

土壤修复 工程管理与实务

程功弼◎主编



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

ISBN 7-5023-4111-1

中国环境科学出版社
北京市西城区德胜门内大街2号
100089
电话：(010) 62040300
网址：http://www.ces.pri.cn

土壤修复工程管理与实务

程功弼 主编



土壤修复工程管理与实务	
章 节	页 数
第一章 绪论	1
第二章 土壤修复工程概述	10
第三章 土壤修复工程规划	25
第四章 土壤修复工程设计与施工	45
第五章 土壤修复工程验收与评价	65
第六章 土壤修复工程管理与实务	85
第七章 土壤修复工程案例分析	105
第八章 土壤修复工程法律法规	125
第九章 土壤修复工程标准规范	145
第十章 土壤修复工程发展趋势	165

 科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤修复工程管理与实务 / 程功弼主编. —北京: 科学技术文献出版社, 2019.3
ISBN 978-7-5189-5282-3

I. ①土… II. ①程… III. ①土壤改良—研究 IV. ①S156

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 040112 号

土壤修复工程管理与实务

策划编辑: 张 丹 责任编辑: 张 红 责任校对: 文 浩 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882870 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 www.stdp.com.cn
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京虎彩文化传播有限公司
版 次 2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷
开 本 787×1092 1/16
字 数 421千
印 张 17.5
书 号 ISBN 978-7-5189-5282-3
定 价 168.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

《土壤修复工程管理与实务》

编写组

主 编：程功弼

副主编：王殿二 陈 磊

编写人员：（按姓氏笔画排序）

王 钰	王晓康	冯 蒙	刘庆珊
许孟一	孙睿婕	杜 健	张 殷
陈昊文	陈晓芬	周 锴	赵宝正
梁广秋			

前 言

随着中国社会经济的不断发展、工业企业的持续增长，环境污染问题日益严重。继水、气、噪声、固废之后，近年来，一系列标准与政策的出台使得污染场地的调查与修复工作也备受关注。按照理论联系实际方针，结合近几年新颁布的法律法规、新施行的标准规范，由江苏盖亚环境科技股份有限公司技术团队牵头，结合工程项目实践经验，编写了《土壤修复工程管理与实务》一书。

江苏盖亚环境科技股份有限公司是由中组部国家“千人计划”专家程功弼创办的专业从事土壤修复自主研发技术与装备的科技创新企业。作为国内环境修复行业的技术领跑者，江苏盖亚环境科技股份有限公司自2012年诞生之日起，就秉承“留给子孙一片净土”的初心，坚持“自主研发、科技创新及自有技术开发”的理念，坚守“开拓、创新、合作、共赢”的宗旨，致力于真正解决土壤修复的难题，提供集场地调查、方案制定、修复工程实施和管理为一体的全方位、一站式解决方案。作为土壤修复行业的一分子，我们觉得有责任也有义务同行业内的从业伙伴一起为中国土壤修复市场的发展贡献一分力量，成为中国土壤的守护神。因此，我们创作并出版了这本《土壤修复工程管理与实务》，目的是通过梳理我们从业以来所积累的经验 and 案例，整理出一套相对全面的从前端调查到后端修复的管理和实操资料，希望能为土地所有者、政府管理部门、调查单位、施工单位，以及所有关心和关注中国土壤修复的人员，提供一些参考和借鉴。

《土壤修复工程管理与实务》在综述了污染场地调查和土壤修复技术及装备的基础上，结合现场实践经验，阐述了土壤修复工程全过程的管理工作。本书分为6章。第1章为土壤修复概述，包括土壤修复工程的背景、概述及技术分类3方面内容，侧重于对土壤修复的基本了解。第2章为土壤修复法律、法规与标准，以最新法律法规和标准规范为依据，汇总了土壤修复工程涉及的各项条文，侧重于对法律法规的梳理。第3章为场地调查工程技术与装备，对一般场地调查、在产企业自查、重点行业详查进行了详细阐述，并对场地调查过程中使用的软件进行分类整理，侧重于场地调查的实操性。第4章为土

壤修复工程技术与装备,对目前常见的修复技术进行了详细介绍,侧重于基础知识及专用装备的介绍。第5章为土壤修复工程设计,从土壤修复工程中的环保设计和市政设计两个角度,简要阐述了土壤修复工程设计的概念和方法。第6章为土壤修复工程管理,从施工组织、进度、质量、安全、招标投标、造价与成本、合同、施工现场与验收等多个方面对施工管理进行解析。

本书具有较强的知识性、系统性和实用性,可作为土壤修复工程项目经理和管理人员的培训教材,也可作为环境相关专业学生的教材或参考用书。

虽经长时间准备和多次研讨、审查与修改,书中仍难免存在疏漏与不足,恳请广大读者提出宝贵意见,以便完善。

目 录

第1章 土壤修复概述.....	1
1.1 背景	1
1.2 土壤修复工程概述	3
1.3 土壤修复技术的分类	4
1.3.1 按修复位置分类	4
1.3.2 按修复原理分类	4
1.3.3 按修复方式分类	5
1.4 常见修复技术的对比分析	5
第2章 土壤修复法律、法规与标准	12
2.1 概述.....	12
2.2 法律法规.....	14
2.2.1 法律.....	14
2.2.2 法规及部门规章.....	14
2.3 环境保护标准.....	14
2.3.1 环境质量标准.....	14
2.3.2 污染物排放标准.....	15
2.3.3 监测采样标准.....	15
2.3.4 环境基础标准.....	16
2.4 场地调查及风险评估标准.....	16
2.5 相关技术及方案编制.....	17
2.5.1 修复技术指南.....	17
2.5.2 方案编制.....	17
2.6 修复效果评估.....	17
2.7 标准解读.....	18
2.7.1 “值”的解读.....	18
2.7.2 标准修订.....	19
2.8 其他.....	20
2.8.1 土壤环评导则.....	20

2.8.2	重点行业企业详查	20
2.8.3	土壤污染隐患排查与防治	21
2.8.4	地方相关标准及指南	21
2.9	国外土壤治理相关政策	23
2.9.1	美国超级基金法案	23
2.9.2	荷兰《土壤保护法》政策	23
2.9.3	日本《土壤污染对策法》政策	24
2.9.4	德国《联邦土壤保护法》政策	24
2.9.5	俄罗斯《土地整理法》政策	24
2.9.6	韩国《土壤环境保护法》政策	25
第3章	场地调查工程技术与装备	26
3.1	退役场地调查工程	26
3.1.1	概述	26
3.1.2	第一阶段场地调查——污染识别	27
3.1.3	第二阶段场地调查——现场采样	28
3.1.4	第三阶段场地调查——风险评估	30
3.2	在产企业自查	34
3.2.1	概述	34
3.2.2	资料搜集	34
3.2.3	现场踏勘	35
3.2.4	重点设施及重点区域	35
3.2.5	土壤/地下水布点	35
3.2.6	监测内容	37
3.3	重点行业企业详查	41
3.3.1	概述	41
3.3.2	信息采集与分析	41
3.3.3	风险筛查	44
3.3.4	调查监测方案制定	45
3.3.5	现场采样与勘察	48
3.3.6	采集保存与流转	49
3.3.7	风险分级	51
3.4	场地调查技术与软件	51
3.4.1	水文地质基础知识	51
3.4.2	土壤取样	57
3.4.3	地下水取样	59
3.4.4	土壤气取样	62

3.4.5	场地调查钻探设备	66
3.4.6	场地调查常用软件	68
第4章	土壤修复工程技术与装备	74
4.1	概述	74
4.1.1	直接处理土壤中污染物	74
4.1.2	将土壤污染转移至气相处理	74
4.1.3	将土壤污染转移至液相处理	75
4.1.4	隔断暴露途径	75
4.1.5	其他措施	75
4.2	气/多相抽提工程技术与装备	75
4.2.1	技术原理	75
4.2.2	技术特点	75
4.2.3	施工装备	76
4.2.4	关键参数	78
4.3	固化/稳定化工程技术与装备	78
4.3.1	技术原理	78
4.3.2	技术特点	78
4.3.3	施工装备	79
4.3.4	常用药剂	81
4.3.5	关键参数	81
4.4	异位淋洗工程技术与装备	82
4.4.1	技术原理	82
4.4.2	技术特点	83
4.4.3	施工装备	83
4.4.4	常用药剂	84
4.4.5	关键参数	85
4.5	原位热脱附工程技术与装备	85
4.5.1	技术原理	85
4.5.2	技术特点	86
4.5.3	施工装备	86
4.5.4	关键参数	88
4.6	异位热脱附工程技术与装备	89
4.6.1	技术原理	89
4.6.2	技术特点	89
4.6.3	施工装备	89
4.6.4	关键参数	92

4.7	水泥窑协同处置工程技术与装备	93
4.7.1	技术原理	93
4.7.2	技术特点	93
4.7.3	施工装备	93
4.7.4	关键参数	93
4.8	化学氧化/还原工程技术与装备	94
4.8.1	技术原理	94
4.8.2	技术特点	94
4.8.3	施工装备	94
4.8.4	常用药剂	96
4.8.5	关键参数	97
4.9	生物通风工程技术与装备	98
4.9.1	技术原理	98
4.9.2	技术特点	98
4.9.3	施工装备	98
4.9.4	关键参数	99
4.9.5	类似技术比较	99
4.10	植物修复工程技术与装备	100
4.10.1	技术原理	100
4.10.2	技术特点	100
4.10.3	常见超富集植物	100
4.10.4	施工装备	101
4.10.5	关键参数	101
4.10.6	运行强化措施	101
4.11	生物堆工程技术与装备	102
4.11.1	技术原理	102
4.11.2	技术特点	102
4.11.3	施工装备	102
4.11.4	关键参数	103
4.12	阻隔填埋工程技术与装备	103
4.12.1	技术原理	103
4.12.2	技术特点	104
4.12.3	施工装备	104
4.12.4	关键参数	104
4.13	地下水抽提—处理工程技术与装备	105
4.13.1	技术原理	105
4.13.2	技术特点	105

4.13.3	施工装备	105
4.13.4	关键参数	105
4.14	可渗透反应墙工程技术与装备	106
4.14.1	技术原理	106
4.14.2	技术特点	106
4.14.3	施工装备	106
4.14.4	关键参数	107
第5章	土壤修复工程设计	109
5.1	设计概述	109
5.2	整体设计	110
5.2.1	设计基础资料	110
5.2.2	工程整体设计	112
5.3	土壤修复中的环保工程设计	115
5.3.1	物质平衡和反应器设计	115
5.3.2	土壤修复设计	119
5.3.3	地下水修复设计	129
5.3.4	挥发性有机物气体治理设计	136
5.4	土壤修复中的市政工程设计	138
5.4.1	深基坑	138
5.4.2	边坡支护	141
5.4.3	降水井	146
第6章	土壤修复工程管理	150
6.1	土壤修复工程招标投标	150
6.1.1	概述	150
6.1.2	目的、特点和原则	150
6.1.3	范围、类别	151
6.1.4	方式	151
6.1.5	流程	152
6.2	土壤修复工程合同管理	156
6.2.1	合同管理的概念及合同主要组成部分	156
6.2.2	合同管理的基本业务内容	157
6.2.3	合同的风险管理	157
6.3	土壤修复工程造价管理	158
6.3.1	工程造价管理任务	158
6.3.2	工程造价管理框架	158

6.3.3	造价管理的业务类型	159
6.3.4	影响修复工程造价的因素及控制关键点	159
6.4	土壤修复工程现场管理概述	160
6.4.1	土壤修复工程现场管理内容与程序	160
6.4.2	土壤修复工程现场管理规划	160
6.5	土壤修复工程质量管理	162
6.5.1	一般规定	162
6.5.2	质量计划	163
6.5.3	施工准备阶段的质量控制	163
6.5.4	施工阶段的质量控制	164
6.5.5	竣工验收阶段的质量控制	167
6.5.6	质量持续改进	167
6.5.7	检查、验证	168
6.6	土壤修复工程成本管理	168
6.6.1	一般规定	168
6.6.2	成本计划	169
6.6.3	成本控制运行	169
6.6.4	成本核算	170
6.6.5	成本分析与考核	170
6.7	土壤修复工程环境健康安全 (EHS) 管理	171
6.7.1	EHS 管理总要求	171
6.7.2	EHS 管理方针	171
6.7.3	EHS 管理体系建立策划内容	171
6.7.4	法律法规和其他要求	173
6.7.5	EHS 管理目标和方案	173
6.7.6	EHS 管理实施和运行	173
6.7.7	检查	175
6.8	污染地块风险管控与土壤修复效果评估	177
6.8.1	适用范围	177
6.8.2	基本原则、工作内容与工作程序	177
6.8.3	更新地块概念模型	178
6.8.4	布点采样与实验室检测	180
6.8.5	风险管控与土壤修复效果评估	183
6.8.6	后期环境监管建议	185
	附录	187

第1章 土壤修复概述

1.1 背景

土壤是人类生存发展不可或缺的物质基础，是人类及其他生物赖以生存的场所，她孕育了生命万物，是人类文明发展的基石，是一切生产和一切存在的源泉。就像 2015 年《维也纳土壤宣言》中提到的那样：

土壤是环境的基石，也是微生物、植物和动物等生命的基础；

土壤是生物多样性和抗生素的大宝库，可为人类健康和基因储备服务；

土壤过滤水，是提供饮用水和其他水资源的关键；

土壤储存为植物所利用的水分，可作为防止水分快速流失的缓冲器；

土壤存储和释放植物营养，能够转化许多化合物，包括污染物；

土壤是全球性生产的大多数食品的基础；

土壤是生产生物质，如木材、纤维和能源作物所必需的；

土壤捕获碳，可以帮助减缓气候变化；

土壤是一种有限的资源，在人类世代的时间尺度上基本是不可再生的。

对于生活在土壤之上的人类来说，我们每一个人都习惯了土壤的存在，但并不是每个人都能认识到土壤对于我们的意义和价值。几千年来，土壤已经得到富有成效的利用，但同时常常遭受人类带来的不利影响，过度的索取和人为的破坏，已经让这块孕育人类文明的基石变得千疮百孔，岌岌可危。随着人类工业化和现代化进程的加快，大量人为排放的污染物进入土壤，造成环境危害日益加重，不堪回首的“美国拉夫河谷事件”“日本米糠油事件”等土壤污染事件给我们敲响了一次又一次的警钟：保护土壤，迫在眉睫，刻不容缓！

20 世纪 80 年代以来，欧美发达国家率先提出并推进污染土壤修复工作，美国在 1980 年颁布了《综合环境反应、赔偿与责任法》（又称《超级基金法》），加拿大在 1989 年、2005 年先后出台了《国家污染场地修复计划》和《联邦污染场地行动计划》，日本在 1970 年、2002 年先后出台了《农用地土壤污染防治法》和针对工业场地污染的《土壤污染对策法》，荷兰、英国等其他发达国家也先后制定并出台了相关法律以保护土壤，并在土壤修复方面积累了丰富的经验。

而在我国，在经济高速发展、人民生活水平不断提高的同时，对环境的破坏也日趋严重。土壤污染不仅对人体健康和生态环境构成威胁，也影响到土地资源开发、城镇建设规划、房地产交易、城市环境治理等方方面面，是需要全中国全社会共同关注的重大环境问题。实事求是地说，土壤修复在我国起步较晚，在污染场地环境风险管理和治理方面的经验比较少，与土壤修复相关的技术、设备、人才基础比较薄弱。但近年来，国家对环保问题已经越来越重视，习近平总书记更是在党的十九大报告中将污染防治列入“三大攻坚战”之一。

在“绿水青山就是金山银山”的大背景下，针对土壤修复行业，我国也陆续发布了一系列关于加强污染场地管理和治理的通知要求、指导意见和法律法规。2011年2月，国务院批准了土壤修复方面第一个“十二五”规划——《重金属污染综合防治“十二五”规划》，并且将“土壤与场地污染治理与修复”列入了《“十二五”社会发展科技领域国家科技计划项目指南》。2011年，《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》中明确提出“被污染场地再次进行开发利用的，应进行环境评估和无害化治理”“继续开展土壤环境调查，进行土壤污染治理与修复试点示范”。2012年，环境保护部等四部委联合发布《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》，明确对化工、金属冶炼、农药、电镀和危险化学品生产、储存、使用企业的场地进行场地环境调查和风险评估，掌握场地土壤和地下水污染的基本情况，排查被污染场地（包括潜在被污染场地），管理信息系统并共享信息。2013年，国务院办公厅下发《关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》，要求确定土壤环境保护优先区域，建立相关数据库。2014年，环境保护部颁布了《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》，要求充分认识加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的重要性。同时，环境保护部也于2014年2月制定并颁布了《污染场地术语》（HJ 682—2014）、《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1—2014）、《场地环境监测技术导则》、《污染场地风险评估技术导则》和《污染场地土壤修复技术导则》等技术标准，有力地支撑了我国场地调查、监测、评估和修复工作的开展。2016年5月28日，国务院印发了《土壤污染防治行动计划》（又称“土十条”），成为全国土壤污染防治工作的行动纲领，可以说，随着“土十条”的颁布，2016年也成为中国土壤修复市场及中国土壤污染防治工作进入系统化、正规化管理的元年。2018年8月31日，第十三届全国人大常委会第五次会议表决通过了《土壤污染防治法》，这是我国首部专门规范防治土壤污染的法律。《土壤污染防治法》出台后，各地方政府迅速做出反应，陆续出台“土壤污染防治攻坚三年作战方案（2018—2020年）”或“土壤污染防治2018年工作方案”，提出具体治理目标及实施方案。2018年8月1日，生态环境部发布的《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》实施。此外，生态环境部还发布了《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》等技术指导文件。中国的土壤污染防治攻坚战正式打响！

土壤修复是一个泛化的概念,严格意义上讲,土壤修复是指利用物理、化学和生物的方法转移、吸收、降解和转化土壤中的污染物,使其浓度降低到可接受水平,或将有毒有害的污染物转化为无害的物质,进而使遭受污染的土壤恢复正常功能的技术措施。由于土壤修复行业在我国发展时间尚短,相关的政策、法规、标准也是刚刚颁布或尚在试行阶段,技术、装备、人才等各方面基础也比较薄弱,再加上我国幅员辽阔,各地土壤性质存在较大差别,这一系列因素导致我国各个地区在开展污染土壤防治工作时,在场地调查、方案制定、招投标、修复工程实施及管理、工程监理及验收等各个方面尚未形成一套全国通行甚至是省内通行的标准流程,个别地区的从业人员对土壤污染防治的概念还比较模糊。但随着国家相关法律、法规、政策、标准的相继出台,随着主管部门管理力度的不断加强,随着土壤修复行业在工程经验和技術、设备、人才储备方面的不断增强,随着全社会的环保意识和对环境问题关注度的不断提高,我们相信中国的土壤污染防治工作将在最短的时间内走上正轨,中国的土壤污染问题将在国家的长期规划下得到根本上的解决。

1.2 土壤修复工程概述

土壤修复工程属于建设工程中的一种,但又不同于传统的建筑工程、土木工程和机电工程等建设工程。土壤修复工程是指通过工程技术手段,利用物理、化学或生物的原理,转移、吸收、降解、转化或控制污染土壤中的污染物,使污染场地达到人体健康风险可接受水平,能够用于后期开发利用。广义上的土壤修复工程,不只是针对污染土壤的修复,通常还包括受污染的地下水的修复,甚至可以涵盖场地内的地表水、建筑物、固体废弃物等环境污染的治理和处置。

土壤修复工程根据修复土地类型的不同,可以分为工业场地土壤修复工程、农业用地土壤修复工程、矿山土壤修复工程、垃圾填埋场土壤修复工程。

目前,我国常见的土壤修复工程多为工业场地土壤修复工程。工业污染场地主要包括冶金、石化、化工、农药等工业行业的污染物排放导致的土壤污染。在工业化进程推进、城市用地调整过程中,大量工厂迁出城市,形成了城市中较大规模受污染的遗留场地。我国对这一污染的关注开始较晚,直到2004年原国家环保总局才要求对工业搬迁遗留的城市污染场地进行监测和修复。目前这部分土壤污染形成了城市地区对土壤修复的主要需求。

城市快速扩张带来了大量的城市工业污染场地修复和垃圾填埋场修复需求,也带来了相对充足的资金,因此,工业污染场地修复和垃圾填埋场修复常常采用物理化学等费用较高的修复方式,以便于快速、彻底地完成修复,使土地能够尽早再开发利用。

农业用地土壤修复工程和矿山用地土壤修复工程,一般具有污染面积大、污染程度相对较轻、无充足资金来源等特点,因此,通常采用成本较低的生物修复方式来进行修复,或是采用工程控制或制度控制的方式,通过“防”和“控”,来实现土壤的安全利用。

1.3 土壤修复技术的分类

1.3.1 按修复位置分类

土壤修复技术根据修复位置的不同，可以分为原位土壤修复技术和异位土壤修复技术。原位土壤修复技术是指在不开挖土壤的条件下，进行土壤修复；异位土壤修复技术是指开挖土壤后，对开挖的污染土壤进行修复。原位及异位修复技术的优缺点比较见表 1-1。异位土壤修复技术又可进一步分为原地异位和异地异位，原地异位是指在原污染场地内进行异位土壤修复，异地异位是指开挖土壤后，将污染土壤转运至其他场地进行修复。

表 1-1 原位与异位修复技术对比分析

特点	对比分析
处理对象	原位修复通常可以同时处理土壤与地下水，而异位一般只针对土壤或地下水
处理效果	原位修复工程的处理效果受场地本身水文地质特点，尤其是土壤质地的影响较大，不确定性较高，因此，对于同样原理的处理技术，一般异位处理效果相对较好，修复达标可预测性高
二次污染风险	异位修复工程需要开挖转移污染土壤，因此，土壤、大气、水的二次污染风险相对较大，但是对于采用药剂修复的原位修复工程，药剂本身可能对非污染土壤和地下水造成二次污染
修复成本	异位修复工程需要大量的场地建设和土方工程施工成本，因此，对于同样原理的修复工程，一般异位修复成本更高，但某些修复工程受设备成本和能耗成本的影响更大，如原位热脱附工程，其每方土修复成本一般高于异位热脱附工程
其他	原位修复工程不需开挖土壤，所需的施工空间和区域小，因此，可以适用于施工空间有限的土壤修复工程

1.3.2 按修复原理分类

土壤修复工程根据修复原理的不同，可以分为物理法、化学法和生物法。常见的物理修复技术包括固化/稳定化、气/多相抽提、热脱附、淋洗、电动修复、阻隔填埋等；化学修复技术包括化学氧化/还原、水泥窑协同处置、溶剂萃取等；生物修复技术包括植物修复、生物通风、生物堆等。

然而，在工程实践中，土壤修复的原理是十分复杂的，物理、化学和生物作用往往有一定的相关性，一般不能将某一土壤修复技术完全定义为物理法、化学法或生物法，只能根据其主要原理来进行分类。

1.3.3 按修复方式分类

按修复方式可分为源处理技术、工程控制和制度控制。大多数修复技术都是将污染物从土壤中彻底去除的源处理技术。工程控制是指切断污染物的迁移途径，从而降低风险的技术，主要包括固化/稳定化技术和阻隔填埋等。制度控制是指切断受体的暴露途径，即通过控制人的活动来降低风险，从严格意义上讲，制度控制不能属于修复技术。

1.4 常见修复技术的对比分析

2014年，原环境保护部发布了《污染场地修复技术目录（第一批）》，其中列举了15项常见的修复技术。表1-2列举了包括这15项修复技术在内的16项常见的修复技术，并从技术分类、原理、适用性等多个方面进行了对比分析。

表1-2 常见的修复技术对比分析

序号	技术名称	技术分类			技术简介	适用性分析
		按位置	主要原理	按方式		
1	气/多相抽提	原位	物理	源处理	气相抽提或多相抽提技术，其基本原理都是通过提取手段，抽取地下污染区域的土壤气体或液体到地面进行相分离及处理。气相抽提主要通过真空抽提手段，抽取包气带污染土壤中的污染气体；多相抽提则是在气相抽提的基础上，通过真空抽提或者潜水泵抽提，抽取含水层的污染地下水或 NAPL（非水相液体）	气/多相抽提技术适用于包气带及含水层的挥发性或半挥发性污染物的处理，尤其是针对易挥发、易流动的 NAPL（如汽油、柴油、有机溶剂等）。气/多相抽提技术是属于施工成本相对较低但处理效率也相对较低的修复技术，因为通过气/多相抽提去除污染物的效率除了受污染物本身挥发性、溶解度和黏性等因素的影响，更受到水文地质条件的影响。渗透性越差、含水率越高或有机质含量越高的土壤，对污染物的吸附和截留作用越高，通过物理抽提的手段极难去除污染物。因此，气/多相抽提技术常与其他技术联用，或作为其他技术的配套技术