

污染场地调查评估与 修复治理实践

胡文翔 应红梅 周军 主编

WURANCHANGDI
DIAOCHA PINGGU YU XIUFU
ZHILI SHIJIAN

宁波市自然科学学术著作出版资金资助出版



国环境科学出版社

污染场地调查评估与 修复治理实践

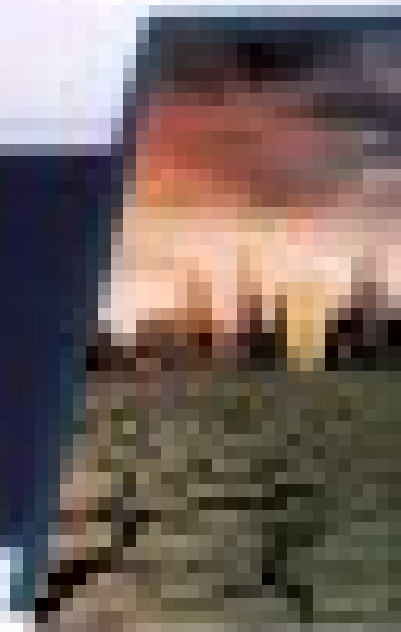
张俊 张俊 王 伟 王 伟

中国环境科学研究院环境修复部

中国环境科学研究院环境修复部 环境修复部

中国环境科学研究院环境修复部

中国环境科学研究院环境修复部 环境修复部



中国环境科学研究院环境修复部

污染场地调查评估与 修复治理实践

胡文翔 应红梅 周军 主编

WURANCHANGDI
DIAOCHA PINGGU YU XIUFU
ZHILI SHIJIAN

宁波市自然科学学术著作出版资金资助出版

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

污染场地调查评估与修复治理实践/胡文翔等主编.
—北京: 中国环境科学出版社, 2011.12
ISBN 978-7-5111-0825-8

I. ①污… II. ①胡… III. ①场地—环境污染—
调查研究 ②场地—环境污染—污染防治 IV. ①X53
②X820.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 267362 号

责任编辑 黄 颖
责任校对 尹 芳
封面设计 何 为

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112417 (科技标准图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷	北京市联华印刷厂
经 销	各地新华书店
版 次	2012 年 3 月第 1 版
印 次	2012 年 3 月第 1 次印刷
开 本	787×960 1/16
印 张	12.25
字 数	220 千字
定 价	29.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

污染场地调查评估与修复治理实践

主 编：胡文翔、应红梅、周 军

编写人员：柴国勇、朱丽波、樊颖果、汪 翔、陈铁熔、
叶文波、俞 杰、姜 华、邢杨荣、曾亮亮、
朱中元

前 言

土壤环境问题古已有之，“盘庚之迁”就是一个例子。由于商朝旧都的土地肥力下降，黄河水患不断，盘庚继位以后，当他得知安阳（当时称北蒙）一带土肥水美，山林有虎、熊等兽，水里有鱼虾时，决定把都城从奄（今山东曲阜）迁到殷（今河南安阳），决心到此来发展，为以后近三百年的繁荣奠定了基础。

随着社会经济的高速发展，特别是进入 21 世纪以来，我国的城市化进程快速推进，位于城市边缘的工业区被商住用地所包裹。为了解决由此带来的企业发展与一系列的环境问题和社会问题的矛盾，各地都普遍采用“腾笼换业”的方式，搬迁城市中的企业，将原有企业用地功能调整为商住用地。由于土壤污染具有明显的隐蔽性、潜伏性、不均匀性和不可逆性等特点，污染物在土壤中日益积累或被生物富集，将带来严重的环境风险。原有企业用地（污染场地）功能转变后，土壤污染的治理修复问题摆到了环境管理部门和当地政府的面前。为此，全国各地相继开展对污染场地的调查评估和修复治理工作。宁波是较早开展此项工作的城市之一。

2004 年 6 月 1 日，国家环境保护总局发出了《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（环办[2004]47 号）。为了更好地贯彻国家环境保护总局的通知精神，根据宁波实际情况，宁波市环境保护局发了《关于加快做好市区化工企业搬迁过程中环境污染防治工作的

通知》(甬环发[2005]29号)。国家环境保护总局和宁波市环境保护局的通知发出后,宁波市环境监测中心先后承担了原宁波四明化工地块、东方威尼斯二期、宁波江东化工区地块、宁波某化工厂丙烯腈泄漏等项目近 60 万 m^2 的污染场地调查评估任务。在进行宁波化工研究院、宁波制药厂、宁波某化工厂丙烯腈泄漏等污染场地的修复时,宁波市环境监测中心参与了方案的制订,承担了修复前后的监测任务。

在此期间,成功申请到宁波市科技局课题“化工污染土壤评估及修复技术研究”(课题编号:2007C10072)。

由于我们工作做得比较领先,“宁波样本”受到了环保部和省内有关同行的关注和重视。2008 年初,参加了有关污染场地管理办法的讨论修改工作。2009 年 5 月,参加了在南京举办的“土壤环境保护标准制订工作会议”,参与了“土壤环境保护系列标准”的制订与修改工作。2009 年 9 月,宁波与北京、重庆等 12 个省区市被环保部列为“土壤污染监管试点”地区(环办函[2009]1019)。

本书系在完成“化工污染土壤评估及修复技术研究”课题的基础上,对宁波市自 2004 年 6 月 1 日国家环境保护总局发出《通知》以来,有关污染场地的评估、修复等治理工作和治理技术实践进行了总结提炼,可为宁波市或国内兄弟城市开展土壤污染监管工作提供技术参考。

作者水平所限,书中存在的错误,敬请专家批评指正。

本书系“宁波市自然科学学术著作出版资金资助出版”,对宁波市科学技术协会和相关评审专家一并致谢。

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 土壤污染的特点、危害及修复治理的意义	1
第二节 土壤污染物的来源及毒理	5
第三节 污染场地修复的主要技术概述	24
第二章 污染场地调查评估原则与实践	28
第一节 国内外污染场地调查评估的进展概况	28
第二节 污染场地环境调查的基本原则和工作程序	38
第三节 污染场地调查评估的实践	47
第三章 污染场地修复方案的制订与实施	63
第一节 土壤修复技术的筛选	63
第二节 污染场地修复技术方案的制订	66
第三节 土壤修复工程的实施和管理	69
第四章 污染场地修复治理实践	73
第一节 原宁波化工研究院场地（异位修复）	73
第二节 宁波某化工厂丙烯腈泄漏（原位修复）	90
第三节 原宁波四明化工有限公司（异位修复）	98
第四节 东方威尼斯二期（异位修复）	102
第五节 原宁波制药厂（异位修复）	112
第六节 原浙东化工一厂（异位修复）	137
第七节 宁波铜盆浦垃圾填埋场（原位生物自然降解修复）	146
第五章 污染场地管理政策与技术体系介绍	166
第一节 污染场地管理政策介绍	166

第二节 污染场地管理技术体系的框架	170
第三节 加强污染场地环境安全监管的对策思考	175
附录 污染场地土壤环境管理暂行办法（征求意见稿）	179
参考文献	184

第一章 绪 论

土壤污染不同于水污染、大气污染和噪声污染，有其自身的特殊性，包括隐蔽性与滞后性、累积性与地域性、不可逆转性、治理难而周期长等特点，因此，我们有必要了解土壤污染的特点、危害之后，才能研究选择正确的修复治理方法和技术。

第一节 土壤污染的特点、危害及修复治理的意义

一、土地污染的定义

什么是污染的土地？土地污染如何定义？这是一个关系到国家关于土地保护和土壤环境污染防治的技术法规的制订和执行的问题，尤其对于农业土地来说，这是十分必要又非常迫切的工作。对此，国内外学者有着不尽相同的表述。

一般地说，只要土壤环境受到外来有害物质或能量的侵害，就表明该土地受到了污染。依据受到侵害的程度，分为轻微污染、轻度污染、中度污染、严重污染和极度污染等多个范畴。

根据美国国家环境保护局 20 世纪 90 年代关于“污染土地”的定义，我们认为以下五点是有益于对土地污染进行认识和鉴别的。

(1) 人体健康效应：正在对人体健康产生显著危害或引起这种危害的可能性很大，其中这里的显著“危害”主要是指死亡、疾病、严重伤害、基因突变、先天性致残或对人的生殖功能造成损害等不良健康效应，如致癌、肝脏功能紊乱和皮肤病等，甚至包括污染导致的精神紊乱或分裂症。

(2) 动物或作物效应：正在对动植物生长发育和繁殖产生显著危害或引起这种危害的可能性很大，包括导致家畜、野生动物、作物或其他生命体的死亡、疾病或其他物理损害。

(3) 水污染效应：正在导致主要水体受到污染或可能受到污染，也就是说，只要存在与该土壤接壤的各种水体（包括地表水和地下水）受到污染的风险。

(4) 生态系统效应：正在显著地影响或危害生态系统其他重要组分，而且这

种危害使生态系统功能产生不可逆转的不良变化,涉及对特有或珍稀生物物种的不良效应。

(5)“财产损失”效应:主要是指对人类拥有的各种财产的损害作用,这种损害作用不再用于原计划的使用目的,如对建筑物结构的损害、对房产占有权的干扰等。

因此,准确地说,在给污染土地下定义时,应该考虑土地的使用功能、使用状态、地理位置、社会属性和污染历史等。只有充分考虑这些因素,才会下一个正确的定义。

表 1-1 污染土地定义应考虑的几个方面

项目	主要指标	基本内涵
使用功能	使用价值及其正常功能丧失的程度	农业、工业、居住、娱乐
使用状态	由使用造成的相应危害的概率大小	充分使用、半使用、休闲地、荒地、遗弃地或抛荒
地理位置	对生态系统结构和功能及其重要性的影响和损害	海岸线、沼泽地、平原、丘陵、高山
社会属性	对人的危害及对财产的损害程度	大城市、大城市周围、小城镇、乡村、偏远地带
污染历史	危害作用的时间长短	污染 10 年以上的土地、污染 50 年以上的土地、新被污染的土地、污染后遗弃的土地

二、土壤环境污染的特点

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和水环境污染的不同特点。

1. 隐蔽性与滞后性

水体污染或江河湖海的污染,常常用肉眼就能容易辨识;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现。废弃物的污染问题就更加直观了。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农作物的残留检测情况,甚至通过粮食、蔬菜和水果等农作物以及摄食的人或动物的健康状况才能出来,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,土壤环境污染从产生污染到出现问题通常会滞后较长的时间,如日本的“骨痛病”经过了 10~20 年之后才被人们所认识。

2. 累积性与地域性

污染物在大气和水体中,一般都比在土壤环境中更容易迁移,而且一般是随着气流和水流进行长距离迁移。污染物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,因此容易在土壤环境中不断积累而达到很高的浓度,与此同时,也使土壤环境污染具有很强的地域性特点。

3. 不可逆转性

如果大气和水体受到污染，切断污染源之后通过稀释作用和自净作用也有可能使污染问题不断逆转，但是积累在污染土壤环境中的难降解污染物则很难靠稀释作用和自净作用来消除。

重金属污染物对土壤环境的污染基本上是一个不可逆转的过程，主要表现为两个方面：①进入土壤环境后，很难通过自然过程得以从土壤环境中消失或稀释；②对生物体的危害和对土壤生态系统结构与功能的影响不容易恢复。例如，被某些重金属污染的农田生态系统可能需要 100~200 年才得以恢复。

同样，许多有机化合物的土壤环境污染也需要较长的时间才能降解，尤其是那些持久性有机污染物，在土壤环境中基本上很难降解，甚至产生毒性较大的中间产物。例如，六六六和 DDT 在中国已禁用 20 多年，但由于有机氯农药非常难于降解，至今经常能从土壤环境中被检出。下面是浙江省宁波地区禁用有机氯农药后 10 年（1993—1994 年）的调查与取样监测数据。

表 1-2 不同农田土壤中六六六和 DDT 农药残留

土壤名	六六六		DDT	
	含量/(mg/kg)	检出率/%	含量/(mg/kg)	检出率/%
菜地土壤	0.0064	100	0.2654	100
果园土壤	0.0150	100	0.7282	100
茶园土壤	0.0113	100	0.0019	83.3
旱粮土壤	0.0019	42.1	0.3089	100
水稻土	0.0003	21.1	0.0677	100

4. 治理难而周期长

土壤环境污染一旦发生，仅仅依靠切断污染源的方法往往很难自我恢复，必须采用各种有效的治理技术才能解决现实污染问题。但是，从目前现有的治理方法来看，仍然存在成本较高和治理周期较长的问题。因此，需要有更大的投入，来探索、研究、发展更为先进、更为有效和更为经济的污染土壤修复、治理的各项技术与方法。

三、土壤环境污染的危害

土壤环境污染正在剥夺大片肥田沃土的生产力和相关生态系统的健康。严重的土壤污染可以导致农作物生长发育的抑制甚至枯萎死亡，这些污染后果是可以及时发现的。更多的土壤污染并无明显表现，如破坏土壤的理化性质，使土壤板

结,降低农产品的质量,特别是通过农作物对有害物的富集作用,暗地里危害牲畜人体健康,必须引起高度警惕。

1. 导致严重的经济损失

对于各种土壤环境污染造成的直接或间接经济损失,目前尚缺乏系统的调查资料。仅以土壤环境的重金属污染为例,根据有关资料的计算表明,由农产品的重金属污染导致的经济损失在逐年增加,2000年已达到320亿元人民币。

据估计,全国近年受乡镇工业污染造成的农业经济损失在100亿元以上。全国每年发生污染渔业事故造成经济损失为3亿多元,并呈明显上升趋势。水污染直接造成水资源短缺,直接损害饮水安全和人体健康,其中影响农作物安全及农业生产,最终导致其经济损失占GDP的0.5%~1.3%。

2. 导致农产品污染超标、品质不断下降

中国大多数城市近郊土壤都受到了不同程度的污染,许多地方粮食、水果等食物中镉、铬、砷、铅等重金属含量超标或接近临界值。据报道每年全国有不少地区已经发展到生产“镉米”的程度,每年生产的“镉米”多达数亿公斤。仅沈阳某污灌区被污染的耕地已达2500多 hm^2 ,致使粮食遭受严重的镉污染,稻米中含镉浓度高达0.4~1.0 mg/kg (这已经达到或超过诱发“骨痛病”的平均含镉浓度)。江西省某县多达44%的耕地遭到污染,并形成670 hm^2 的“镉米”区。2000年全国2.2亿 kg 粮食调查发现,粮食中重金属铅、镉、汞、砷超标率达10%。广东省9个商品粮基地10种农产品调查,发现农产品有5种重金属超标,超标率均在67.2%以上。

3. 导致大气环境的次生污染

土壤环境受到污染后,含重金属浓度较高的污染表土容易在风力的作用下进入大气环境中,导致大气污染及生态系统退化等其他次生生态环境问题。例如,北京市的大气扬尘中,有一半来源于地表。表土的污染物质可能在风的作用下,作为扬尘进入大气环境中,而汞等重金属则直接以气态或甲基化形式进入大气环境,并进一步通过呼吸作用进入人体。这一过程对人体健康的影响可能有些类似于食用受污染的食物。因此,美国、英国、德国、澳大利亚、瑞典和荷兰等国家的科学家已注意到,城市的土壤污染对人体健康也有直接影响。由于城市人口密度大,而城市的土壤污染问题又比较普遍,因此,国际上对城市土壤污染问题开始予以高度重视。

4. 导致水体富营养化并成为水体污染的祸患

资料表明,中国化肥年生产量已达3000万 t ,1999年化肥使用量4124万 t ,平均268 kg/hm^2 ,是世界平均水平的2.5倍。其中淮河流域平均415 kg/hm^2 ,太湖流域600 kg/hm^2 ,蔬菜基地2000 kg/hm^2 。农田生态系统中仅化肥氮的淋洗和径流损失量每年就约174万 t ,长江、黄河和珠江每年输出的溶解态无机氮达97.5万 t ,

是造成近海赤潮的主要污染源。

5. 成为农业生态安全的克星

目前, 中国农药产量居世界前列, 1999 年中国的农药总产量 66.6 万 t, 总施用量 132.2 万 t, 平均每亩施用农药 927.7 g, 单位面积施用量比发达国家高约 1 倍, 利用率不足 30%。农药长期大量使用, 造成农药对土壤环境的大面积污染, 土壤害虫抗药性不断增加, 同时也杀死了大量害虫天敌和土壤有益动物, 进而使农业生态安全失去基本保障。

四、污染土壤修复治理的意义

目前, 理论和技术上可行的修复技术主要有植物修复、微生物修复、化学修复、物理修复和综合修复等几大类, 有些修复技术已经进入现场应用阶段并取得好的治理效果。对污染土壤实施修复, 降低土壤中污染物的浓度、固定土壤污染物、将土壤污染物转化成毒性较小的或无毒的物质, 阻断污染物进入食物链, 促进土地资源的保护与可持续发展具有重要现实意义。

第二节 土壤污染物的来源及毒理

一、土壤污染的来源及分类

土地污染的方式多种多样, 有些是直接污染, 有些是间接污染。除了一些蓄意或常规进行的污染方式(如夜间污水偷排)外, 大多是突发事件。以下举例说明化学品土地污染的一些方式:

(1) 为了提高作物产量, 大量含有重金属的化肥和农药施入农田, 造成农业土地硝酸盐、重金属和农药的污染;

(2) 存储化学品容器外溢或容器设计失误造成泄漏, 如前几年, 首钢集团某储苯罐液面高位计失灵, 泵工下班未交代, 大量苯外溢, 并发生火灾, 救火过程污染大面积土地;

(3) 铁路和公路运输化学品发生交通事故, 工厂发生泄漏事故, 化学品被事故性排放, 造成土地污染;

(4) 化学品储罐和地下管线长时期未加检测和修理发生破裂, 溢出化学品, 这种事故多发生在输油和输天然气管道上, 造成周围土地污染;

(5) 露天堆放煤、矿石或矿渣, 垃圾、废弃物掩埋处理可产生明显的土地污染, 城市污水灌溉或任意排放也能污染农业土地;

(6) 油田、金属矿采掘明显污染周围土地和流域下游土壤。

论及污染源，主要涉及工业污染源、农业污染源、生活污染源、商业污染源以及其他污染源，如废弃物处置点，包括垃圾的土地填埋场、污水处理厂等。例如，在垃圾填埋场，当垃圾渗滤液产生时，污染物随着渗滤液进入土壤，就导致了土地污染的发生。

表 1-3 土地（包括土壤和地下水）污染的分类

化学类物质	典型地区或生产方式	移动能力	毒性效应
农业化学物质	制造厂、储运、农场、作物喷洒	低	神经系统受损、致癌
汽油和柴油	加油站、军事基地、提炼厂	低到中	致癌
颜料	城市垃圾填埋场	中到高	重金属中毒、神经系统受损、致癌
溶剂	电子厂、汽车修理厂、军事基地	中到高	致癌、神经系统受损、中毒
多环芳烃（PAHs）	煤气制造	低到中	致癌
多氯联苯（PCBs）		低	致癌
二噁英	化学制造、车辆和飞机的排放、废物燃烧	低	诱发肿瘤、氯痤疮（chloracne）

1. 重金属

重金属是指密度大于 6g/cm^3 、原子序数大于 20 的金属元素。它们天然存在于自然界的岩石与土壤中，随着污染的发生，其浓度不断上升。在环境科学中，确切地说，重金属这一术语并不准确，但已经被广泛使用，尽管有时也称为“有毒金属”、“潜在有毒元素”和“微量元素”等。在地球化学研究中，重金属由于在地壳岩石中含量不到 1%，属于“微量元素”的范畴。这些微量元素，当它们的浓度过高时，均存在毒性。其中有一些元素，当它们浓度较低或没有超过临界水平时，对动植物的正常健康生长和繁殖都是必需的，这些元素称为“必需微量元素”或“微量营养物质”。当缺乏它们时，往往会导致动植物的疾病甚至死亡。这些必需微量元素包括：钴（细菌和动物必需）、铬（动物必需）、铜（植物和动物必需）、锰（植物和动物必需）、铂（植物必需）、镍（植物必需）、硒（动物必需）、锌（植物和动物必需）。此外，硼（植物必需）、氯（植物必需）、铁（植物和动物必需）、碘（动物必需）、硅（可能植物和动物必需）也是必需微量元素，尽管从其密度上尚不能归为重金属。银、砷、钡、镉、汞、铊、铅和铈等元素，尚不能确定是否具有必需功能，但当土壤中的浓度超过其耐受水平，就会使动植物受到毒害。其中，最为重要的土壤重金属污染物为砷、镉、铬、汞、铅和锌等。

2. 石油烃污染物

石油烃污染物主要是一系列直链和支链饱和烷烃，包括甲烷（ CH_4 ）、乙烷

(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)直至 $C_{76}H_{154}$ 。芳香烃和含有氮、硫的有机组分,也是石油烃的重要组成部分。起源于煤和石油的烃类化合物,构成了土壤及地下水中最为重要的有机污染物的一个类型。

商业起源的一类芳香分子烃污染物是BTEX化合物,如苯、甲苯、乙基苯和二甲苯等,经常以斑块状存在于工业区的土壤和地下水中。有机溶剂如丁烷、*n*-乙烷、苯、甲苯以及乙烯氯、氯仿、四氯化碳和三氯乙烷等有机氯化物,由于在工业上广泛应用,也经常是工业区土壤中重要的有机污染物。除了摄取和吸入导致的毒性危害外,这些烃类有机污染物还存在较高的起火与爆炸的风险。基于其在土壤和地下水中的行为,一些憎水有机液相污染物,如有机溶剂,常常又被称为非水溶性液体(NAPLs);根据其密度,可以再分为轻非水溶性液体(LNAPLs)和稠非水溶性液体(DNAPLs)。

3. 有毒痕量有机污染物(TOMPs)

有毒痕量有机污染物也称持久性有机污染物(POPs)。最为常见的有毒痕量有机污染物包括:多环芳烃(PAHs)、多杂环烃(PHHs)、多氯联苯(PCBs)、多氯二苯二噁英(PCDDs)、多氯二苯呋喃(PCDFs)以及农药残体及其代谢产物。

农药是存在于土壤环境中一类重要的有机污染物。农药的作用是对付、杀死自然界中各种昆虫、线虫、螨、杂草、真菌病原体,在农药生产过程和农业生产使用过程中可能导致土壤污染。目前,农业上农药的使用量一般达到 $0.2\sim 0.5\text{kg/hm}^2$,而非农业目的的应用,其用量往往更高。例如,在英国,使用大量除草剂用于铁路或城市道路上清除杂草,其用量近年来不断增加,增长率达到9%。一般地说,只有小于10%的农药达到设想的目标,其余则残留在土壤中。进入土壤中的农药,部分挥发进入大气,部分经淋溶过程进入地下水,或经排水系统进入水体或河流。大部分农药的水溶性大于 10mg/L ,因而在土壤中有淋溶的倾向。在肥沃的土壤中,许多农药的半减期为10天~10年。因此,在许多场合足以被淋溶。如阿特拉津的半减期为50~100天,能够引起广泛的地下水污染问题。

4. 其他工业化学品

据估计,目前有6万~9万种化学品已经进入商业使用阶段,并且以每年上千种新化学品的速度进入日常生活。据经济合作与发展组织(OECD)1991年的报道,1990年全球有害与特殊废物总产量达到3.38亿t。尽管并不是所有的化学品都存在潜在毒性危害,但是有许多化学品,尤其是优先有害化学品,由于储藏过程的泄漏、废物处理以及在使用过程中进入环境,可导致土壤的污染问题。

5. 富营养废弃物

污泥（也称生物固体）是世界性的土壤污染源。1990年，美国的污泥产量就达 5.4×10^6 t 干固体，欧盟原来 12 个国家为 6.3×10^6 t 干固体。随着污水处理事业的发展，中国也将产生越来越多的污泥。目前，污泥的处理方式主要有：农业利用（美国占 22%，英国占 43%）、抛海（英国占 30%）、土地填埋和焚烧等。1998 年 12 月，欧盟已经禁止污泥抛海。

污泥是有价值的植物营养物质的来源，尤其是氮、磷，还是有机质的重要来源，对土壤整体稳定性具有有益的影响。然而，它的价值有时因为含有一些潜在的有毒物质（如镉、铜、镍、铅和锌等重金属和有机污染物）而抵消。在污泥中，最为重要的 POPs 有：①含卤素芳香化合物，如 PCBs、PCTs（多氯三联苯）、PCNs（多氯萘）、多氯苯、PCDDs（多氯二苯二噁英）；②含卤素脂肪族化合物；③PAHs；④农药；⑤芳香胺和亚硝胺；⑥邻苯二甲酸酯。污泥中还含有一些在污水处理过程中尚没有杀死的致病生物，可能会通过食用作物进入人体而危害健康。

6. 放射性核素

核事故、核试验和核电站的运行，都会导致土壤的放射性核素污染。最长期的污染问题被认为是由半衰期为 30 年的 ^{137}Cs 引起的，在土壤和生态系统中其化学行为基本上与钾接近。核武器的大气试验，导致大量半衰期为 29 年的 ^{90}Sr 扩散，其行为类似于生命系统中的钙，由于储藏于骨中，对人体健康构成严重危害。

7. 致病生物

土壤还常常被诸如细菌、病毒、寄生虫等致病生物所污染，其污染源包括动物或病人尸体的埋葬、废物和污泥的处置与处理等。土壤被认为是这些致病生物的“仓库”，能够进一步构成对地表水和地下水的污染，通过土壤颗粒的传播（如被孩子误食、用脏手直接拿食物以及黏附于植物上），使得牲口和人感染疾病，植物受到危害。

二、常见污染物质的毒理

1. 重金属

重金属能够使蛋白质的结构发生不可逆的改变，蛋白质的结构改变功能就会丧失（体内的酶就不能够催化化学反应，细胞膜表面的载体就不能运入营养物质、排出代谢废物，肌球蛋白和肌动蛋白就无法完成肌肉收缩等），所以体内细胞就无法获得营养，排除废物，无法产生能量，细胞结构崩溃和功能丧失，人体也就失去正常的生理功能。

2. 持久性有机污染物

一类是对儿童的出生体重的影响，可能会使人类婴儿的出生体重降低，发育