边结构
χ_{fd}	Frequency Dependent Magnetic Susceptibility	频率磁化率
χ_{lf}	Low Frequency Magnetic Susceptibility	低频磁化率
XRD	X-Ray Diffraction	X 射线衍射
XRF	X-Ray Fluorescence	X 射线荧光光谱仪
Y	Yttrium	钇
Yb	Ytterbium	镱
Zn	Zinc	锌
Zr	Zirconium	锆

目 录

序言

前言

缩写词

第一篇 土壤污染特征、来源与成因

第一章 长江、珠江三角洲区域土壤污染特征	3
第一节 重金属污染特征	3
第二节 多环芳烃污染特征	9
第三节 多氯联苯污染特征	18
第四节 有机氯农药污染特征	25
参考文献	34
第二章 设施菜地土壤污染特征	37
第一节 茄果类大棚土壤污染特征	37
第二节 叶菜和茄果类中小拱棚土壤污染特征	44
参考文献	51
第三章 果园土壤污染特征	53
第一节 苹果园土壤污染特征	53
第二节 柑橘园土壤有机氯农药污染特征	71
参考文献	75
第四章 长期施肥定位试验点土壤污染特征	79
第一节 土壤表层重金属含量与积累	79
第二节 土壤剖面重金属分布特征	85
第三节 土壤镉积累动态及趋势	89
第四节 畜禽有机肥施用农田土壤中重金属和抗生素污染特征	92
参考文献	101
第五章 市政污泥及农用土壤污染特征	103
第一节 中国不同城市污泥中重金属含量	103