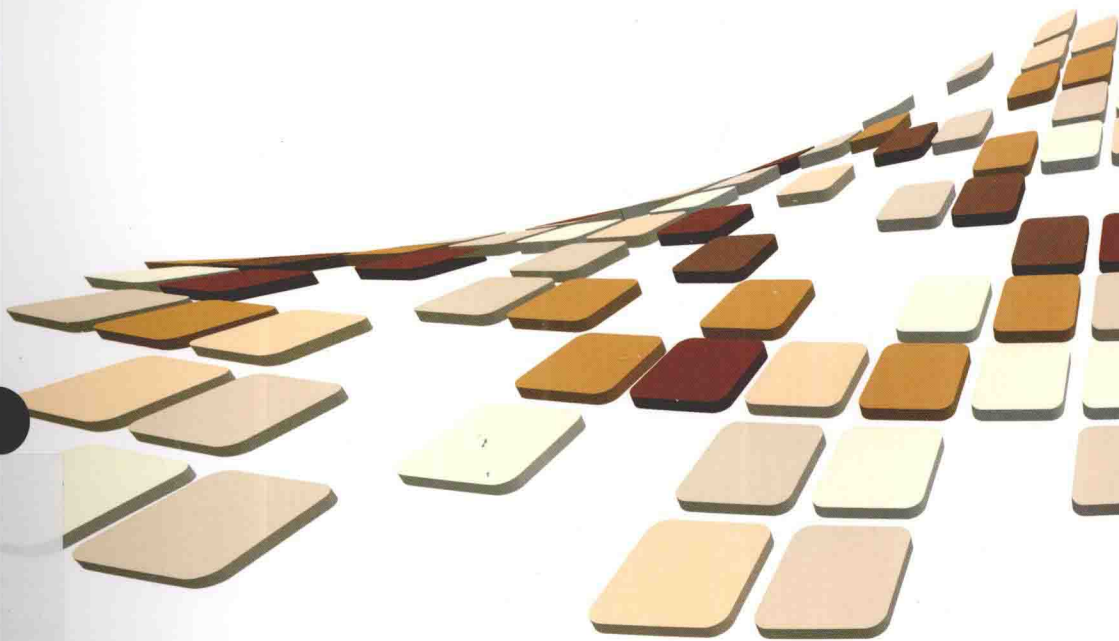


*Environmental Supervision of  
Contaminated Site  
Remediation Project*

# 污染场地修复工程 环境监理

王 水 吴海锁 李 冰 曲常胜 等 著



 科学出版社

# 污染场地修复工程环境监理

王 水 吴海锁 李 冰 曲常胜 等 著



科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书简要介绍了我国场地污染现状及土壤和地下水修复技术,对污染场地修复工程的环境监理进行了详细阐述,包括污染场地修复工程环境监理的基本概念、工作程序、工作内容、工作方法、工作制度以及机构、人员及设施等内容,还包括设计开发的“污染场地修复工程环境监理管理系统”,以及污染场地修复工程环境监理用表。

本书可供与土壤和地下水修复工程相关的环境监理单位、工程监理单位、修复单位、科研及设计机构等的从业人员使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

---

污染场地修复工程环境监理/王水等著. —北京: 科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-045586-4

I. 污… II. 王… III. 危险废弃物-场地-环境污染-修复-环境监  
理-中国 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 210024 号

---

责任编辑: 张淑晓 宁 倩 / 责任校对: 赵桂芬

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 铭轩堂

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>

三河市骏志印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2015 年 9 月 第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015 年 9 月 第一次印刷 印张: 13 1/2

字数: 180 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 本书编写委员会

王 水 吴海锁 李 冰 曲常胜 丁 亮 欧阳黄鹂  
王 栋 蔡安娟 孙一宁 江野立 周 飞 黄夏银  
周永艳 高 鸣 李 延 柏立森 曹 璐

# 前 言

环境保护部于 2012 年 1 月下发了《关于进一步推进建设项目环境监理试点工作的通知》(环发[2012]5 号文),要求各级环境保护行政主管部门在审批建设项目环境影响评价文件时,应开展建设项目环境监理。全国多数省份及相关管理部门已经有正式的文件启动了环境监理工作,由于污染场地修复工程的环境监理具有与建设项目环境监理不同的特点和要求,主要体现在修复工程处置对象多为可危害健康的污染物,修复工程环境监理工作需要介入修复工程主体,而不仅仅局限在环境达标和环保工程监理等方面。

污染场地修复具有较强的专业性、前沿性,修复技术多样、修复过程复杂、风险和敏感度高,这些因素决定了污染场地修复工程需要制定具有针对性的环境监理程序和方法,而不能简单套用建设项目环境监理技术方法。环境监理单位 and 人员缺乏系统的技术和管理指导依据,环境监理的形式、程序、方法、内容、工作要点及环境监理的工作制度、监理文件的构成均无标准的规范化要求,成为制约我国污染场地修复治理行业健康发展、保障污染场地再开发利用环境安全的瓶颈。

为规范污染场地修复工程的环境监理工作、提高从业人员的专业水平和技术能力,在江苏省重点环保科研课题“污染场地修复治理工程环境监理技术规范研究”的资助下,江苏省环境科学研究院环境风险与土壤污染控制研究所组织人员就污染场地修复工程环境监理开展了研究工作,并结合我国多地的相关实践经历和管理经验编写了本书。全书共 10

章，主要介绍了我国场地污染现状及主要修复技术、污染场地修复工程环境监理相关知识、工作内容、程序、方法、制度及机构和人员、管理系统、工作用表等。

本书的编写得到了江苏省环境保护厅、南京大学、环境保护部南京环境科学研究所、南京市环境保护科学研究院、江苏大地益源环境修复有限公司、北京建工环境修复股份有限公司、北京鼎实环境工程有限公司等单位领导、专家和同行的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，书中疏漏之处在所难免，敬请各位专家、读者批评指正。

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 场地污染概述</b> .....	1
1.1 土壤与地下水环境特征 .....	1
1.1.1 土壤环境基本特征 .....	1
1.1.2 地下水环境基本特征 .....	2
1.2 土壤与地下水污染来源 .....	5
1.2.1 土壤和地下水环境污染的基本特征 .....	5
1.2.2 土壤环境污染来源 .....	6
1.2.3 地下水环境污染来源 .....	8
1.3 我国土壤与地下水污染现状 .....	10
1.3.1 我国土壤污染现状 .....	10
1.3.2 我国地下水污染现状 .....	12
1.4 我国污染场地修复工程开展现状 .....	14
<b>第 2 章 污染场地土壤及地下水修复技术</b> .....	20
2.1 土壤修复技术 .....	20
2.1.1 物理化学修复技术 .....	20
2.1.2 生物修复技术 .....	39
2.1.3 植物修复技术 .....	50
2.2 地下水修复技术 .....	51
2.2.1 抽出-处理技术 .....	51
2.2.2 原位化学氧化/还原 .....	54

2.2.3	原位曝气技术 .....	57
2.2.4	原位生物修复技术 .....	59
2.2.5	可渗透性反应墙 .....	61
2.2.6	监控式自然衰减 .....	64
2.2.7	多相抽提 .....	67
<b>第 3 章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理概述 .....</b>	<b>72</b>
3.1	环境监理的概念及意义 .....	72
3.1.1	概述 .....	72
3.1.2	环境监理定义 .....	74
3.1.3	环境监理主要功能 .....	74
3.1.4	开展环境监理的建设项目类型 .....	75
3.2	开展污染场地修复工程环境监理的必要性 .....	75
3.3	污染场地修复工程环境监理的关系定位 .....	82
3.3.1	环境监理与业主单位 .....	82
3.3.2	环境监理与修复技术方案设计单位 .....	82
3.3.3	环境监理与修复施工单位 .....	83
3.3.4	环境监理与工程监理单位 .....	84
3.3.5	环境监理与环境保护主管部门 .....	84
3.4	污染场地修复工程环境监理工作依据 .....	85
3.4.1	相关环境保护法律法规 .....	85
3.4.2	部门及地方政府规章 .....	86
3.4.3	相关技术规范 .....	86
3.4.4	技术文件 .....	87
3.4.5	合同、协议 .....	88
3.5	污染场地修复工程环境监理特点 .....	88
<b>第 4 章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理工作程序 .....</b>	<b>91</b>
4.1	总体工作程序 .....	91



4.2	准备阶段环境监理工作程序	93
4.2.1	收集资料、现场踏勘	93
4.2.2	签订环境监理合同	93
4.2.3	组建环境监理机构	94
4.2.4	编制环境监理工作方案	94
4.2.5	准备阶段环境监理	94
4.2.6	交底	94
4.3	修复施工阶段环境监理工作程序	95
4.4	竣工验收阶段环境监理工作程序	96
<b>第5章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理工作内容</b>	<b>97</b>
5.1	文件审核	97
5.2	环境监理方案编制	100
5.3	修复过程中的污染防治	101
5.3.1	大气污染防治	105
5.3.2	水污染防治	111
5.3.3	固废污染防治	115
5.3.4	噪声污染防治	119
5.4	质量控制	121
5.4.1	污染土壤、地下水修复达标质量控制	122
5.4.2	开挖后基坑达标质量控制	123
5.5	修复工程管理	124
5.6	修复工程验收	129
<b>第6章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理工作方法</b>	<b>132</b>
6.1	环境监理核查	132
6.2	修复现场巡查	133
6.3	旁站监理	133
6.4	检测分析	134

6.5	记录与报告 .....	134
6.6	环境监理会议 .....	135
6.7	专业咨询 .....	135
6.8	宣传培训 .....	136
6.9	信息反馈 .....	136
<b>第 7 章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理工作制度 .....</b>	<b>137</b>
7.1	环境监理工作记录制度 .....	137
7.2	文件审核制度 .....	138
7.3	会议与工作报告制度 .....	138
7.4	应急报告与处理制度 .....	139
7.5	函件来往与档案管理制度 .....	140
7.6	检查、认可制度 .....	141
7.7	人员培训和宣传教育制度 .....	141
7.8	质量保证与奖惩制度 .....	142
<b>第 8 章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理机构、人员及设施 .....</b>	<b>143</b>
8.1	修复工程环境监理机构 .....	143
8.1.1	环境监理模式 .....	143
8.1.2	环境监理机构的权利 .....	144
8.1.3	环境监理机构的利益 .....	145
8.2	环境监理人员 .....	145
8.2.1	总环境监理工程师 .....	146
8.2.2	场地修复监理工程师 .....	148
8.2.3	总环境监理工程师代表 .....	148
8.2.4	环境监理工程师 .....	149
8.2.5	环境监理员 .....	150
8.2.6	环境监理人员守则 .....	151
8.3	环境监理设施 .....	151

8.3.1	基础办公设施 .....	152
8.3.2	便携式快速检测设施 .....	152
8.3.3	人员防护设施 .....	155
<b>第 9 章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理文件管理 .....</b>	<b>156</b>
9.1	污染场地修复工程环境监理文件体系 .....	156
9.2	重要文件资料编制 .....	157
9.2.1	污染场地修复工程环境监理工作方案 .....	157
9.2.2	污染场地修复工程环境监理实施细则 .....	161
9.2.3	污染场地修复工程环境监理总结报告 .....	162
<b>第 10 章</b>	<b>污染场地修复工程环境监理管理系统 .....</b>	<b>165</b>
10.1	管理系统概况 .....	165
10.2	管理系统功能简介 .....	167
10.2.1	项目介绍与组织架构 .....	167
10.2.2	系统签到 .....	167
10.2.3	阶段管理 .....	168
10.2.4	二次污染防治 .....	169
10.2.5	质量控制 .....	169
10.2.6	实时监控 .....	169
10.2.7	各方联系 .....	170
10.2.8	工作记录 .....	170
10.2.9	项目验收 .....	171
10.2.10	其他资料 .....	171
<b>参考文献</b>	.....	<b>172</b>
<b>附表</b>	.....	<b>178</b>

# 第 1 章 场地污染概述

## 1.1 土壤与地下水环境特征

### 1.1.1 土壤环境基本特征

土壤是母质、气候、生物、地形、时间、人类活动等因素复合作用下形成的自然体，是由固（矿物质、生物质、有机质）、液（水分、溶质）、气（空气）三相构成的疏松多孔的复杂结构体。在土壤的形成演化过程中，各成土因素相互影响，相互制约，具有同等的重要性和不可替代性。作为独立、复杂的表生自然体，土壤的基本作用可概括为以下三点。

（1）土壤具有极为重要的生态功能。从圈层的角度来看，其所构成的土壤圈是地球系统的重要组成部分，其处于大气圈、岩石圈、水圈和生物圈的交接部位，是生物多样性最丰富、能量交换和物质循环最活跃的圈层，是连接自然环境中无机界和有机界、生物界和非生物界的纽带。

（2）土壤是人类赖以生存和发展的物质基础。土壤的本质属性和基本特征是具有肥力，这保证了人类能够获取必要的粮食和生产原料，维系着人类的繁衍生息。由于不同条件下各成土因素复杂的相互作用，全球土壤类型分布及其性质呈现出明显的空间差异性，这一空间差异性在农耕文明发展之初一定程度上决定着人类的分布。

（3）土壤是人类生存环境的重要组成要素，是自然环境体系的中心

环节。土壤本身具有一定的缓冲能力和相当强大的自然净化能力，土壤的缓冲能力保持了土壤内部各类反应的相对稳定，为植物生长和土壤生物的活动创造了比较适宜的环境；土壤的自然净化能力通过物理过滤、化学反应、生物降解等多种形式实现，这一能力使得土壤可以承载一定量的污染负荷，具备了一定的环境容纳量。需要注意的是，土壤本身的自净能力是有限的，一旦超出了其对污染物的最大容纳量，势必造成污染物的累积，对人类的生存与健康构成潜在威胁。

人类对土壤环境的开发与利用由来已久，起初主要以农业生产活动为主，通过耕耘、灌溉、施用有机肥料等方式改变土壤的保水性、养分循环状况、营养元素组成等基本性质，最终将自然土壤改造成为各种耕作土壤，以确保获得较高的农作物产量。随着社会经济的发展，在步入工业时代乃至信息化时代后，人类对土地的需求日益增加，开发强度不断加大。由于土地开发利用方式较为粗犷、环境监管不足等多方面原因，大量污染物排入土壤中，打破了土壤环境中的自然动态平衡，进而造成了土壤的严重污染。

土壤污染直接关系到人类的生存环境质量，农田土壤污染涉及食品安全问题，城市及其周边工业企业污染场地如不进行修复即进行再开发利用，将对周边居民的人体健康造成极大威胁。因此，以保持土壤基本特性、恢复土壤基本功能、维护土壤资源可持续利用为原则，因地制宜地开展土壤污染防治工作势在必行。

### 1.1.2 地下水环境基本特征

地下水为赋存于地面以下岩石空隙中的水，其不仅是水资源的重要组成部分，同时还是复杂的生态环境系统中的一个敏感的子系统，是极其重要的生态环境因子。

地下水形成于不同深度、不同类型的地质层之中，依据其含水介质类

型，可分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。

(1) 孔隙水一般赋存于第四系与部分第三系未胶结或半胶结的松散沉积物颗粒构成的孔隙网络之中，在松散岩层中，孔隙分布连续均匀，其所形成的孔隙含水层具有统一的水力联系，水量分布均匀。

(2) 裂隙水储存并运移于裂隙基岩，由于岩层裂隙率较低，地下水赋存空间有限且裂隙通道的展布具有明显的方向性，相较于孔隙水，裂隙水的不均匀性和各向异性更为显著。

(3) 岩溶水赋存并运移于岩溶化岩层中，岩溶水与可溶性岩溶介质间的相互作用造成了岩溶含水介质的多级次性与强烈的非均质性，导致岩溶水水量分布极不均匀。岩溶水宏观上呈现统一的水力联系，但在局部上水力联系程度差异较大。

岩层按其渗透性可分为透水层与不透水层。饱含水的透水层便是含水层，不透水层通常称为隔水层。含水层、隔水层的划分具有相对性，与地下水利用实际意义、时间尺度、过水断面大小等因素密切相关。依照含水层在地质剖面中所处的部位及受隔水层（弱透水层）限制的情况，地下水可被分为上层滞水、潜水、承压水。需要注意的是，自然界中各埋藏条件下的地下水的界线并不像定义中那样明确，往往存在着各种过渡与转化的状态，并非固定不变。

(1) 上层滞水为包气带中局部黏性土隔水层上季节性存在的重力水，受大气降雨补给，通过蒸发或向下渗透进行排泄。包气带中的上层滞水与潜水联系紧密，对其下部潜水的补给与蒸发排泄，起到一定的滞后调节作用。同时，由于其最为接近地表，极易受到外源性污染，一旦污染，如未及时处理，将进一步影响潜水含水层的水质。

(2) 潜水为饱水带中第一个具有自由表面的含水层中的水。潜水含水层无隔水顶板或只有局部存在隔水顶板，与包气带直接连通，在其整个分布范围内均可通过包气带接受大气降水及地表水体的补给，并通过流入其他含水层、蒸发或蒸腾进入大气、径流至地表低洼处泄入地表水

圈三种方式进行排泄。由于潜水位置相对较浅，且在整个水循环过程中较为活跃，其受到人为污染的可能性较大。

(3) 承压水为充满于两个隔水层（弱透水层）之间的含水层中的水，其主要特征为具有承压性，即含水层内的水承受除大气压强以外的附加压强，如出露区地下水静水压力。承压含水层主要通过出露于地表的补给区接受大气降水、地表水入渗等多种形式得到补给，并通过范围有限的排泄区以泉或其他径流形式进行排泄。同时在水力梯度的驱动下，深埋于隔水层（弱透水层）之间的承压含水层部分可能通过越流的方式从上、下相邻含水层获取补给或进行排泄。相较于潜水而言，由于承压水顶部隔水层（弱透水层）的存在，承压水受气象、水文等因素的影响较小，动态比较稳定，防污性能良好。由于承压水循环缓慢，一旦受到人为污染，其再净化所需成本极高，达到预期效果所需时间较长。

依据循环更新特性，地下水常被划分为浅层地下水和深层承压水。浅层地下水积极参与现代陆地水循环，在循环交替过程中不断接受补给、不断更新，其水质和水量与各种自然因素和人为因素联系密切，通常包括潜水、埋深较浅的承压水，是污染场地调查与修复过程中关注的重点；深层承压水相对于浅层地下水而言，储存环境相对封闭，循环更新较为缓慢，其赋存深度的确定因地制宜，因不同研究目的而定。对于深层承压水来说，关注的重点为其供水意义，一旦开发利用方式不当，其水量损失与水质污染几乎是不可逆的。

与地表水类似，地下水的赋存与流动同样具有系统性，地下水系统可分为地下水含水系统和地下水流动系统。地下水含水系统主要受地质结构的控制，通常以隔水或相对隔水的岩层作为边界，是一个独立而统一的水均衡单元，具有统一的水力联系；地下水流动系统以流面为边界，沿着水流方向，盐量、热量与水量发生有规律的演变，呈现统一的时空有序结构。地下水含水系统是含水层概念的延伸与扩

大，而地下水流动系统是解决水质时空演变问题的有效工具。在资料充足的前提下，结合区域及场地水文地质资料，分析污染区域所处地下水流动系统级次及其所在部位（补给区或排泄区），进而有针对性地选择修复技术，将有效节省修复成本，提高修复效率，起到事半功倍的效果。

## 1.2 土壤与地下水污染来源

### 1.2.1 土壤和地下水环境污染的基本特征

自然条件下土壤、地下水环境为多介质、多界面、多组分混杂而成的复杂体系，表现出明显的非均质性和各向异性，这使得土壤、地下水环境污染有别于其他类型的环境污染，具体表现为以下特征。

#### 1) 隐蔽性和滞后性

土壤、地下水污染多数情况下并不直观，无法通过感官进行有效的判定，其污染与否及污染程度需要借助专业工具进行采样，并依据样品实验室分析数据进行判断，某些时候还需结合生物毒性试验等手段，过程纷繁复杂。同时，污染土壤和地下水对于人体的影响往往是一个慢性积累的过程，潜移默化、不易察觉。

#### 2) 累积性和地域性

相较于大气与地表水体，污染物在土壤介质和地下水含水介质中的扩散与运移更为缓慢，其运移范围很大程度上受控于地层岩性等因素，表现为明显的累积性和地域性。例如，在以黏土层为主、地下水径流缓慢的区域，由于土层性质、地下径流条件以及可能存在的污染物与介质间吸附-解吸等作用的影响，污染物实际运移范围有限，与污染源区有较



大重叠，同时浓度不断叠加。

### 3) 不可逆转性

土壤介质和地下水含水介质具有自净化能力，可以承载一定的污染负荷，然而，一旦所负担的污染物超出其承受范围，对于土壤、地下水环境所造成的污染就几乎变为了一个不可逆转的过程。即使切断污染源，短时间内已污染部分也无法通过自然界自身的调节作用恢复其基本功能。

### 4) 修复治理的复杂性

土壤、地下水环境一旦污染，大多数情况下需要进行人为干预，对其进行修复治理。由于该类型污染的复杂性和不确定性较大、修复技术难度较大、成本较高、周期较长，对于修复治理实施后的修复效果难以保证，某些情况下可能出现反复，不得不再次进行治理，耗费大量人力物力。

## 1.2.2 土壤环境污染来源

土壤环境污染的发生往往是多种因素综合作用的结果。对于受污染土壤来说，污染源可能同时包含点源和面源，各类污染源作用程度有所不同。土壤环境污染源可归纳总结为以下类型。

### 1) 工业污染源

工矿业生产过程中废水、废气的无序排放及废渣的不当处置是造成土壤污染的重要原因。生产区域内储罐、污水池等储存设施如维护不当，可能发生泄漏，成为长期不被人发现的连续性污染源。如发生类似有机溶剂大量泄漏等生产安全事故，应急处置不当便极易造成严重污染。企业关停或搬迁时，对生产设备、储罐等设施的拆除过程中的不规范作业，