

我国土壤修复行业现状 及亟待解决的问题

王 涛^{1、2}

(1. 机械科学研究总院环保技术与装备研究所, 北京 100044; 2. 机科发展科技股份有限公司, 北京 100044)

摘 要:我国土壤污染形势严峻, 在《土壤环境保护法》出台前的过渡期, 政策、法规、标准都存在不确定性, 尽管土壤修复技术门类众多, 但适合中国国情且经济有效的技术路线尚未形成; 指出现阶段我国土壤修复行业需要解决的五个问题, 并提出了建议。

关键词:土壤修复; 土壤污染; 政策法规

中图分类号: X53 文献标志码: A 文章编号: 1006-5377 (2014) 01-0000-04

1 我国土壤污染状况

我国污染土壤的产生可以追溯到50多年前“大跃进”时期(甚至更早)一些高污染工业企业的建设。经过数十年的与环境保护极不匹配的经济的发展, 有些场地污染物浓度非常高, 污染深度甚至达到地下十几米, 有些有机污染物还以非水相液体(Non-Aqueous Phase Liquid, NAPL)的形式在地下土层中大量聚集, 成为新的污染源, 有些污染物甚至迁移至地下水并扩散导致更大范围的污染。

2011年10月25日, 环保部周生贤部长在十一届全国人大常委会第二十三次会议正式报告中指出: 中国土壤环境质量总体不容乐观, 中国受污染的耕地约有1.5亿亩, 占18亿亩耕地的8.3%。

另据有关数据: 目前中国大陆受重金属污染的耕地面积近2000万公顷, 约占耕地总面积的1/5; 受矿区污染土地面积达200万公顷, 石油污染土地面积约500万公顷, 固体废弃物堆放污染土地面积约5万公顷。土壤污染使全国农业粮食减产超过1300万吨, 因农药和有机物

污染、放射性污染、病原菌污染等其他类型的污染所导致的经济损失难以估计。

2013年5月13日, 中国环博会-国际场地修复论坛上, 全国土壤污染调查项目总体设计与集成组副组长骆永明研究员定性给出了我国土壤污染状况: “全国较大面积的耕地受重金属、农药等污染, 威胁国家‘米袋子’和‘菜篮子’质量安全; 城镇及工业区涌现数以万计的重(复合)污染、高风险的场地土壤及含水层, 危害人居环境安全与健康; 大量矿区、油田及周边土壤和地下水污染加剧, 危及饮用水源和生态环境安全; 流域性/区域性土壤污染态势凸显, 影响区域生态建设和国家环境外交。”

我国土壤污染状况形势严峻。2013年1月24日, 国务院办公厅发布了《近期土壤环境保护和综合治理工作安排》, 已将解决土壤污染问题提上了议事日程。

2 我国土壤修复行业的政策法规现状

面对严峻形势, 早在2004年国家环保总局就下发了《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);2006年环保部组织进行全国土壤污染状况调查,并于同年组织有关专家启动了土壤环境保护立法研究;2008年环保部下发了《关于加强土壤污染防治工作的意见》(环发〔2008〕48号)(环发〔2008〕48号);《土壤环境保护法》也已经在酝酿起草阶段;在法律正式出台之前,国务院相关部门近期先行出台了两部规章(见下表),为土壤污染防治法律法规体系提供了部分中间构架和过渡期依据,也为下一步土壤污染防治工作提供了制度保障。

国家近期发布的相关规章情况表

项目	关于印发《近期土壤环境保护和综合治理工作安排》的通知 (国办发〔2013〕7号)	关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知 (环发〔2012〕140号)
发布时间	2013年1月23日	2012年12月27日
发布机构	国务院办公厅	环境保护部、工业和信息化部、国土资源部、住房和城乡建设部
适用范围	耕地、饮用水水源地、工矿企业用地、废弃物堆场、集中污染治理设施周边用地等	工业企业场地
核心内容	近期工作目标 六项主要任务 六项保障措施	九项任务要求

在环境质量标准层面上:国家已出台《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)、《地下水质量标准》(GB/T14848-93);但在土壤污染治理和修复过程中,以此作为依据尚缺乏技术和经济可行性。围绕恢复使用功能的原则,一些行业标准陆续出台,例如《工业企业土壤环境质量风险评价基准》(HJ/T25-1999)、《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定》(HJ53-2000)、《温室蔬菜产地环境质量评价标准》(HJ333-2006)、《食用农产品产地环境质量评价标准》(HJ332-2006)、《展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行)》(HJ350-2007)等。

技术标准层面上主要以环保、地质部门行业标准为主,例如《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)、《地下水动态监测规程》(DZ/T0133-1994)、《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)、《地下水污染地址调查评价规范》(DD2008-01)、《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2011)等;此外,一些地方根据本地区实际情况出台了更有针对性的地方标准,如《北京市场地环境评价导则》(DB11/T656-2009)。

面对土壤污染治理领域最为紧迫的污染场地修复问

题,为了系统规范技术选择,围绕调查、评估、修复、监测等基本步骤,环保部组织制定了《场地环境调查技术规范(征求意见稿)》、《污染场地风险评估技术导则(征求意见稿)》、《污染场地土壤修复技术导则(征求意见稿)》、《污染场地环境监测技术导则(征求意见稿)》。

总体上,在《土壤环境保护法》出台前,土壤修复行业处于必然的过渡阶段,政策、标准的制定缺乏依据,任何工作都面临一定政策风险。但无论如何,在技术层面不断探索和追求,寻找适合中国国情的技术路线仍然是紧迫和有意义的。

3 主要土壤修复技术及应用

国际上到目前为止,土壤修复技术已经历四个阶段的发展:20世纪70年代:化学控制、客土改良;20世纪80年代:稳定与固定、微生物修复;20世纪90年代:植物修复;21世纪初:生物/物化/联合修复,并逐渐将污染治理的重点集中到污染场地修复。场地污染修复就技术门类又可分为三类:

(1) 污染场地(土壤)物理修复技术

物理修复是指通过各种物理过程将污染物(特别是有机污染物)从土壤中去或分离的技术。热处理技术是应用于工业企业场地土壤有机污染的主要物理修复技术,包括热吸附、蒸汽浸提、微波加热等热物理修复技术,还包括多相抽提等技术,已经应用于苯系物、多环芳烃、多氯联苯、二噁英等污染土壤的修复。

(2) 污染场地(土壤)化学修复技术

相对于物理修复,污染土壤的化学修复技术发展较早,主要有土壤固化-稳定化技术、淋洗技术、氧化-还原技术、光催化降解技术、电动力学修复技术等。

(3) 污染场地(土壤)生物修复技术

土壤生物修复技术包括植物修复、微生物修复、生物联合修复等技术,进入21世纪后得到了迅速发展,成为“绿色环境修复”技术之一。

植物吸收修复技术在国内外都得到了广泛研究,已经应用于砷、镉、铜、锌、镍、铅等重金属以及与多环芳烃复合污染土壤的修复,并发展出包括络合诱导强化修复、不同植物套作联合修复、修复后植物处理处置的成套集成技术。

近年来,我国在重金属污染农田土壤的植物吸收修复技术应用方面在一定程度上开始引领国际前沿研究方向。同时开展了植物修复多环芳烃、多氯联苯和石油烃

的研究工作，但是含有机污染物土壤的植物修复技术的田间研究还较少，对炸药、放射性核素污染土壤的植物修复研究则更少。

植物稳定修复技术被认为是一种更易接受，可大范围应用，并利于矿区边际土壤生态恢复的植物技术，也被视为一种植物固碳技术和生物质能源生产技术。

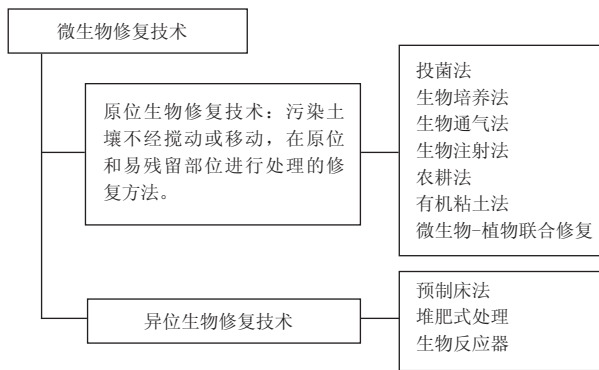
微生物能以有机污染物为唯一碳源和能源，或者与其它有机物质进行共代谢而降解有机物。利用微生物降解作用发展的微生物修复技术是农田土壤污染修复常见的一种修复技术。

在我国，微生物修复技术已在农药、石油等农田污染土壤中得到应用：

- 1) 建立了农药高效降解菌筛选技术、微生物修复剂制备技术和农药残留微生物降解田间应用技术；
- 2) 筛选了大量的石油烃降解菌，复配了多种微生物复制菌剂，研制了生物修复预制床和生物泥浆反应器，提出了生物修复模式；
- 3) 开展了持久性有机物如多氯联苯、多环芳烃污染土壤的微生物修复技术工作；
- 4) 建立了菌根真菌强化紫花苜蓿根际修复多环芳烃的技术和污染农田土壤的固氮植物-根瘤菌-菌根真菌联合生物修复技术。

微生物修复研究工作主要体现在筛选和驯化特异性高效降解微生物菌株，提高功能性微生物在土壤中的活性、寿命和安全性，修复过程参数的优化和养分、温度、湿度等关键因子的调控方面。正在发展微生物修复与其它现场修复工程嫁接和移植技术，以及针对性强、高效快捷、成本低廉的微生物修复设备，以实现微生物修复技术的工程化应用。

微生物修复技术分类见下图。



微生物修复技术分类图

由于相关法规政策尚待完善，目前适合我国国情的土壤修复技术发展不十分明朗，但业内有学者提出六个宏观发展趋势：1)绿色与环境友好的生物修复；2)联合杂交的综合修复；3)原位修复；4)基于环境功能材料的修复；5)基于设备化的快速场地修复；6)土壤修复决策支持系统及修复后评估技术。

4 我国土壤修复行业亟待解决的问题

(1) 土壤污染情况家底不清

环保部门、地质调查部门已掌握的土壤（地下水）污染调查数据由于种种原因目前无法全面公开，整个行业均处于摸索阶段，无法形成合理有效的阶段性目标，也无法形成适合现阶段实际情况的技术路线，甚至技术发展方向不甚明朗。

(2) 土壤污染修复技术政策、标准缺乏基础依据和针对性

《土壤环境保护法》出台尚待时日，现行技术政策、标准缺乏基础依据；尽管相关部门出台了一些文件和标准，但距离目前土壤污染的严峻形势和复杂程度，提供符合各地实际情况、有针对性、具有可操作性的技术政策、标准尚存差距。

(4) 土壤修复技术研究基础工作薄弱

目前土壤修复技术门类众多，业内企业数量也在迅速增加，但真正经济有效可持续性的技术路线极少，总体研究基础薄弱。

(4) 设备化、工程化、产业化研究滞后

我国开展污染土壤及场地修复技术研发比欧美发达国家晚20年，在修复技术、装备及规模化应用上还存在较大差距，制约了技术的规模化应用和产业化发展。技术支撑方面：快捷、原位的修复技术严重不足，修复技术体系尚未建立。技术装备方面：支持快速修复的自主研发设备刚刚开始。技术产业方面：缺乏规模化应用及产业化运作的技术支撑。

(5) 重金属污染土壤稳定化、固化技术作为目前主导技术隐患极大

由于商业利益驱使，使得短期达标成为众多已经实施的重金属污染土壤修复项目的唯一目标。在实施标准尚不成熟的前提下，大量化学药剂进入土壤中，重金属成分却并未被分离去除；随着时间推移和环境条件的变化，化学药剂带入和重金属状态改变带来的二次污染隐患极大。

5 结语

我国土壤污染问题已迫在眉睫，建议先从以下几方面工作入手，探索适合中国国情的土壤修复之路：

(1) 加强源头治理，阻断污染物进入土壤的源头和渠道，防止土壤污染形势进一步恶化，做好这一步是根本；

(2) 优先修复受污染的水体与底泥，减少污染物质的累积与迁移，恢复地表水体自净功能，优化外围环境将有利于土壤、地下水质量的改善，做好这一步可以取得事半功倍的效果；

(3) 强化土地管理和规划部门的职责，建立污染土

壤封存休养制度，防止污染土壤带病流转使用；

(4) 鼓励倡导土壤和地下水联合修复，尤其应重视地下水污染问题，将土壤污染控制在一个可控范围内；

(5) 标本兼治，POPs污染土壤应以有效降解为最终目标，重金属污染土壤应以移除为最终目标；

(6) 提高原位生物修复的比例，尤其是积极开展堆肥产物与大体量经济作物在土壤联合修复过程中的协同作用机理与效果研究。

参考文献：

- [1] 骆永明. 污染土壤修复技术研究现状与趋势[J]. 化学进展, 2009, 21(3): 558-565.
[2] 王涛. 城市污泥堆肥施用及重金属问题探讨[J]. 上海环境科学, 2009, 28(1): 37-40.

The Situation of Soil Remediation Industry in China & the Problem Need to Solved

WANG Tao^{1,2}

- (1. China Academy of Machinery Science & Technology Environmental and Ecosystem Department, Beijing 100044;
2. Machinery Technology Development Co., Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract: The situation of soil pollution was serious in China. In the transition period before the introduction of "the soil environment protection law", all uncertainty policy, regulations, standard. Although the categories of soil remediation technology is numerous, but suitable for China's national conditions and the technical route of economic and effective has not yet formed. The five stage of China's soil remediation industry needs to address, and puts forward five suggestions.

Keywords: soil remediation; soil pollution; policies and regulations; standards; techniques; problems; proposal