

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

# 有机化学品 泄漏场地土壤污染 防治技术指南

李发生 谷庆宝 桑义敏 编著

YOUJI HUAXUEPIN XIELOU CHANGDI  
TURANG WURAN FANGZHI JISHU  
ZHINAN

中国环境科学出版社

# 有机化学品 泄漏场地土壤污染 防治技术指南

中华人民共和国环境保护部 编

国家环境保护部公告 2005 年第 10 号  
国家环境保护部公告 2005 年第 10 号

# 有机化学品泄漏场地土壤污染防治 技术指南

李发生 谷庆宝 桑义敏 编著

中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学品泄漏场地土壤污染防治技术指南/李发生, 谷庆宝, 桑义敏编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2011.12  
ISBN 978-7-5111-0780-0

I. 有… II. ①李… ②谷… ③桑… III. ①有机化工—化学污染—土壤污染—污染防治—指南 IV. ①X53-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 242297 号

责任编辑 张维平  
封面设计 玄石至上

---

|      |                                                                                                                                                                                 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 出版发行 | 中国环境科学出版社<br>(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)<br>网 址: <a href="http://www.cesp.com.cn">http://www.cesp.com.cn</a><br>联系电话: 010-67112765 (总编室)<br>发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真) |
| 印 刷  | 北京中科印刷有限公司                                                                                                                                                                      |
| 经 销  | 各地新华书店经销                                                                                                                                                                        |
| 版 次  | 2012 年 3 月第 1 版                                                                                                                                                                 |
| 印 次  | 2012 年 3 月第 1 次印刷                                                                                                                                                               |
| 开 本  | 787×1092 1/16                                                                                                                                                                   |
| 印 张  | 11.75                                                                                                                                                                           |
| 字 数  | 255 千字                                                                                                                                                                          |
| 定 价  | 36.00 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

# 环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

## 编 委 会

顾 问 吴晓青

组 长 赵英民

副组长 刘志全

成 员 禹 军 陈 胜 刘海波

## 环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

# 序 言

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展的和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006 年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于 2006 年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了 502 项新标准，现行国家标准达 1 263 项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；

完成了 100 余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

# 序

化学品在生产、经营、储存、运输、使用和废弃处置等过程中均易发生污染事故。化学品泄漏事故具有突发性强，污染速度快，影响范围大，处理处置艰巨等特点，此类事故一旦发生，不仅会打乱一定区域内人群的正常生产、生活秩序，还会造成人员伤亡、国家财产损失以及生态环境严重破坏，甚至影响社会稳定。因此，针对化学品泄漏事故的污染防治是全世界共同面临的课题，可以说，化学品泄漏事故污染防治已经成为当今环境科学与工程研究领域非常重要的研究方向之一。

近年来，我国有机化学品泄漏导致的土壤污染事故在发生频率和程度上均有上升的趋势。这类事故的发生将对居民健康、食品安全以及其他环境要素产生严重的影响，因此必须及时、有效地处理处置此类突发土壤污染事故。但目前，我国尚缺少关于有机化学品泄漏场地土壤污染事故应急监测、污染物传输模拟和应急处置技术方面的参考资料，应急人员在面对应急事故时缺乏统一的技术指导，难以在紧急情况下做出合理、客观、统一的技术决策，从而在一定程度上影响有机化学品土壤污染事故的有效应对。同时，由于土壤的不均匀性和质地的多样性等特点，使得化学品泄漏导致的土壤污染比水污染和大气污染更具挑战性，其应急处置也更加复杂和困难。

中国环境科学研究院在化学品事故应急方面积累了丰富的经验，承担着为环境保护部提供环境污染事故应急处置技术支撑的职责。近 10 年来，一批年轻的科技工作者结合国家科技支撑、国家环保公益性行业科研专项和国家科技基础条件平台等项目，以及自身实际的应急经验，在化学品泄漏场地土壤污染事故应急方面取得了一系列的科研进展。为促进该领域研究工作的进一步深入开展，他们决定出版本著作，该部著作补充了我国化学品事故应急在土壤介质方面的不足，具有一定的特色。

中国工程院院士  
中国环境科学研究院院长



2012 年 1 月 8 日

# 前 言

本书的内容是基于环境保护部资助的环保公益性行业科研专项“有机化学品泄漏场地土壤污染物扩散预测与防治研究”(编号:200809095)的研究成果。首先总结、分析了目前国内化学品污染事故的危害、类型及防治现状。同时,基于国内外应急体系的对比,进行了我国土壤污染事故应急预案制订的研究。针对土壤介质的特征,介绍了适用于不同有机化学品污染物的应急监测技术。论述了土壤中有机化学品污染的模型模拟现状和常用模拟模型。提出了化学品泄漏事故应急处置措施,并结合国外案例介绍了多种化学品泄漏土壤污染修复技术。此外,还编写了“国家、省、市三级土壤污染事故应急预案(建议稿)”,总结了应对有机化学品泄漏土壤污染的物理、化学和生物修复技术,给出了每种修复技术的适用性、特点、限制性和成本等信息。编写了化石燃料、农药和其他有机化学品泄漏土壤污染防治技术指南,指南中详细介绍了常见有机化学品的理化性状、稳定性、危险性、应急措施,土壤污染控制指导值,以及事故防护隔离距离和工作人员安全防护装备等。希望本书能为提高有机化学品泄漏场地土壤污染事故的处理处置提供一定的技术支持。

本书是集体智慧和艰苦劳动的结果,在编写过程中得到了中国环境科学研究院土壤污染与控制研究室白利平、刘俐、杜平、杜晓明、周友亚、房吉敦、侯红、郭观林、曹云者、谢云峰、颜增光、薛南冬、张倩以不同方式提供的帮助,学生韩春媚、王红义、徐旸、张慧、蒋栋和张新英参与了编写工作,编写过程中也参考了同行发表的文献。中国环境科学出版社的张维平编审等对本书提出不少有益的修改建议和意见,值本书出版之际,对给予帮助和支持的所有同志表示诚挚的谢意。

最后,我们由衷地感谢孟伟院士在百忙之中对本书提出的宝贵意见,并为本书作序。还感谢“全国土壤现状调查及污染防治专项”、国家科技支撑项目(2007BAC16B06)、科技部科技基础性工作专项项目(2007FY240200)及环保公益性行业科研专项(200709033)对本书出版的资助。

由于作者的水平有限,特别是土壤污染修复在我国还处于起步阶段,因此本书难免有一些不准确、不全面甚至错误的地方,敬请读者原谅的同时,也希望读者能将本书的不足之处反馈给我们,以便我们在下一步的工作中改进。

编者

2012年2月13日

# 目 录

|     |                               |    |
|-----|-------------------------------|----|
| 1   | 土壤化学品污染及其危害 .....             | 1  |
| 1.1 | 土壤污染的定义与特点 .....              | 1  |
| 1.2 | 土壤污染物的来源与类型 .....             | 2  |
| 1.3 | 土壤化学品污染事故的现状与危害 .....         | 5  |
| 2   | 土壤有机化学品污染事故应急管理体系及应急预案 .....  | 8  |
| 2.1 | 土壤污染事故应急预案的功能与特点 .....        | 8  |
| 2.2 | 国内外应急管理体系比较 .....             | 9  |
| 2.3 | 应急预案分类和分级 .....               | 14 |
| 2.4 | 应急预案编制步骤与实施程序 .....           | 17 |
| 2.5 | 国家、省、市三级土壤污染事故应急预案（建议稿） ..... | 23 |
| 3   | 有机化学品泄漏场地土壤污染应急监测 .....       | 24 |
| 3.1 | 应急监测的功能与要求 .....              | 24 |
| 3.2 | 有机化学品污染土壤样品的预处理 .....         | 25 |
| 3.3 | 有机化学品污染土壤常规监测分析方法 .....       | 28 |
| 3.4 | 有机化学品泄漏场地土壤污染应急监测技术 .....     | 33 |
| 4   | 有机化学品在土壤环境中的运移和模拟模型 .....     | 38 |
| 4.1 | 土壤中有机化学品的运移规律与途径 .....        | 38 |
| 4.2 | 土壤中有机化学品运移机理 .....            | 42 |
| 4.3 | 土壤中有机化学品运移过程数值模拟 .....        | 44 |
| 4.4 | 土壤中有机化学品运移模拟典型模型的应用 .....     | 50 |
| 5   | 有机化学品泄漏事故应急处置与土壤修复 .....      | 62 |
| 5.1 | 应急处置与修复技术概述 .....             | 62 |
| 5.2 | 泄漏源控制与泄漏物收集技术 .....           | 62 |
| 5.3 | 泄漏物处置技术 .....                 | 63 |
| 5.4 | 泄漏场地污染土壤修复技术 .....            | 65 |
| 5.5 | 土壤中不同类型污染物适用修复技术 .....        | 78 |
| 5.6 | 有机化学品泄漏污染土壤防治技术指南 .....       | 81 |

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| 6 有机化学品泄漏场地土壤污染修复案例 .....            | 85      |
| 6.1 希尔空军基地储油罐泄漏场地气相抽提与生物通风联合修复 ..... | 85      |
| 6.2 格里利堡军事基地储油罐泄漏场地农耕修复 .....        | 89      |
| 6.3 霍洛曼空军基地储油罐泄漏场地气相抽提修复 .....       | 92      |
| 6.4 凯利空军基地地下储油罐泄漏场地监控自然衰减修复 .....    | 97      |
| 6.5 亨特陆军机场地下储油罐泄漏场地原位电加热修复 .....     | 99      |
| 6.6 密苏里电厂变压器废油泄漏场地原位热解吸修复 .....      | 105     |
| 6.7 塔科玛市溶剂炼煤试验厂原料泄漏场地热解吸修复 .....     | 109     |
| 6.8 韦尔登斯普林军工场地硝基芳香烃泄漏场地现场焚烧修复 .....  | 113     |
| <br>主要参考文献 .....                     | <br>121 |
| 附录1 国家、省、市三级土壤污染事故应急预案（建议稿） .....    | 125     |
| 附录2 污染场地土壤修复技术库 .....                | 132     |
| 附录3 典型有机化学品泄漏土壤污染防治技术指南 .....        | 139     |

# 1 土壤化学品污染及其危害

## 1.1 土壤污染的定义与特点

### 1.1.1 土壤污染的定义

土壤污染是指人类生产和生活活动中排出的有害物质进入土壤，其数量和速度超过了土壤的容纳能力和净化速度，破坏了土壤的自然平衡，引起土壤的性质、组成或性状等发生改变，并影响人体健康与生态系统（水体、大气、动物和植物等）的现象。土壤污染示意图如图 1-1 所示。

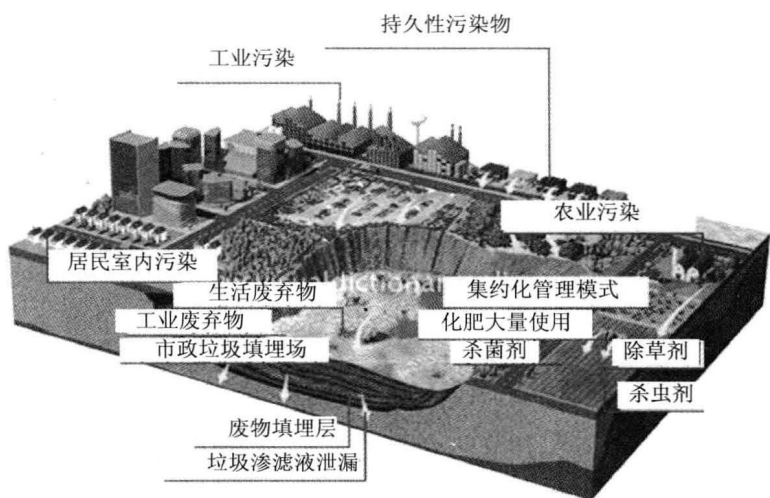


图 1-1 土壤污染示意图

由于土壤种类的多样性和土壤污染的复杂性，土壤污染目前尚没有一个统一的量化标准。但一般认为，土壤中污染物累积总量达到土壤环境背景值的 2 倍或 3 倍标准差时，说明土壤中该化合物元素或含量异常，属土壤轻度污染，是土壤污染的起始值；而当土壤污染物含量达到或超过土壤环境基准或环境标准时，说明该污染物的输入、富集的速度和强度已超过土壤环境的净化和缓冲能力（或消纳量），应属重度土壤污染；中度土壤污染则参照上述量化指标，根据土壤中污染物含量水平和作物生态效应相关性具体确定。

### 1.1.2 土壤污染的特点

一般来说，土壤污染具有以下特点：

#### (1) 隐蔽性和滞后性

大气、水和废弃物污染等问题一般都比较直观，通过感官就能发现，而土壤污染则不同，它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，甚至通过研究对人畜健康状况的影响才能确定。因此，土壤污染往往被称为“看不见的污染”。从开始污染到导致结果，有很长一段时间的间接、逐步积累的隐蔽过程，因此土壤污染问题往往受到忽略和轻视。

#### (2) 累积性

污染物质在大气和水体中，一般都比在土壤中更容易迁移，这使得污染物质在土壤中并不像在大气和水体中那样容易扩散和稀释，因此容易在土壤中不断积累而超标，同时也使土壤污染具有很强的地域性。

#### (3) 不可逆转性

污染物进入土壤环境后，便与复杂的土壤组分发生一系列的物理化学作用过程，其中许多作用是不可逆过程，使污染物最终形成难溶化合物沉积在土壤中。重金属对土壤的污染基本上是一个不可逆转的过程，被某些重金属污染的土壤可能要 100~200 年时间才能够恢复。一些有机化学物质对土壤的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导致的污染。

#### (4) 难治理性

如果大气和水体受到污染，在切断污染源之后，通过稀释和净化作用有可能得到不断的自我恢复。但是积累在土壤中的污染物则很难靠稀释作用 and 自净化作用来消除。土壤污染一旦发生，仅仅依靠切断污染源的方法往往很难恢复，需要进行土壤的修复。虽然土壤污染可通过物理修复、化学修复、生物修复或热力修复等技术使土壤恢复正常功能，但治理污染土壤的成本通常较高，治理周期很长。

## 1.2 土壤污染物的来源与类型

### 1.2.1 土壤污染源

土壤污染源有自然污染源和人为污染源两大类。在自然界中，某些自然矿床中的元素和化合物富集中心，往往会进行自然扩散，使其附近土壤中某些元素含量超出一般土壤本底含量，这类污染源为自然污染源。来源于工业、农业、生活和交通等人类活动所产生的污染物，通过水、气、固等多种形式进入土壤，统称为人为污染源，而后者是土壤污染研究与修复的主要对象。土壤人为污染源主要有以下几个方面。

#### (1) 工业生产过程

我国许多大型的重污染企业由于建厂时间早，当年没有环境保护设施或设施落后，企业在生产过程中由于跑、冒、滴、漏及事故等导致产品或原料进入土壤中，从而导致严重的土壤污染。采矿和石油开采过程中也会因相似的原因导致土壤污染，并在矿区周边形成污染晕带。

## (2) 固体废物污染

土壤是工业废渣、生活垃圾等各种固体废物的处理和堆放场所,许多在污染处理过程中形成的固体废物更是浓缩了污水或废气中的有害成分,这些固体废物露天堆放时,其中有机和无机污染物质会直接进入土壤或通过渗出液进入土壤,导致土壤污染。

## (3) 化肥和农药

由于现代农业大量使用化肥和农药,许多有毒有害物质进入并积累在土壤中,如有机氯杀虫剂滴滴涕、六六六等在土壤中长期残留并在生物体内富集,成为潜在的环境污染物。凡未被植物吸收利用的氮、磷等化学肥料,都在根层以下积累或转入地下水,这些都是土壤污染的重要发生途径。

## (4) 废水和污水灌溉

城市污水和工业废水中常含有多种污染物,长期用污水或废水灌溉农田会造成土壤中重金属和有机污染物的积累,亦可造成作物体内重金属等有害元素的过量残存,进而直接或间接危害人体健康。历史上我国北方干旱地区曾大范围实施废水和污水灌溉,导致部分地区至今土壤污染仍很严重。

## (5) 气体干湿沉降

大气中的污染物质  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和颗粒物等可通过降雪、降雨、降尘等干湿沉降进入土壤,引起土壤酸化、土壤盐基饱和度下降等。大气层中核试验的散落物可造成土壤的放射性污染。行驶汽车排放的尾气会导致公路周边土壤的有机和无机污染。

## (6) 牲畜排泄物和生物残体

禽畜养殖场的积肥和屠宰场的废物中含有寄生虫、病原体和病毒,当利用这些废物做肥料时,如不进行物理和生化处理可引起土壤和水体污染,并通过农作物危害人体健康。

# 1.2.2 土壤主要污染物类型

凡是进入土壤并影响到土壤的理化性质和组成,导致土壤自然功能失调,土壤质量恶化的物质,通称为土壤污染物。土壤污染物种类繁多,按污染物性质可分为五类,即有机污染物、重金属污染物、非金属无机污染物、放射性元素和病原污染物。

## (1) 有机污染物

有机污染物,也就是广义的有机化学品污染,主要包括化石燃料(石油、石化工厂事故,输油管线破裂,油槽泄漏)、农药(包括杀虫剂、杀菌剂与除莠剂)和其他有机化学品(运输途中泄漏,化工厂逸散)三类污染。目前大量使用的农药约有 50 多种,其中主要包括有机磷农药、有机氯农药、氨基甲酸酯类、苯氧羧酸类、苯酰胺类等。此外,多环芳烃、多氯联苯等,也是土壤中常见的有机污染物。

有机污染物进入土壤后,会直接危害人体健康,也会危及农作物的生长与土壤生物的生存,同时还会对地表水和地下含水层造成二次污染。近年来,塑料地膜地面覆盖栽培技术发展迅速,由于管理不善,部分地膜弃于田间,已成为一种新的有机污染源。

## (2) 重金属污染物

土壤重金属污染物的来源广泛,主要包括大气沉降、污水灌溉、工业固体废弃物的堆置、矿业活动,以及农药和化肥使用等。使用含有重金属的废水进行灌溉是重金属进入土壤的一个重要途径,另一条途径是大气的干湿沉降。重金属主要有 Hg、Cd、Cu、Zn、Cr、

Pb、Ni、Co 等。由于重金属不能被微生物分解，并且可被生物富集，通过食物链严重影响人类的健康，因此土壤一旦被重金属污染，其自然净化和修复都非常困难。

### (3) 非金属无机污染物

土壤中非金属无机化合物包括氰化物、砷化物、硫化物和氟化物等，主要来源于工业生产活动及其排放的废水。氰化物属剧毒物质，0.1 mg 对人有致死作用。砷元素在自然界中主要以亚砷酸盐、砷酸盐、甲基砷酸盐及二甲基砷酸盐四种形式存在。砷化物的毒性主要是以三价砷的形式存在，三价砷毒性比五价砷高 60 倍。非金属无机污染物还包括其他各种酸、碱和非金属盐类等。

### (4) 放射性元素

放射性元素主要有 Sr、Cs、U 等，主要来源于大气核试验的沉降物，以及原子能和平利用过程中所排放的各种废气、废水和废渣，如核能废料、医疗废弃物等。土壤被放射性物质污染后，通过放射性衰变，能产生  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  射线。这些射线能穿透人体组织，损害细胞或造成外照射损伤，或通过呼吸系统或食物链进入人体，造成内照射损伤，同时也会造成人体和动物身体很多病变。

### (5) 病原微生物

土壤中病原微生物主要包括病原菌和病毒等，主要来源于未经处理的粪便、垃圾、城市生活污水、饲养场与屠宰场的污物等，其中危害最大的是传染病医院未经消毒处理的污水与污物。土壤中的病原微生物不仅直接或间接地危害人体健康，而且有些长期在土壤中存活的植物病原体还能严重地危害植物，造成农业减产。

表 1-1 列举了土壤中的主要污染物及其主要来源。

表 1-1 土壤污染物及其主要来源

| 污染物种类    |                   | 主 要 来 源                                  |
|----------|-------------------|------------------------------------------|
| 有机类      | 有机农药              | 农药生产活动泄漏及其使用                             |
|          | 酚                 | 炼油、合成苯酚、橡胶、化肥、农药等工业生产活动泄漏及排放废水           |
|          | 氰化物               | 电镀、冶金、印染等工业生产活动泄漏及排放废水                   |
|          | 苯并[a]芘            | 石油、炼焦等工业生产活动泄漏及排放废水                      |
|          | 石油                | 石油开采、炼油、输油管道漏油                           |
|          | 有机洗涤剂             | 城市污水、机械工业                                |
| 重金属类     | Hg                | 制碱、汞化物生产工业生产活动泄漏及排放废水和污泥，含 Hg 农药         |
|          | Cd                | 冶炼、电镀、染料等工业生产活动泄漏及排放的废水、污泥和废气，肥料杂质       |
|          | Cu                | 冶炼、铜制品生产活动泄漏及排放的废水、废渣和污泥，含 Cu 农药         |
|          | Zn                | 冶炼、镀锌、纺织等工业生产活动泄漏及排放的废水、污泥和废渣，含 Zn 农药或磷肥 |
|          | Cr                | 冶炼、电镀、制革、印染等工业生产活动泄漏及排放的废水和污泥            |
|          | Pb                | 颜料、冶炼等工业生产活动泄漏及排放的废水，汽油防爆燃料排气，农药生产       |
|          | As                | 硫酸、化肥、农药、医药、玻璃工业生产活动泄漏及排放的废水和废气，含 As 农药  |
|          | Se                | 电子、电器、油漆、墨水等工业生产活动泄漏及排放物                 |
| 非金属无机类   | Ni                | 冶炼、电镀、炼油、染料等工业生产活动泄漏及排放的废水和污泥            |
|          | 盐、碱               | 纸浆、纤维、化学等工业生产活动泄漏及排放废水                   |
|          | 酸                 | 硫酸、石油化工、酸洗、电镀等工业生产活动泄漏及排放物               |
| 放射<br>性类 | 氟                 | 冶炼、氟硅酸钠、磷酸和磷肥等工业生产活动泄漏及排放废气，肥料           |
|          | <sup>137</sup> Cs | 原子能、核动力、同位素生产等工业生产活动泄漏及排放废水和废渣，大气层核爆炸    |
|          | <sup>90</sup> Sr  | 原子能、核动力、同位素生产等工业生产活动泄漏及排放废水和废渣，大气层核爆炸    |
| 病原微生物类   |                   | 粪便、垃圾、厩肥、城市污水、生活污水、污泥、城市饲养场与屠宰场的污物       |

## 1.3 土壤化学品污染事故的现状与危害

### 1.3.1 化学品污染环境事故现状

化学品在生产、储存、运输和使用等过程中,由于种种原因都有可能发生泄漏,除了造成人员伤亡、财产损失之外,还会对土壤等生态环境造成污染。图 1-2 展示的是正在建设中的地下储油罐和正在运营中的地上储油罐,这些储罐的泄漏极易导致其中的化学品污染土壤。

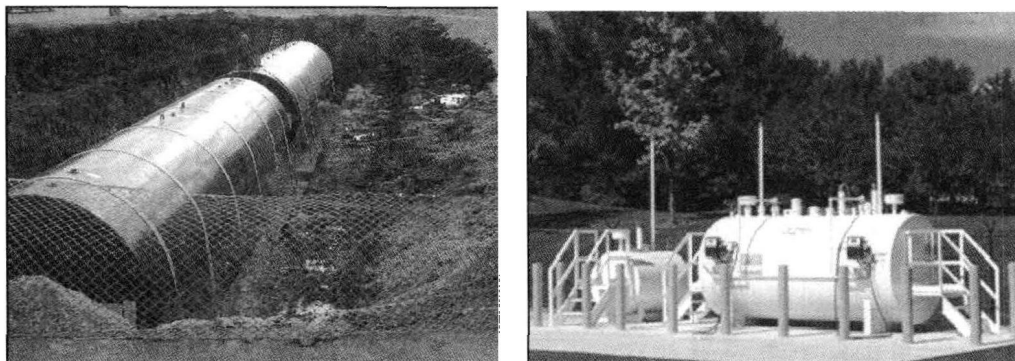
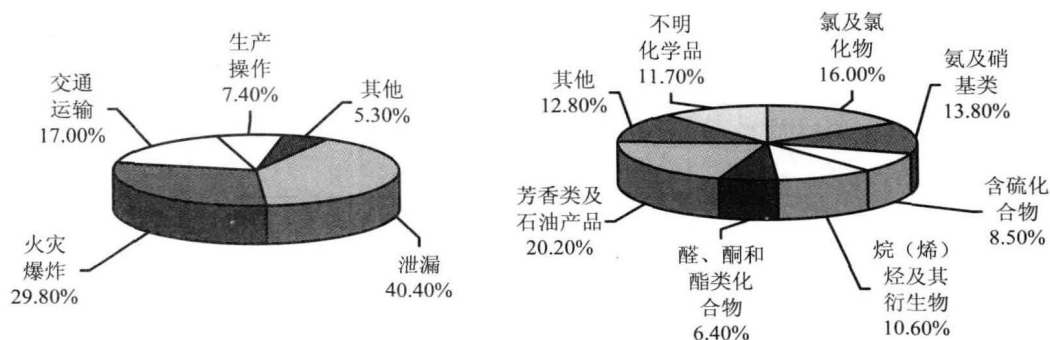


图 1-2 正在建设或运营中的化学品储罐

近年来,由于化学品泄漏、爆炸或交通事故等引发的土壤污染事件在发生频率和危害程度上均有增加的趋势。同时由于城市的不断扩张,城市中心区的重污染企业必须实行“环保搬迁”。由于历史原因,不少企业没有环保设施或设施落后,企业搬迁后的厂址中残留大量的化学品,极易导致环境污染事故。

根据国家安全生产监督管理总局的资料记载,仅 2001—2007 年危险化学品引发的重大环境事故就有 100 多起(如图 1-3 所示),其中由于化学品泄漏造成的环境突发事件占 40.4%(图 1-3(a))。在发生事故的化学品污染物类型中,有机化学品占很大比例,为 37.2%(图 1-3(b)),其中芳香类及石油产品为 20.2%,烷烯烃及其衍生物为 10.6%,醛酮和酯类化合物为 6.4%。



(a) 按事故起因比例图

(b) 按主要污染物类型比例图

图 1-3 中国危险化学品引发的重大环境事故统计(2001—2007 年)

1986—1992 年全球共发生了 17 起重特大的化学品污染事故（表 1-2），事故的化学品类型主要为有机化学品。

表 1-2 全球危险化学品引发的重大环境事故统计（1986—1992 年）

| 年度   | 国家    | 地址     | 事件与事故类型 | 主要化学品种类 | 受害人数  |        |        |
|------|-------|--------|---------|---------|-------|--------|--------|
|      |       |        |         |         | 死亡    | 受伤     | 迁移     |
| 1986 | 加拿大   | 海通     | 铁路      |         | 40    | 90     |        |
|      | 意大利   | 那不勒斯   | 汽油      |         | 5     | 150    |        |
|      | 前苏联   | 切尔诺贝利  | 反应堆爆炸   | 放射性物质   | 33    | 1 358  | 13.5 万 |
| 1987 | 印度    | 博帕尔    | 工业      | 胺等      | 6 400 | 13.5 万 | 20 万   |
|      | 美国    | 迈阿密    | 铁路      | 红磷      |       | 569    | 3 万    |
|      | 美国    | 德克萨斯   | 工艺故障    | 氟氢酸     |       | 540    | 3 000  |
| 1988 | 墨西哥   | 墨西哥城   | 爆炸      | 军火      | 62    | 87     |        |
|      | 巴基斯坦  | 伊斯兰堡   | 炸药      |         |       | 100    | 3 000  |
|      | 英国    | 北海     | 平台爆炸    | 油、气     | 167   |        |        |
|      | 前苏联   | 阿尔马斯   | 铁路      | 炸药      | 73    | 720    | 9 万    |
| 1989 | 前苏联   | 帕萨迪纳   | 爆炸      | 天然气     | 575   | 623    |        |
| 1990 | 印度    | 帕坦     | 火车      | 天然气     | 95    | 100    |        |
| 1991 | 埃塞尔比亚 | 亚的斯亚贝巴 | 炸药      | 烟火      | 100   | 200    |        |
|      | 意大利   | 里窝那    | 油库      | 爆炸      | 140   |        |        |
|      | 泰国    |        | 公路      | 炸药      | 171   |        |        |
| 1992 | 墨西哥   | 后达拉结那  | 下水道爆炸   | 天然气     | 210   | 1 500  |        |
|      | 土耳其   | 宗古尔达克  | 矿山爆炸    | 天然气     | 388   | 250    |        |

1.3.2 化学品泄漏场地土壤污染事故危害

污染物进入环境中（如土壤或沉积物、水、空气）后，其浓度和分布会发生一定的变化，即污染物具有一定的迁移转化规律。同样，化学品泄漏后也会在土壤、水源和空气等周围环境中发生迁移，由图 1-4 可知化学品污染可以对土壤以及通过土壤直接或间接地对地表水、地下水、人类以及其他生物造成较大的影响。

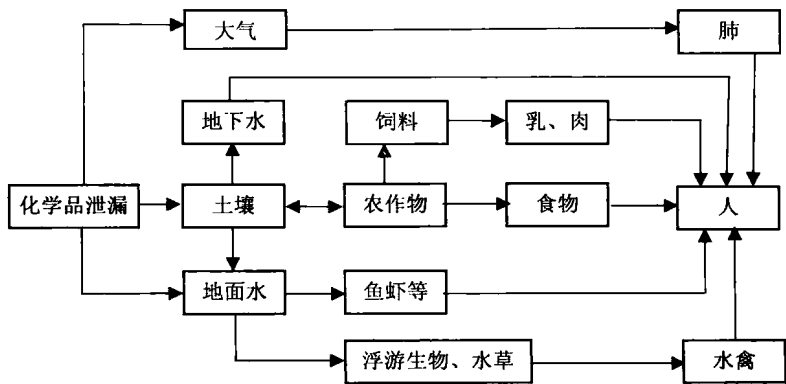


图 1-4 有机化学品泄漏在环境中的迁移传输途径

土壤圈、大气圈与水圈共同组成了我们人类赖以生存的环境的三大基本要素，三者为一个有机整体，是相互联系与影响的。无论是大气污染还是水体污染，最终的归宿都是土壤。因此，应将土壤视为全球环境问题的核心，在环境保护中加以重视。有机化学品泄漏