



汶川特大地震 对土壤环境的影响

滕彦国 王金生 李 剑 豆俊峰 王红旗 等 著

 科学出版社

X53

15

KD00893792

汶川特大地震对土壤环境的影响

滕彦国 王金生 李 剑 豆俊峰 王红旗 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

2008年5月12日14时28分,四川省汶川县域发生里氏8.0级特大地震灾害,影响范围波及大半个中国。本书就震区农田土壤中的典型污染情况,重点调查分析了汶川特大地震灾区主要危险化学品环境安全状况,化学品泄漏事故的数量与分布、土壤污染范围和程度,重污染区的处理处置技术;调查了重灾区消杀药剂使用类型、数量和方式,高用量区的分布范围;探索了消杀剂的测试方法,查清了持久性、有慢性毒性效应的消杀药剂对土壤污染状况,提出了土壤污染应急处理处置技术方案,评价了污染土壤对人体健康的风险;完成地震对农田土壤污染的综合评估和地震对农田土壤污染应对措施及方案。

本书可作为环境应急技术人员的参考书,也可供从事环境科学研究和环境工程的人员以及高等院校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

汶川特大地震对土壤环境的影响/滕彦国等著. —北京:科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-033724-5

I. ①汶… II. ①滕… III. ①地震-影响-土壤环境-研究-四川省
IV. ①X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 037662 号

责任编辑:朱 丽 李 静 / 责任校对:李 影

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012年3月第一次印刷 印张:11 1/2

字数:217 000

定价:50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

2008年5月12日14时28分,四川省汶川县发生了里氏8.0级的特大地震。地震发生后,北京师范大学、中国环境科学研究院、成都理工大学等单位组成了汶川特大地震对土壤环境的影响评估及应对措施研究课题组,开展了灾区土壤污染的调查和评估工作。本书系统总结了汶川地震灾后土壤环境安全评估项目研究的成果,分析了汶川地震灾害对土壤环境影响的特征,提出了对策建议和具体应对及防范措施,为最大限度地降低灾后次生环境污染的风险,保障人民群众的生命健康和财产安全,促进社会稳定奠定了基础。

本书首先介绍了地震灾区自然地理特征、土壤环境概况、地震对土地资源的破坏及对土壤环境的影响,调查和评估了地震灾区危险化学品泄漏对土壤环境的影响、地震灾区消杀剂的使用对土壤环境的影响及地震灾区病原微生物对土壤环境的影响,开展了地震灾区土壤环境质量的综合评估,并在此基础上,提出了地震对土壤环境影响的应对措施。

本书共分8章,编写分工如下:

第1章:滕彦国,王金生,戴宁,李剑;第2章:滕彦国,李剑,郁环;第3章:王金生,倪师军,何政伟,施泽明,岳卫峰;第4章:豆俊峰,李剑,岳卫峰;第5章:李剑,王金生,倪师军,郑林;第6章:豆俊峰,王红旗,戴宁;第7章:王红旗,熊樱,李剑,宋柳霆;第8章:王金生,滕彦国,李剑,苏洁。

本书由滕彦国、王金生统稿。在项目研究过程中,环境保护部科技与标准司、环境保护部环境应急中心、清华大学、中国环境科学研究院、环境规划研究院、四川省环境科学研究院、成都市环境科学研究院,以及四川省环境监测站的有关领导和同仁给予了大力帮助和支持。本书撰写过程中,北京师范大学水科学研究院、成都理工大学核技术与自动化工程学院、成都理工大学地球科学学院的许多老师提供了大力协助,在此一并致谢!

本书的不妥和不足之处,恳请广大读者批评指正!

作 者

2011年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 地震对土壤环境影响研究概述	1
1.1.1 化学品泄漏对土壤环境的影响	1
1.1.2 病原微生物对土壤环境的影响	1
1.1.3 救灾活动对土壤环境的影响概述	2
1.2 震后土壤环境调查和评估的原则和方法	4
1.2.1 土壤污染的调查原则和方法	4
1.2.2 土壤质量评价的原则和方法	6
1.3 地震灾区土壤污染防治措施概述	8
1.3.1 地震灾区土壤污染防治的基本原则	8
1.3.2 地震灾区土壤污染治理和修复	8
第 2 章 地震灾区自然地理特征	11
2.1 汶川特大地震及灾区简介	11
2.1.1 汶川特征地震简介	11
2.1.2 汶川地震极重灾区简介	11
2.2 自然地理特征	11
2.2.1 气象	11
2.2.2 水文	12
2.2.3 地形地貌	13
2.2.4 矿产资源分布	14
2.3 地震灾区土壤环境特征	15
2.3.1 土壤性质、类型与分布	15
2.3.2 水土流失及土地退化	19
2.3.3 土壤污染	19
第 3 章 震毁土地及矿山对土壤环境的影响	23
3.1 地震对土地的影响	23
3.1.1 灾毁土地及农田	23
3.1.2 灾毁农田的土壤类型	28
3.2 地震对土地景观格局的影响	32

3.2.1	基于斑块级别的景观格局分析	32
3.2.2	基于景观级别的景观格局分析	36
3.2.3	土地景观格局改变对土壤环境的影响	37
3.3	矿山损毁对土壤环境的影响	38
3.3.1	矿山损毁情况	38
3.3.2	矿山损毁对土壤环境的影响	40
第4章	地震灾区危险化学品泄漏对土壤环境的影响	42
4.1	灾区危险化学品企业分布及风险源	42
4.1.1	危险化学品概述	42
4.1.2	灾区危险化学品企业分布	43
4.1.3	灾区主要风险源调查分析	45
4.2	灾区危险化学品泄漏对土壤环境影响的调查	63
4.2.1	调查与采样方法	63
4.2.2	危险化学品泄漏对土壤环境影响	64
4.3	灾区危险化学品泄漏数量及安全状况	69
4.3.1	调查范围与分析方法	69
4.3.2	灾区危险化学品泄漏数量及安全状况	70
4.3.3	典型危险化学品泄漏事件应急处置案例	71
4.4	灾区危险化学品泄漏对土壤环境的危害风险分析	72
第5章	地震灾区消杀剂对土壤环境的影响	74
5.1	重灾区主要消杀剂使用情况	74
5.1.1	消杀剂概述	74
5.1.2	消杀剂的选择、使用与防范原则	77
5.1.3	消杀范围	78
5.1.4	消杀剂使用类型	78
5.1.5	消杀剂使用方式	81
5.2	拟除虫菊酯类农药的土壤污染分析	81
5.2.1	拟除虫菊酯类农药的检测方法	82
5.2.2	土壤中拟除虫菊酯类农药的残留	86
5.3	有机氯农药的土壤污染分析	93
5.3.1	有机氯农药的检测方法	93
5.3.2	土壤中有机氯农药的残留	97
5.4	灾后土壤消杀剂污染对植物的影响	106
5.4.1	植物叶片上拟除虫菊酯类农药的残留	106
5.4.2	植物叶片上有机氯农药的残留	108

5.4.3 震后蔬菜、水果农药残留的管理建议	109
5.5 小结	110
第6章 地震灾区病原微生物对土壤环境的影响	112
6.1 震区土壤病原微生物来源	112
6.2 震区土壤病原微生物调查	113
6.3 震后土壤沙门氏菌的污染状况	114
6.3.1 沙门氏菌的毒理学特征及其检测方法	114
6.3.2 土壤沙门氏菌的污染分析	115
6.4 农田土壤中葡萄球菌调查	117
6.4.1 葡萄球菌的毒理学特征及其检测方法	117
6.4.2 土壤葡萄球菌的污染分析	119
6.5 震后土壤粪大肠菌群的污染状况	121
6.5.1 粪大肠菌群的毒理学特征及其检测方法	121
6.5.2 土壤粪大肠菌群的污染分析	122
6.6 震后病原微生物对土壤环境影响分析	124
6.7 小结	125
第7章 地震灾区土壤环境质量综合评估	126
7.1 土壤环境质量调查评价方法	126
7.1.1 内梅罗指数法	126
7.1.2 集对分析法	127
7.1.3 主成分分析法	127
7.2 震区典型污染物的分布特征	128
7.2.1 震后土壤中典型污染物的识别	128
7.2.2 震后土壤重金属的分布特征	129
7.2.3 震后消杀剂的分布特征	138
7.3 震后土壤环境质量综合评估	139
7.3.1 震后土壤单因子污染指数评估	139
7.3.2 震后土壤环境质量综合评估	142
7.3.3 地震与土壤重污染区的关系	153
第8章 地震对土壤环境影响的应对策略	156
8.1 地震灾区化学品泄漏的应急对策	156
8.1.1 甲醛	157
8.1.2 甲醇	157
8.1.3 氨	158
8.1.4 苯	159

8.1.5	红磷	159
8.1.6	吡啶	160
8.2	震后土壤中消杀剂残留应急处理	160
8.2.1	进行永久性密封处理	160
8.2.2	暂时保存法	160
8.2.3	焚烧法	161
8.2.4	物理、化学和生物学方法	161
8.3	土壤消杀剂残留去除技术	161
8.3.1	微生物修复技术	161
8.3.2	土壤植物修复技术	162
8.3.3	植物-微生物联合修复技术	162
8.4	病源微生物对土壤危害的应对措施	162
8.4.1	控制和消除土壤污染源	162
8.4.2	微生物防治	162
8.4.3	植物防治	163
8.5	地震土壤环境保护应急对策	163
8.5.1	加强震后城镇土壤(场地)污染调查与环境监管	163
8.5.2	重视农田土壤污染追踪调查与农产品质量监管	164
8.5.3	调查和防止矿山损毁对农产品质量的影响	164
8.6	建立和完善灾后土壤质量安全评估体系	165
参考文献		167

第1章 绪 论

地震作为一种严重的自然灾害,破坏性强,对生态环境影响大。地震过程中大量地壳内部物质释放到地表,同时,地震引起工厂和相关构筑物的倒塌,可能导致化学品的泄漏;在抗震救灾过程中使用过的消杀剂、医疗用具、板房,以及在焚烧过程中产生的烟气等都可能引起土壤性质及环境质量的变化。

1.1 地震对土壤环境影响研究概述

土壤作为重要的环境介质在地震灾害发生过程中会受到一定程度的影响。地震引起的次生灾害对土壤环境的影响主要包括水土流失、土壤污染、土壤生态结构的改变等。近年来,地震及其次生灾害造成的土壤污染日益受到重视。

1.1.1 化学品泄漏对土壤环境的影响

地震会造成危险化学品生产、使用、储存、经营等活动场所或相关设施以及危险废物储存、处置设施严重损坏,导致危险化学品或危险废物的泄漏,造成土壤污染。地震过程中泄露的化学品主要有放射物质、有毒化学品及废物、消毒化学品等。1995年日本阪神地震发生后,当地一些加油站的汽油、洗衣店用作干洗剂的四氯乙烯和一些工厂的化学制剂,在地震中由于储存设施破损而泄漏,渗入地下,导致土壤受到严重污染。

1.1.2 病原微生物对土壤环境的影响

自然界中,土壤是微生物生活最适宜的环境。土壤具有微生物进行生长繁殖和生命活动所需的各种条件。土壤中有多种类群的微生物,是微生物在自然界中最大的储藏所。土壤中的病原微生物随动植物残体、人畜分泌物和排泄物、污水、垃圾等进入土壤,能够以土壤为媒介引起人和动物发生传染病。“5.12”地震后,灾区的生活设施,如生活垃圾填埋场、污水处理厂等遭到大量破坏,一些死亡的动物尸体,以及粪便、医疗和生活垃圾等不能及时的妥善处理,加之夏季来临,气温升高,导致灾区防病、防疫的形式非常严峻,病原微生物存在进入土壤大量繁殖和传染的可能。

同时,地震后易造成人员外伤,是破伤风、气性坏疽、钩端螺旋体病等病原微生物传播的高发期。引起这些疾病的细菌多为厌氧菌,革兰氏染色阳性,可形成芽孢,广泛而长期的存在于土壤环境中,对土壤生态环境、农作物生长,以及家畜和人的健康存在一定的风险。

1.1.3 救灾活动对土壤环境的影响概述

地震发生后,尤其在应急救援和善后及过渡安置过程中,人们的行为要以挽救人的生命为首要出发点,如在遇难者尸体处理点、过渡安置点喷洒消杀剂,以预防和控制传染病的大面积发生等,会在短期内对人和环境的安全起到积极作用,但是大量的消杀剂进入环境,尤其是进入土壤环境后,可能在土壤介质中发生迁移、转化、残留,对人和环境将可能产生长期的影响。

1. 消杀剂对土壤环境的影响

“5.12”汶川地震后,为防止地震灾后传染病的暴发与流行,加强对环境、水源和生态保护,确保灾后无大疫,保障灾区人民身体健康,国家在地震灾区使用了大量的消杀剂,开展大范围的消毒杀虫工作。消杀剂的使用,有效地控制了蚊虫的滋生和传染病的发生,对保护灾区群众生活环境,维持灾区社会稳定起到了重大的促进作用。但是大量的消杀剂进入环境后能够在环境介质中发生迁移、转化、残留,可能对灾区群众的居住环境和农业生态环境带来意想不到的长期危害后果,导致灾区土壤、地表水和地下水的不同程度污染,对环境和健康安全造成巨大威胁。为灾区重建带来新的困难和障碍(徐应明等,2008)。例如,敌敌畏、马拉硫磷、溴氰菊酯等杀虫剂作为消杀剂,可能通过降雨径流进入下游水源,目前灾区水厂的常规工艺不具备应对这些杀虫剂的能力,所以水源水中一旦检出敌敌畏等杀虫剂,将存在较大的风险(李运彩等,2009)。更重要的是,地震灾区消杀剂的使用,大部分都直接或间接进入土壤,造成土壤污染。特别是一些消杀剂化合物具有结构稳定、毒性强、难以生物降解、易于在土壤中残留的特点,这样的消杀剂化合物进入土壤后将造成严重的土壤污染,不仅影响土壤内部生物种群和群落的变化,而且影响土壤作物的正常生长,造成其产量和质量下降,从而产生不良的生态效应。此外,消杀剂进入土壤后,会随着雨水或灌溉用水从表层向下渗透,并有可能渗入地下水中从而形成对地下水的污染。因此进行地震灾后农田土壤消杀剂类化合物的污染调查是进行土壤安全性评估工作的重要内容。

2. 安置点对土壤环境的影响

过渡性安置,是妥善安排受灾群众生活、稳定人心、维护社会秩序的重要环节,是灾后恢复重建的基础性工作。《汶川地震灾后恢复重建条例》是2008年6月4日国务院第11次常务会议通过的。其中针对地震灾区过渡性安置的问题提出:“对地震灾区的受灾群众进行过渡性安置,应当根据地震灾区的实际情况,采取就地安置与异地安置,集中安置与分散安置,政府安置与投亲靠友,以及自行安置相结合的方式。政府对投亲靠友和采取其他方式自行安置的受灾群众给予适当补助。具体办法由省级人民政府制定。”“过渡性安置地点应当选在交通条件便利、方便受灾群众恢复生产和生活的区域,并避开地震活动断层和可能发生洪灾、山体滑坡和崩塌、泥石流、地面塌陷、雷击等灾害的区域以及生产、储存易燃易爆危险品的工厂、仓库。实施过渡性安置应当占用废弃地、空旷地,尽量不占用或者少占用农田,并避免对自然保护区、饮用水水源保护区以及生态脆弱区域造成破坏。”“地震灾区的各级人民政府根据实际条件,因地制宜,为灾区群众安排临时住所。临时住所可以采用帐篷和篷布房,有条件的也可以采用简易住房和活动板房。安排临时住所确实存在困难的,可以将学校操场和经安全鉴定的体育场馆等作为临时避难场所。国家鼓励地震灾区农村居民自行筹建符合安全要求的临时住所,并予以补助。具体办法由省级人民政府制定。”

截至2008年8月3日,地震灾区过渡安置房(活动板房)已安装603 600套,正安装5600套,待安装38 400套,生产地已发运6100套,待发运14 900套。四川省人民政府2008年8月12日宣布,四川灾区已全面完成了对地震受灾群众的过渡安置工作。至此,1000余万名因汶川大地震而失去房屋或房屋损坏的四川灾区群众全部住进了过渡安置房。四川省政府在当日召开的新闻发布会上说,截至8月6日,四川基本完成了全省城乡因地震造成住房损毁的445.4万户家庭共1000余万人的住房过渡安置,其中农村家庭347.6万户,城镇家庭97.8万户(张晓健等,2008)。

安置点对土壤环境的影响,是震后救灾、善后以及重建过程中,人们的行为对土壤环境影响的综合体现。地震灾害造成大量的建筑废墟,在救援和安置区产生的各种生活垃圾、粪便、医疗废物等,一系列目前已经恢复生产和正在恢复生产工业废物等,以及一些动物尸体,在灾后应急和过渡阶段都放置在安置点周边,这些固体废物可能对安置点及周边土壤环境造成一定的影响。

因此,地震过程及震后的救灾活动都会对灾区,尤其是极重灾区和重灾区的土壤环境形成一定的影响。因此,为了指导地震灾区土壤污染防治工作,保障农产品质量和人民群众身体健康,环境保护部制定了《地震灾区土壤污染防治指南

(试行)》,于2008年6月30日发布施行。其中提到地震灾区应重点关注的土壤污染问题,包括以下四方面。

(1) 环保设施受损造成土壤污染:地震导致污水处理厂、生活垃圾填埋或堆放场、危险废物填埋或堆放场、医疗废物处理处置设施等严重损坏而发生泄漏,造成场地土壤污染。灾区需关注的危险废物种类参见《灾后废墟清理及废物管理指南(试行)》。

(2) 加油站和油库等油品泄漏造成的土壤污染:地震导致加油站地下储罐或油库设施变形、破裂或倾斜,或者地面加油设施倾倒或损毁,储罐内油品泄漏造成土壤污染。

(3) 尾矿库垮坝造成土壤污染:有的尾矿库因地震造成垮坝,尾矿渣经雨水冲刷后,有毒有害物质可随地表径流扩散或随淋溶液进入周边土壤环境,造成土壤或农田污染。

(4) 其他类型的土壤污染:油库、加油站的储油罐破损和泄漏,教学、科研机构实验室损毁,化学药品、农药、油漆、涂料等经营场所损毁等也会造成局部土壤污染。

1.2 震后土壤环境调查和评估的原则和方法

1.2.1 土壤污染的调查原则和方法

地震灾区土壤污染调查的原则就是《全国土壤污染状况调查技术规定》和《地震灾区土壤污染防治指南(试行)》中制定的原则。

1. 全国土壤污染状况调查方法简介

《全国土壤污染状况调查技术规定》中规定的土壤污染调查样品采集点位布置的6点原则:①全面性原则:土壤污染调查点位要全面覆盖不同类型的土壤及不同利用方式的土壤,重点区域要全面覆盖调查区域内各种污染类型的场地,能代表调查区域内土壤环境质量状况;②可行性原则:土壤样品采集点位布置应兼顾采样现场的实际情况,充分考虑交通、安全等方面可实施采样的环境保障;③经济性原则:土壤样品采集点位布置应保证样品代表性最大化,最大限度节约采样成本、人力资源和实验室资源;④连续性原则:土壤样品采集点位布置在满足本次调查的基础上,应兼顾“七五”全国土壤环境背景值调查布置的背景点位情况,并考虑国家开展土壤环境质量例行监测的需要;⑤分级控制原则:土壤调查点位网格布设尺度按国家、省、市不同层次需求分级设定,确定的调查点位实行分级控制、分级管理;⑥相

对一致性原则:土壤样品采集点位布设应遵循在同一采样区域(网格)内的土壤差异性应尽可能小,在性质上具有相对一致性,而不同采样区域(网格)内土壤差异性尽可能大。

调查点位的布设针对普查区域和重点区应区别对待。普查区域采用网格法均匀布点,利用1:25万(或其他比例尺)电子地图进行网格布点,各级环保部门进行现场勘查、定点,最终形成普查区域内土壤调查监测点位。根据实际情况通过调查确定需要进行加密监测的重点区域,在重点区域外附近相同土壤类型地设置1个背景点,作为该重点区域土壤调查对照点。重点区域调查点位布设,由基层调查单位按指定方法进行布点,并测定点位的经纬度坐标,以便于进行电子地图定点,按全国统一编码要求进行点位统一编码,以确定重点区域内土壤调查监测点位(姜勇,2009)。重点区域所布设的监测点位应满足土壤污染风险评估的需要。各类重点区域布点方法根据源点分布和区域调查需要各有差异,一般采用放射状、带状或区域网格布点等方法,如重污染行业企业及周边地区以污染源为中心的四个方向放射状或带状布点;工业企业遗留或遗弃场地或工业(园)区可按调查区大小进行网格布点等(秦已麒等,2008)。

在制订调查方案时,应将下列有可能受到污染的场地作为土壤污染调查的重点,以了解人类活动对土壤造成的污染:重污染企业及周边地区土壤;工业企业遗留或遗弃场地土壤;固体废物集中填埋、堆放、焚烧处理处置等场地及其周边地区土壤;工业(园)区及周边土壤;油田、采矿区及周边地区土壤;污灌区土壤;主要蔬菜基地和规模化畜禽养殖场周边土壤;大型交通干线两侧土壤;社会关注的环境热点区域土壤;其他可能造成土壤污染的场地。

2. 地震灾区土壤污染调查方法简介

1) 土壤污染信息收集

在排查环境风险源的基础上,全面收集可能造成土壤污染的重要污染源、突发环境污染事件等信息。通过实地踏勘和现场排查,获取以下信息:①污染源的类型,如危险化学品生产管线等设施、地上和地下储罐储存点等损毁;②土壤污染物种类和性质,如可能导致土壤污染的有毒有害物质名称、理化性质和毒理学性质等;③土壤可能受污染的地理位置、面积、场地地形与水文地质等信息:根据排查结果,初步判断土壤污染的范围和程度,建立土壤污染档案。

2) 现场调查与采样

通过现场采样和调查,诊断地震造成的环境风险源是否会导致土壤和地下水

污染,了解污染物种类、污染范围和程度等。

通过现场考察,确定地震造成的场地土壤污染源的位置,获取土壤颜色变化、异味等反映土壤污染迹象的相关信息,排查污染场地周边的环境状况或敏感目标,如饮用水源地、人群集中居住区、基本农田或重要农产品产区等。根据现场考察情况和污染特征,针对化工等危险化学品泄漏和可能受到污染的区域进行布点,并采集土壤样品。必要时,应根据可能产生的危害,同步采集地下水、地表水和农产品样品。对于质地疏松或地下水埋深较浅的地区,进入表层土壤中的污染物容易因淋溶作用对地下水造成污染,如土壤被液态有机污染物、含重金属的酸性尾矿废渣淋溶液污染,应在地下水流的下游方向采集地下水样品。

监测项目应以与环境风险源有关的特征污染物和需要关注的目标污染物为主。例如,因化工企业化学品泄漏造成的土壤污染,应重点关注主要化工产品、生产原料和废物等有毒有害物质;因尾矿渣淋溶液造成的土壤污染,应重点关注土壤酸度、有害重金属等项目;垃圾填埋场、危险废物处置场所等泄漏造成的土壤污染,应重点关注重金属、多环芳烃、二噁英等项目;因大量喷施消杀剂造成的土壤污染,应重点关注菊酯类、有机磷类、氨基甲酸酯类和有机氯类化学物质等项目。

1.2.2 土壤质量评价的原则和方法

地震灾区土壤污染评价分为污染状况评价和风险评价,土壤污染状况评价以土壤环境质量评价为主,土壤污染风险评价以健康风险评价为主。

1. 土壤污染状况评价

在全面掌握土壤及其环境特征、主要污染源和污染物、土壤背景值等基础资料之后,选择适当的评价参数和评价标准,建立评价模式和指数系统,再评定土壤的质量状况和污染级别。土壤污染程度可以采用单项污染指数、土壤污染物分担率或者内梅罗污染指数、分级污染指数法等进行评价。

土壤污染状况评价中,通常选择土壤环境质量标准进行单因子或综合评价。土壤环境质量标准是土壤中污染物的最高容许含量。污染物在土壤中的残留积累,以不造成作物的生长障碍、在籽粒或可食部分中的过量积累(不超过食品卫生标准)或影响土壤、水体等环境质量为界限。20世纪70年代以后,世界各国才开始系统研究土壤标准(骆永明,2008;戴树桂,2004)。

我国正在施行的《土壤环境质量标准》主要包括以下内容:根据土壤应用功能和保护目标,我国的土壤环境质量标准分为三级。一级标准为保护区域自然生态,维持自然背景的土壤环境质量的限制值;二级标准为保障农业生产,维护人体健康

的土壤限制值；三级标准为保障农林业生产和植物正常生长的土壤限制值。土壤环境质量标准规定的三级标准值见表 1-1。

表 1-1 土壤环境质量标准值 (单位:mg/kg)

项目		一级 自然背景	二级			三级 pH>6.5
			pH<6.5	6.5≤pH≤7.5	pH>7.5	
Cd	≤	0.2	0.3	0.6	1	—
Hg	≤	0.15	0.3	0.5	1	1.5
As	水田 ≤	15	30	25	20	30
	旱地 ≤	15	40	30	25	40
Cu	农田等 ≤	35	50	100	100	400
	果园 ≤	—	150	200	200	400
Pb	≤	35	250	300	350	500
Cr	水田 ≤	90	250	300	350	400
	旱地 ≤	90	150	200	250	300
Zn	≤	100	200	250	300	500
Ni	≤	40	40	50	60	200
六六六(HCH)	≤	0.05	0.50			1.0
滴滴涕(DDT)	≤	0.05	0.05			1.0

注：①重金属(Cr 主要是三价)和 As 均按元素量计，适用于阳离子交换量>5cmol(+)/kg 的土壤，若 ≤5cmol(+)/kg，其标准值为表内数值的半数。

②六六六为四种异构体总量，滴滴涕为四种衍生物总量。

③水旱轮作地的土壤环境质量标准，As 采用水田值，Cr 采用旱地值。

2. 土壤污染风险评价

地震灾区健康风险评估可按照以下步骤进行：①以资料调研、现场考察和调查等方式，获取场地有关信息，确定土壤或地下水中目标污染物；②分析土壤污染物的释放过程，确定敏感暴露人群，建立有毒有害物质从土壤到危害人体健康的可能暴露途径，以及相关暴露评估模型，估计人群暴露于污染土壤或地下水的剂量；③收集目标污染物毒理学定性和定量数据，确定用于人体健康风险评估的毒性参数值；④根据暴露评估模型、关注的目标污染物毒性参数等，进行场地土壤污染风险评估，确定高风险污染区，计算场地土壤治理与修复目标。

1.3 地震灾区土壤污染防治措施概述

1.3.1 地震灾区土壤污染防治的基本原则

《地震灾区土壤污染防治指南(试行)》中确定的地震灾区土壤污染防治的基本原则主要有:①科学调查评估,即在认真分析灾情、全面排查环境风险源的基础上,对地震灾区土壤污染的类型、范围和程度进行调查,针对不同土地利用功能,科学地进行风险评估和安全评价;②治理先于重建,即土壤污染治理工作应在灾后重建前完成,在对灾区土壤污染进行调查和风险评估的基础上,结合灾区重建工作实际,提出重污染和高风险污染土壤治理规划;③高风险区优先,即考虑灾区重建的资金和技术等因素,按照轻重缓急,优先安排对影响城乡居民饮用水源安全、威胁农产品生产安全的土壤污染治理与修复项目。

1.3.2 地震灾区土壤污染治理和修复

1. 土壤污染治理和修复的主要方法

污染土壤修复技术的研究起步于 20 世纪 70 年代后期。在过去的 30 年,欧、美、日、澳等国家或地区纷纷制定了土壤修复计划,巨额投资研究了土壤修复技术与设备,积累了丰富的现场修复技术与工程应用经验,成立了许多土壤修复公司和网络组织,使土壤修复技术得到了快速的发展。土壤修复理论与技术已成为土壤科学、环境科学以及地表过程研究的新内容(Nemerow et al., 2003;周启星等, 1995, 2006, 2007)。

污染土壤修复技术的分类方法有多种:根据修复处理工程的位置可以分为原位修复技术与异位修复技术;根据修复原理可分为物理技术、化学技术、热处理技术、生物技术、自然衰减和其他技术等;根据修复方式可分为对污染源的处理技术和对污染源的封装技术(骆永明, 2009;晁雷等, 2006;丛鑫等, 2009;黄业茹等, 2009;高翔云等, 2006;李法云和曲向荣, 2006;王磊, 2008)。表 1-2 给出了污染源处理技术类型。

表 1-2 按修复原理划分的污染源处理技术类型(晁雷等,2006)

修复技术	成熟性 ^①	适合的目标 污染物 ^②	适合的土壤 类型 ^③	治理成本 /(美元/t)	污染物去除 率/%	修复时间
土壤洗涤	F'	b~f	F~I	>75	>90	1~6个月
土壤蒸汽抽提	F'	a~b	F~I	50~75	75~90	6个月至2年
土地农业耕种	F'	b~c	A~I	25~75	75~90	6个月至2年
土壤淋洗	F'	a~f	F~I	<75	50~90	1~12个月
固定化/稳定化	F'	c,e~f	A~I	>75	>90	6~12个月
热解吸	F'	a~f,除了c	A~I	10~75	>90	1~12个月
生物堆场	F'	a~d	C~I	<25	>75	1~12个月
生物通风	F'	b~d	D~I	10~75	>90	1~12个月
植物修复	P'	a~f	无关	10~50	<75	2年以上
生物泥浆系统	F'	a~d	D~I	>50	>90	1~6个月
土壤蒸发蒸腾覆盖	F'	c~f	A~I	15~150	75~90	6个月至2年
曝气	F'	a~b,d	C~I	10~25	75~90	1~5年

注: ①成熟性:F'为规模应用;P'为中试规模。

②污染物类型:a为挥发性;b为半挥发性;c为重碳水化合物;d为杀虫剂;e为无机物;f为重金属。

③土壤类型:A为细黏土;B为中粒黏土;C为淤质黏土;D为黏质肥土;E为淤质肥土;F为淤泥;G为砂质黏土;H为砂质肥土;I为砂土。

2. 地震灾区土壤污染的治理和修复对策

《地震灾区土壤污染防治指南(试行)》中规定应根据灾区土壤污染风险评估结果,结合灾区重建规划,制定灾区土壤污染防治规划。要特别注意农业用地、居住用地、商业用地、公园、学校等敏感性用地的土壤污染治理问题。

《地震灾区土壤污染防治指南(试行)》中提出了在对灾区土壤污染进行调查和风险评估的基础上,结合灾区重建的工作实际,提出重污染和高风险污染土壤治理、修复工程方案,经科学论证后组织实施。

(1) 在重污染土壤和高风险场地周边设置警示牌和防护设施,防止人畜因接触污染介质而受到危害。

(2) 危险化学品、垃圾和危险废物及其淋出液、油品等有毒有害物质外泄造成土壤或地下水污染的,应及时对污染源采取隔离措施,通过覆盖、集中收集淋溶液等措施,阻断化学品继续进入土壤、大气、地下水和饮用水等环境介质,确保饮用水和农产品质量安全。

(3) 因大量使用消杀药剂造成污染土壤的,应结合土地利用方式和风险评