

绿色可持续 场地修复

GREEN SUSTAINABLE
REMEDATION OF
CONTAMINATED SITE

胡清 王宏 童立志 编著

中国建筑工业出版社

绿色可持续场地修复

胡 清 王 宏 童立志 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色可持续场地修复 / 胡清, 王宏, 童立志编著. — 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.9

ISBN 978-7-112-22037-3

I. ①绿… II. ①胡… ②王… ③童… III. ①场地—环境污染—修复 IV. ①X5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第060855号

为进一步推动我国土壤环境管理政策的完善并带动绿色可持续修复理念的深入发展, 南方科技大学工程技术创新中心的专业人员编著了《绿色可持续场地修复》一书。书中首先梳理了英美等国污染场地管理法律法规的演变, 并在此基础上对修复的决策过程和技术路径进行了剖析总结; 其次对绿色可持续修复的概念、内涵、技术框架、指标体系、评价方法等进行了系统介绍, 并对国内外的最佳工程实践进行了汇编分析; 最后展望了绿色可持续修复在中国的应用前景和切入点。

本书可供从事土壤修复管理、研究与实施的专业人员参考, 也可作为环境科学与工程专业的教材。

责任编辑: 刘爱灵

责任校对: 王 瑞

绿色可持续场地修复

胡 清 王 宏 童立志 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京点击世代文化传媒有限公司制版

北京缤索有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 15½ 字数: 319千字

2018年7月第一版 2018年7月第一次印刷

定价: 160.00 元

ISBN 978-7-112-22037-3

(31886)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言



我国有史以来对环保最重视的时期来了。继《大气污染防治行动计划》(“气十条”)、《水污染防治行动计划》(“水十条”)和《土壤污染防治行动计划》(“土十条”)之后,中共“十九大”及中央经济工作会议再次强调——必须加大环境治理力度,全面深化绿色发展的制度创新。打好污染防治攻坚战,要使主要污染物排放总量大幅减少,生态环境质量总体改善,重点是打赢蓝天保卫战,调整产业结构,淘汰落后产能,调整能源结构,加大节能力度和考核,调整运输结构。

随着“土十条”的落地,我国开始全面进行土壤污染的调查及监管控制工作。然而,面对底数不清、管理难到位、土壤修复工程有可能带来高能耗及二次污染的问题,专家学者及行业内人士也在不断深入地讨论。

例如,土壤污染是否能被彻底清除?土壤修复如何进行风险管控?土壤修复工程是否合理?修复之后的土地是否还可以再用?修复之后的土壤是否可以外运?什么修复技术算是好的修复技术?土壤修复工程的成本到底如何计算?土壤修复工程带来的二次污染如何解决?等等与之相关的一系列的问题都是土壤污染防治中面临并亟待解决的。

回顾历史,为了便于污染场地管理,世界上许多国家根据自身国情,形成了各具特色的污染场地法律法规体系。其中最具影响力的是美国在1980年创新性颁布的《超级基金法》。美国以该法为基础建立了较为完善的制度和组织系统,并直接引导工业界在过去的近40年里不断完善内部的污染场地管理体系,同时培育了规模巨大的污染场地管理市场。除了在立法上实现顶层设计的突破之外,对于场地调查流程、修复技术筛选和修复工程管理等也发布了相应的指导文件,形成了和法律制度紧密结合的技术体系。

然而,我们应注意到,虽然污染场地修复的目的是为了消除污染,实现再利用,但修复过程本身也会进一步增加人力投入,能源、资源的消耗和二次废物排放而产生新的环境足迹,带来新的环境影响。此外,场地再利用方式与修复终点的确定密切相关。因此,各国也在积极探索合理的修复方式及方法,以防止消极修复,避免过度修复。近40年污染场地修复实践让以英国和美国为代表的西方发达国家的管理者和工业界逐渐认识到必须对修复行为加以控制,污染场地修复需要更新的风险评估标准、监测方

法和框架。这一思想的转变使得绿色可持续修复应运而生。

美国最早提出了“绿色可持续修复”的概念,并于2006年成立了可持续修复论坛,之后成立了联盟。美国环保署积极倡导“绿色修复”理念,并于2010年提出了超级基金绿色修复战略,设定了绿色修复战略目标和主要任务。此外,美国材料与试验协会在2013年还发布了《绿色修复标准指南》。在欧洲地区,英国可持续修复论坛在污染土地实际环境应用组织的倡导下于2007年成立。在美国和英国等组织的带动下,世界上其他国家,如荷兰、巴西、加拿大等,也相继成立了绿色可持续修复论坛并开展了大量的绿色可持续修复实践。

关于绿色可持续修复内涵,各个国家和机构表述略有不同。相较于美国偏向于采用创新的原位修复等技术对污染物进行彻底消除,英国的绿色可持续修复偏向于通过整体规划管理来实现棕地的再开发。虽然侧重点不同,但各种表述的共同点是摒弃传统修复活动中只考虑工程时间与经济成本的直接工程化思路,而重新衡量修复行为对环境、社会和经济的综合影响以实现修复总体效益最大化。绿色可持续修复并非一种新兴的技术,而是一种新的理念。这一理念的崛起预示着修复领域将要发生革命性的改变,这种改变将深刻地影响到相关政策法规的顶层设计和具体技术路径的选择实施。

伴随着“土十条”的出台,我国的土壤修复事业翻开了新的一页。在学习借鉴国外先进成熟的修复技术的同时,我们应充分发挥“后发优势”“弯道超车”,在吸收消化国外目前开展的先进的绿色可持续修复理念的基础上,迅速补齐我国在这一领域的短板。2017年10月14日,“第四届污染地块风险管控与修复技术国际研讨会暨中国可持续修复框架组织成立大会”在北京西郊宾馆召开,开启了我国绿色可持续修复的环保篇章。

为此,为进一步推动我国土壤环境管理政策的完善并带动绿色可持续修复理念的深入发展,我们组织南方科技大学工程技术创新中心的专业人员编著了《绿色可持续场地修复》一书。书中首先梳理了英美等国污染场地管理法律法规的演变,并在此基础上对修复的决策过程和技术路径进行了剖析总结;其次对绿色可持续修复的概念、内涵、技术框架、指标体系、评估方法等进行了系统介绍,并对国内外的最佳工程实践进行了汇编分析;最后展望了绿色可持续修复在中国的应用前景和切入点。

全书由王宏、童立志及我分别执笔编写。另外,朱焰、林斯杰、唐一、陈彤、杨刚庭、高菁阳、石丕星、黄燕鹏、鹿明、史江红和张扬等人也对本书的编写工作提出了宝贵的意见并提供了部分资料。在此对参与本书编写工作的各位同志表示感谢。

尤为重要的是,本书的出版得到了中国建筑工业出版社刘爱灵编辑的关心支持,一并在表示衷心感谢。

限于学识水平有限，书中的不足之处还请各位读者批评指正。希望这本书的出版能够起到抛砖引玉的作用，未来涌现出更多的关于绿色可持续修复的作品，推动绿色可持续修复在我国快速发展。

胡清

2018年1月于北京

目 录

第1章 污染场地管理体系	001
1.1 近代环保运动兴起及其影响	002
1.2 美国的污染场地管理体系	003
1.2.1 环境影响评价制度	003
1.2.2 污染场地增量预防	005
1.2.3 历史遗留污染场地的管理	009
1.2.4 地下储罐管理	026
1.2.5 棕地再开发利用	028
1.3 英国的污染场地管理体系	029
1.3.1 责任机制	029
1.3.2 基本工作程序	031
1.4 中国台湾地区的污染场地管理体系	032
1.4.1 责任机制	032
1.4.2 基本工作程序	033
1.4.3 台湾地区场地修复行业政策概览	035
1.5 跨国公司的污染场地管理体系	037
1.6 中国的污染场地管理体系	040
1.6.1 基本规定	040
1.6.2 刑事责任	040
1.6.3 民事责任	041
1.6.4 行政责任	042
1.6.5 土壤污染防治行动计划	043
1.7 参考文献	044
第2章 污染场地管理技术体系	047
2.1 一期环境场地评估	048
2.1.1 组织实施	048
2.1.2 识别的环境条件	050
2.1.3 工作内容	052

2.2	二期环境场地评估	057
2.2.1	组织实施	058
2.2.2	现场工作	060
2.2.3	实验室检测分析	064
2.2.4	数据分析和报告编制现场工作	065
2.3	修复调查	065
2.3.1	污染场地优先级的确定	065
2.3.2	场地概念模型	069
2.3.3	修复调查现场工作内容	072
2.3.4	污染场地调查评估的发展演变	073
2.4	风险评估方法	075
2.4.1	人体健康风险评估	075
2.4.2	基于风险的修复目标制定	076
2.5	土壤地下水污染修复技术	077
2.5.1	物理修复技术	077
2.5.2	化学修复技术	082
2.5.3	生物修复技术	082
2.5.4	制度控制	084
2.5.5	工程控制	085
2.5.6	修复技术组合	085
2.5.7	污染场地修复发展演变	086
2.6	污染场地调查评估修复现场工作健康和安全措施	087
2.6.1	常见危险识别和劳动保护	087
2.6.2	地下管线防护	087
2.7	参考文献	088

第3章	绿色可持续修复的框架体系	091
3.1	绿色可持续修复的发展	092
3.1.1	萌芽阶段	092
3.1.2	发展和完善阶段	093
3.2	绿色可持续修复的内涵	094
3.2.1	定义	094
3.2.2	基本原则	096
3.3	绿色可持续修复的框架	098

3.3.1	美国可持续修复论坛的框架	098
3.3.2	英国可持续修复论坛的框架	099
3.3.3	美国州际技术管理委员会绿色可持续修复框架	102
3.3.4	美国材料与试验协会的绿色可持续修复框架	112
3.3.5	欧盟棕地再生综合管理	123
3.4	案例分析	125
3.4.1	项目背景及历史	126
3.4.2	修复创新与适应性管理	127
3.4.3	部分工程 / 制度控制措施	129
3.5	参考文献	129
第4章	绿色可持续修复的评估	133
4.1	绿色可持续性评估方法	134
4.1.1	最佳管理实践	135
4.1.2	多准则分析法	137
4.1.3	足迹分析法	139
4.1.4	生命周期分析	143
4.1.5	净环境效益分析法	148
4.2	绿色可持续性指标体系	148
4.2.1	英国的评估指标	151
4.2.2	美国的评估指标	154
4.3	案例分析	158
4.3.1	项目概况	159
4.3.2	全生命周期分析	160
4.3.3	结果与讨论	161
4.3.4	总结	164
附录一	生命周期分析报告模板	165
附录二	美国可持续修复论坛度量指标工具箱	166
4.4	参考文献	173
第5章	绿色可持续场地修复最佳管理实践	175
5.1	修复调查最佳管理实践	176
5.1.1	分步骤修复调查的最佳管理实践	176
5.1.2	场地调查中的“三脚架”模式	178

5.1.3	现场快速筛查技术	185
5.2	修复工程优化概述	189
5.2.1	工程优化的起源及发展	189
5.2.2	工程优化分类型分析	191
5.2.3	工程优化分阶段分析	194
5.2.4	技术支持建议	196
5.3	修复工程的最佳管理实践	196
5.3.1	土壤气相抽提和空气曝气技术	196
5.3.2	生物修复技术	199
5.3.3	抽取 - 处理技术	202
5.3.4	原位热脱附技术	204
5.3.5	地下储罐泄漏场地管理	205
5.3.6	矿山场地管理	207
5.4	案例分析	211
5.4.1	项目背景	211
5.4.2	修复过程	212
5.4.3	社会和经济可持续性分析	212
5.5	参考文献	213
第 6 章	绿色可持续场地修复与大数据的结合	215
6.1	世界土壤修复 30 年的经验	216
6.2	中国污染场地现状	218
6.3	未来发展趋势	219
6.3.1	研究背景	219
6.3.2	我国的机遇	221
6.3.3	绿色可持续修复的应用启示	222
6.4	大数据在绿色可持续修复中的应用	225
6.4.1	发展方向	225
6.4.2	大数据的内容	228
6.4.3	技术原理与可行性	230
6.4.4	技术应用领域、前景与潜在价值	232
6.5	参考文献	234
附录	中英文术语对照表	236

第1章

污染场地管理体系

1.1 近代环保运动兴起及其影响

人类发展的历史和对自然环境的改造密不可分。从采集狩猎时代进入农耕文明时代,农地成了人类改造自然的一大杰作。与此同时,为了防范洪水等自然灾害,人类也开始兴修水利工程,对山川河流进行改造。农耕文明的高度发展又不断地刺激着技术进步,经过工业革命,人类逐步进入了工业社会、信息社会 and 智能社会。应当说,人类在漫长历史进程中取得的伟大成就不断地强化了其自身的主体地位。因此,当定义“环境”这一术语的时候,我们就强调环境是围绕着人类的外部世界。

美国作家蕾切尔·卡逊 1962 年出版的《寂静的春天》对人类中心意识的绝对正确性提出了质疑。这位身患癌症的女学者,在《寂静的春天》一书中描述了滥用杀虫剂导致昆虫灭绝,春天寂静得可怕的场景。《寂静的春天》第一章《明天的寓言》中提到:“这是一个没有声息的春天。这儿的清晨曾经荡漾着乌鸦、鸱鸟、鸽子、椋鸟、鸬鹚的合唱以及其他鸟鸣的音浪;而现在一切声音都没有了,只有一片寂静覆盖着田野、树林和沼泽”^[1]。美国农业中使用杀虫剂的历史可以追溯到 19 世纪中叶,20 世纪 40 年代以后迎来了杀虫剂生产、销售和使用的巅峰。1947~1960 年,合成有机杀虫剂使用量增长 5 倍之多,从每年 1.24 多亿磅增至 6.37 多亿磅,这些产品的批发总价值超过了 2.5 亿美元。1950~1967 年,在美国每个农业生产单位所使用的杀虫剂数量增长了 168%。仅在亚利桑那州,1965~1967 年间用在棉花上的杀虫剂数量就增加了 3 倍^[2]。

《寂静的春天》的出版引发了关于杀虫剂的空前大辩论。各色人物粉墨登场,其中反方主要是以化工界为主,他们是杀虫剂生产销售和使用的既得利益者,自然希望杀虫剂能够继续得到广泛的应用,因此他们组织了强大的力量来攻击、诋毁《寂静的春天》,并把卡逊描述成为一个“歇斯底里”的女人。但是,更多的科学家和专业人士支持该书的基本观点。这种持久激烈的争论也是非常生动有趣的科普教育,吸引了公众的高度关注,环境保护的理念开始逐渐根植到普通民众的心中。在公众的推动下,美国科学顾问委员会对杀虫剂问题开展了独立调查,调查结果支持了卡逊的观点,对大规模使用农药持批判态度^[3]。

卡逊在《寂静的春天》出版两年后因病去世。可以说,她用自己的生命唤醒了美国民众的环境意识。1990 年,著名环保人士,曾任美国副总统的阿尔·戈尔在《寂静的春天》再版时所作的前言中用满含尊崇的文字写到:“从某种意义上说,卡逊确实是在为她的生命而写作。”^[4]。

工业技术的进步极大地提升了人类从自然获取资源的能力,从物质上极大地丰富

了人类的生活,这种物质刺激不断地强化了人类追求技术进步的动力,但同时也催生了物质享受主义的泛滥。但是,自然资源不是无穷无尽的。人们开始思考“一旦资源耗尽,人类将走向何处去?”这一重大而现实的问题。同时,人类产生的大量污染物泄漏到环境之中所造成的灾难性后果也逐渐显现。这在宏观经济上首先表现为能源危机,在社会思潮上则表现为人类对环境保护的关注。《寂静的春天》引发各界高度关注也就理所当然了。

相对大气污染和地表水体污染,土壤污染具有非常明显的隐蔽性和累积性特点,而通过食物链的生物放大作用,人类将成为最终的受害者。《寂静的春天》揭示的环境效应使人类对环境保护的范围从传统的地表水、大气等拓展到土壤这一重要的环境介质。环境运动的诉求也从某个项目涉及的环境影响上升到立法层面对整个生态系统,全环境介质的保护,从此环境保护开始纳入法制化轨道,立法和司法成为环境保护的主要工具和手段。在技术层面,围绕土壤环境保护和污染防治的研究逐渐成为一门显学,吸引了众多学者参与。在经济层面,土壤污染防治产业也逐渐超越大气治理和水污染防治,成为当前全球发展最为迅猛的环保产业方向之一。

改革开放以来,随着工业的快速崛起,城市周边开始逐步形成工厂林立的景象。进入21世纪,城市的发展以及退二进三政策的推动,一批工厂搬迁,留下了大量的工业场地,从宋家庄地铁开挖到武汉“毒地”事件,我国开始研究污染场地的管理、技术及法律。虽然我国场地污染修复行业起步晚,但是由于近年的物联网、人工智能、大数据等新技术的发展,绿色可持续修复理念的引导,也使得我国可以弯道超车,在吸收国外管理、政策及技术的基础上,超越及创新我国的自主场地污染管理体系。未来利用物联网大数据进行场地污染的管理,创新开发利用人工智能的技术,将使得我国在场地污染管理方面走到国际领先地位。

1.2 美国的污染场地管理体系

1.2.1 环境影响评价制度

经过多年发展,美国形成了联邦法律法规和州政府的地方法律法规互为补充的较为完备的环境法体系。

19世纪60年代兴起的环境运动推动美国环境政策和立法进入了一个新的阶段。1969年,美国颁布了《国家环境政策法》,标志着美国环境法从“治理为主”转变到“预防为主”,从防治污染转变为保护整个生态环境。该法明确提出国家应当确保每一代人都履行作为子孙后代的环境保管人的责任^[5]。这一立法思想和1987年世界环境与发展

委员会出版的《我们共同的未来》报告中提出的可持续发展理念不谋而合，但是在时间上早了近 20 年。

《国家环境政策法》的一大成果是创立了环境影响评价制度，规定联邦政府资助或批准的重大项目必须开展环境影响评价。根据《国家环境政策法》，一份典型的环境影响评价报告包括：（1）摘要；（2）简介；（3）项目描述；（4）环境分析；（5）替代方案；（6）结论和建议。其中核心的是环境分析和替代方案两部分。在环境分析一节中必须包括所有可能影响到的环境介质，如地质、土壤和底泥、水资源（包括地下水和地表水）、湿地、陆地植被、野生动物、渔业资源、珍稀物种、景观资源、社会经济、文物、空气质量和噪声等，可谓包罗万象。

由于土壤和地下水等受到污染之后难以修复，因此往往成为很多项目环境影响评价的焦点。以著名的美国基石石油管道项目为例，该项目计划将加拿大油砂生产地艾伯塔省出产的原油直接输往美国墨西哥湾沿岸地区。但由于该项目的石油管道将穿过美国中北部的一个重要的地下水含水层补给区而引发巨大争议，奥巴马政府于 2015 年否决了该项目。

《国家环境政策法》另一个重大成果是引入了公众参与机制。该法规定环境影响评价报告必须全文公开，公众可以针对环境影响评价报告提出意见。政府部门在做出最终决定的时候必须参考这些意见并研究相关的回应。

必须指出的是，《国家环境政策法》对于大量的私有经济部门投资的建设项目并没有法定约束能力。美国环境管理体系对于私有经济部门的监管主要体现在合规性层面，即要求私有经济部门的日常运营必须满足相关的法律和法规要求。以污染物排放为例，当前主要的管理手段是排污许可证。但是，对于大型非政府投资来说，必须审慎评估未来完全合规的技术经济可行性，因此很多跨国公司都选择环境影响评价作为其内部的环境管理工具，自发将开展环境影响评价写入其公司的基本环境管理政策之中。而且在此基础上还有进一步的创新发展，逐渐形成了融合环境、健康和社会多位一体的影响评价体系。由于污染场地的修复往往耗资巨大，耗时长久，因此对于土壤环境影响进行仔细评估并采取切实有效的措施加以保护更是很多跨国公司开展环境影响评价时重点考虑的因素。

《国家环境政策法》在组织机构建设上的成果是在 1969 年设立了国家环境质量委员会，主要任务是根据《国家环境政策法》的要求，落实环境影响评价制度；评估政府环境保护的政策和活动，向总统及各个政府部门提出环境政策建议；以及针对特定环境问题进行专题研究，推动环境监测和指标体系的建立和使用等等。

紧随国家环境质量委员会的成立，美国联邦政府于 1970 年正式成立了美国环保署。由于美国环保署具有独立立法和执法权，因此权威性很高。当前美国环保署包括总部和地方区域办公室，其组织架构如图 1-1 所示。每个区域办公室只对美国环保署负责，

不受地方州政府制约。美国环保署的高级管理人员包括署长 1 名, 副署长 1 名, 助理署长 9 名, 法律总顾问 1 名, 总监察长 1 名。

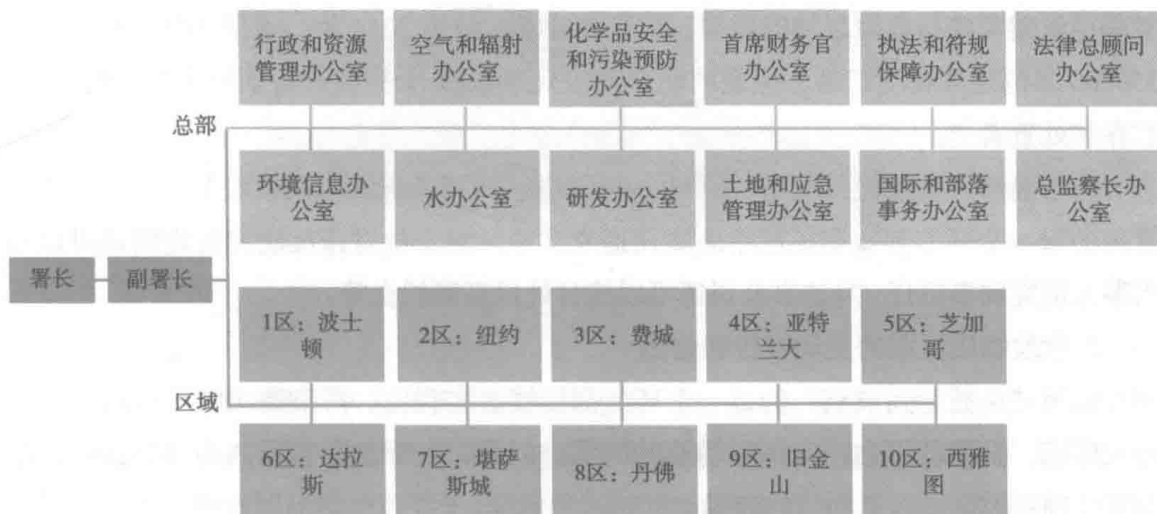


图 1-1 美国环保署组织架构

1.2.2 污染场地增量预防

1. “从摇篮到坟墓”原则

进入 19 世纪 70 年代后,美国相继颁布了一系列法律,涉及范围包括环境质量改善、环境教育、海岸带管理、杀虫剂控制、噪声控制、安全饮用水、濒危物种、资源保护与回收和有毒物质控制法等。其中,《资源保护与回收法》在法律上规定了对危险废物“从摇篮到坟墓”的全过程管理原则。这一原则对于污染场地防治产生了深远的影响。因为要预防污染产地的产生,就必须预防各种危险化学品等泄漏进入环境,就必然要求对危险物质进行全过程闭路管理。

为了实现从源头管控,美国环保署建立了覆盖全国的危险废物物流追踪系统。其中对每一个危险废物的大中型生产者(即有可能对环境产生污染的),运输者以及处理、贮存和处置者必须申请获得一个身份证号码。在危险废物转移过程中必须采用转移联单,全程追踪危险废物的转移过程。除此之外,美国还建立了严格的报告制度;大中型的危险废物生产者必须每半年主动向政府监管部门报告所产生的危险废物种类和数量。

由于在危险废物处理、贮存和处置阶段发生危险物质泄漏进入环境的概率较高,因此美国建立了非常严格的许可证制度,在颁发给危险废物处理、贮存和处置者的许可证中明确了必须达到的技术标准、应急响应措施、地下水监测和财务保障等诸多要求。需要特别指出的是,在许可证中还详细说明了处理、贮存和处置者涉及的危险物质成分、

场地所在地下水的背景浓度水平和适用的地下水保护标准,这些要求将作为地下水监测和合规性考核的重要依据。

对于大多数危险废物的生产者来说,要达到这一要求是比较困难的,因此他们一般都尽量避免参与危险废物的处理、贮存和处置。截至2014年,美国环保署监管超过350000多危险废物生产者,但是同期全美国只有6600个拥有许可证的危险废物处理、贮存和处置者^[6]。

为了确保“从摇篮到坟墓”原则的有效实施,《资源保护与回收法》还对危险废物管理的每一个环节都规定了严格的责任追究体系。对于故意违反法律规定的还可以对当事人追究刑事责任;对涉事公司还可以按日处以高额罚金等。

2. 危险物质泄漏的主动报告和监测

如果“从摇篮到坟墓”的每一个环节都能够落实到位,污染物质就没有机会泄漏进入环境,自然就不会产生污染场地的问题。但是,由于企业管理的不可靠性,总是会有各种原因造成污染物质的泄漏。针对这种情况,《资源保护与回收法》还设计了一种“早发现、早响应”的工作机制。首先,任何人,包括造成危险物质泄漏的操作人员,业主或任何第三方人员,发现危险物质的泄漏都必须向政府监管部门报告。知情不报者必须担责;故意隐瞒不报者甚至需要承担刑事责任。其次,由于场地污染具有相当的隐蔽性,依赖于人的直接观察发现危险物质的泄漏实际上比较困难,因此《资源保护与回收法》对危险废物的处理、贮存和处置场地还要求进行全面的地下水监测。根据目的不同,处理、贮存和处置者的地下水监测分为:

- 探测性监测——主要用于探测是否存在危险物质的泄漏;如果发现地下水中的危险物质成分显著高于地下水背景浓度水平,处理、贮存和处置者需要向政府监管部门申请修改许可证,将地下水监测从探测性监测变更为合规性监测;
- 合规性监测——确定地下水含水层是否已经超过了在许可证中规定的标准。如果监测结果表明地下水中的危险物质浓度已经超过既定标准,处理、贮存和处置者则必须启动整治行动,地下水监测进入整治行动监测阶段;
- 整治行动监测——主要目的是监测整治行动的进展,要求处理、贮存和处置者在给定的时间内实现达标要求。

为了判断场地的整治行动是否达标,《资源保护与回收法》引入了阶段验收达标的概念,并且允许责任方在实施整治行动时分阶段达到最终目标。例如图1-2中所示的污染情况:(1)短期目标以控制污染扩散为主,监管部门会要求责任方确保污染羽流在场地边界处达标,也就是说肇事方必须采取切实措施实现污染羽流的范围不扩大,浓度不上升;(2)中期目标以进一步降低污染为主要目的,监管部门会要求责任方治理已经迁移到场地边界以外的污染羽流部分,在给定的时间内达到约定的标准;(3)长期目标以开展全面修复,全面达标为目的,监管部门会要求责任方对整个污染羽流

达标，无论是场地内还是场地外的地下水浓度均达到标准要求。

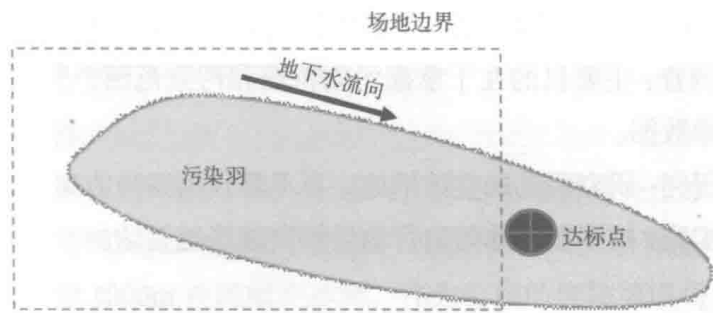


图 1-2 达标点

除了主动报告和地下水监测实现污染场地的识别外，监管部门也可以通过现场检查等方式发现场地污染。自颁布以来，它帮助监管部门或相关责任方识别了大量的污染场地。《资源保护与回收法》整治行动计划在美国联邦政府主导的四大修复计划中占据绝对主导地位（图 1-3），所涉及面积大约占 80%；是超级基金计划、地下储罐计划和棕地计划总和的近四倍。通过对正在运行的企业中产生的污染场地问题做到“早发现，早响应”，美国在相当大程度上遏制了污染场地大幅增加的趋势。

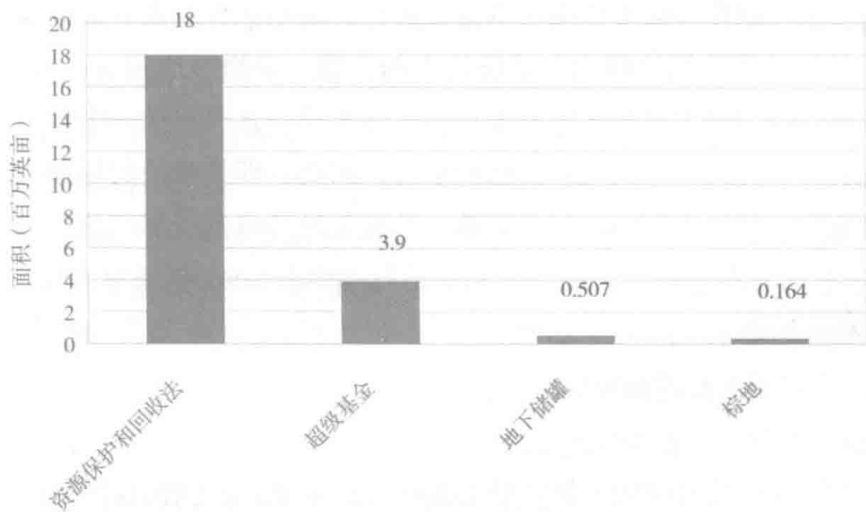


图 1-3 美国各修复行动计划所涉及面积分布^[7]

3. 整治行动

一旦场地发现危险物质泄漏而且超过相关标准，相应的责任方必须启动整治行动。一般而言，《资源保护与回收法》的整治行动包含如图 1-4 所示的六个步骤^[7]：

- 初始场地评价：收集场地条件、污染物泄漏或潜在泄漏情况以及暴露途径等信息以确定修复的必要性和关注区域。