



汶川特大地震

灾后环境安全评价方法与实践

Environmental Safety Assessment of
Wenchuan Earthquake: Methods and Practices

陈吉宁 主著

陈吉宁 杜鹏飞 舒俭民 张晓健

吴舜泽 王洪涛 王金生 方自力 等著

By Jining CHEN in Chief

And Pengfei DU, Jianmin SHU, Xiaojian ZHANG,
Shunze WU, Hongtao WANG,
Jinsheng WANG, Zili FANG, et al

中国环境科学出版社

汶川特大地震灾后环境安全评价 方法与实践

陈吉宁 主著

陈吉宁 杜鹏飞 舒俭民 张晓健
吴舜泽 王洪涛 王金生 方自力 等著



中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

汶川特大地震灾后环境安全评价方法与实践/陈吉宁著.
—北京: 中国环境科学出版社, 2012.3
ISBN 978-7-5111-0707-7

I. ①汶… II. ①陈… III. ①地震灾害—灾区—
环境生态评价—研究—四川省 IV. ①X321.271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 183816 号

责任编辑 丁莞歆 黄 颖
助理编辑 满 鹏
责任校对 扣志红
封面设计 马 骁

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112417 (科技标准图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 3 月第 1 版
印 次 2012 年 3 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 23 插页 5
字 数 570 千字
定 价 62.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

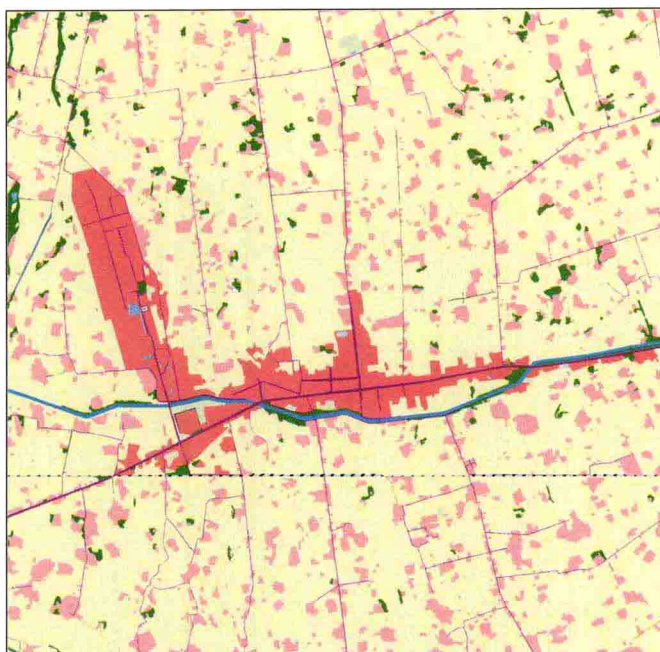


图 1 紫坪铺水库中明显可见的漂浮油类（摄于 5 月 20 日）



“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图 2 彭州市白鹤临时性安置点地震前 WorldView 遥感影像图（2008 年 2 月 28 日）



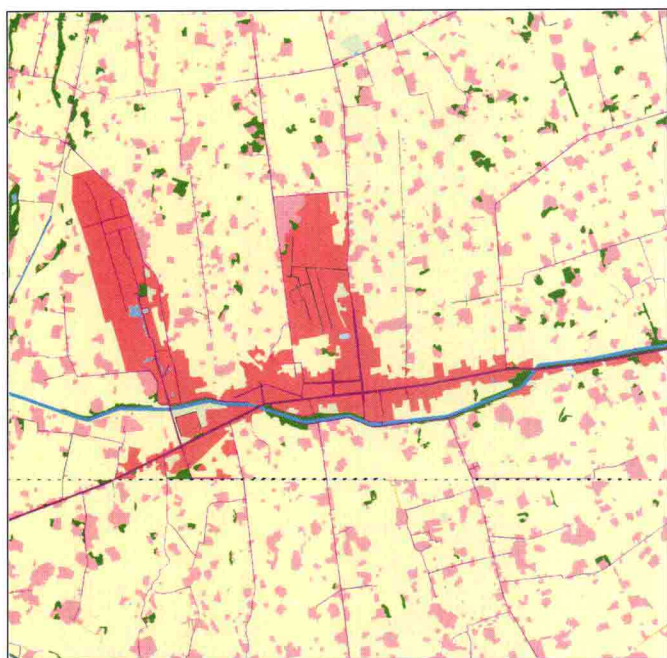
“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图 3 彭州市白鹤临时性安置点地震前土地利用/覆被（2008 年 2 月 28 日）



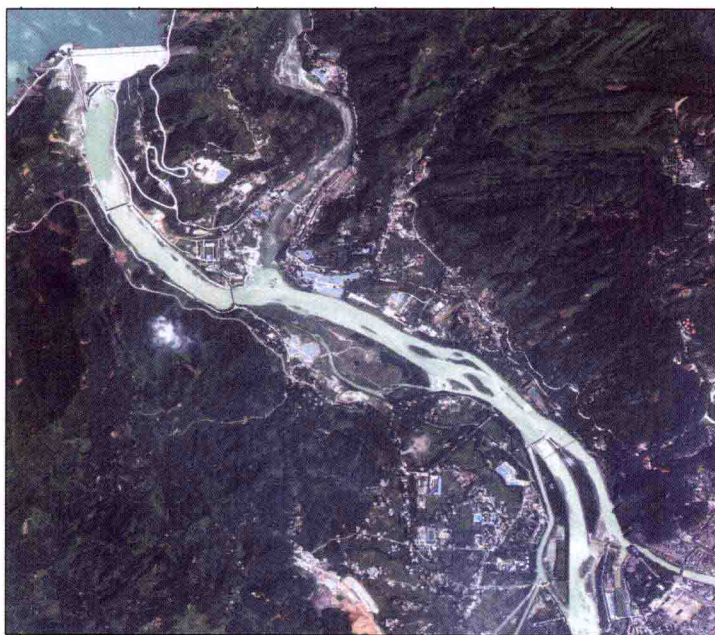
“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图 4 彭州市白鹤临时性安置点地震后 Quickbird 遥感影像图（2008 年 7 月 22 日）



“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图 5 彭州市白鹤临时性安置点地震后土地利用/覆被（2008 年 7 月 22 日）



“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图 6 都江堰市三汇过渡性安置区 Quickbird 遥感影像图（2008 年 9 月 1 日）



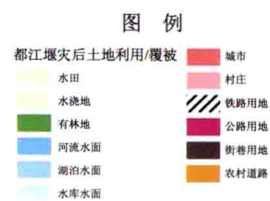
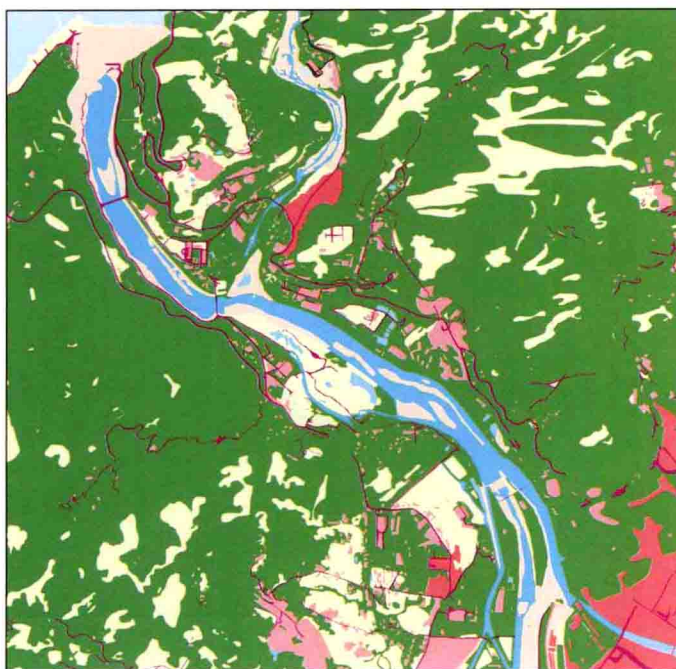
“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图7 地震后都江堰市三汇过渡性安置区土地利用/覆被（2008年9月1日）



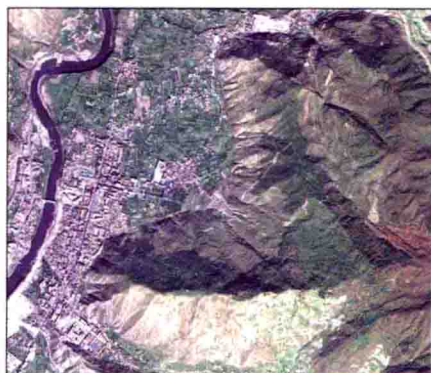
“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图8 地震后都江堰市三汇过渡性安置区 Quickbird 遥感影像图（2008年12月26日）



“汶川特大地震灾区城乡居民安置的环境保障与对策”子项目组

图 9 地震后都江堰市三汇过渡性安置区土地利用/覆被（2008 年 12 月 26 日）



河道堵塞（一）



河道堵塞（二）

图 10 茂县部分区域灾后影像图

《汶川特大地震灾后环境安全评价方法与实践》

编 委 会

主 著：陈吉宁

著 者：陈吉宁、杜鹏飞、舒俭民、张晓健、吴舜泽、王洪涛、王金生、方自力

项目研究主要人员：

清华大学：陈吉宁、杜鹏飞、张晓健、王洪涛、陈 超、胡洪营、刘建国、刘 毅、

岳东北、李振瑜、蒋建国、李金惠、孙 艳

中国环境科学研究院：舒俭民、柴发合、郑丙辉、王 琪、宋永会、胡炳清、刘录三、

薛志钢、聂晶磊、孙启宏

环境保护部环境规划研究院：吴舜泽、王金南、孙 宁、逯元堂、刘伟江、饶 胜

北京师范大学：王金生、滕彦国、王红旗、豆俊峰、李 剑、岳卫峰

四川省环境科学研究院：叶 宏、方自力、谢 强、钱 骏、雍 毅、王 蒙

北京清华城市规划设计研究院：佟庆远、赵冬泉、李国强

环境保护部华南环境科学研究所：韩保新、桑燕鸿

北京林业大学：孙德智、张立秋

成都理工大学：倪师军、何政伟

成都市环境科学研究院：周先元、周来东



序 言

2008年5月12日14时28分，四川省发生里氏8.0级特大地震。这是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最大的一次地震，共造成69 227人遇难，374 643人受伤，17 923人失踪。举国为之悲恸！

“5·12”汶川特大地震不仅造成重大人员伤亡和财产损失，也对水体、土壤和生态系统产生了严重影响。为及时掌握灾害造成的环境影响，最大限度地避免和减缓次生环境灾害，科学应对在灾后紧急救援、过渡性安置和重建过程中可能出现的环境问题，环境保护部在震后一周内紧急启动了“汶川特大地震灾后环境安全评估与应对措施”项目。来自清华大学、中国环境科学研究院、环保部环境规划院、北京师范大学、四川省环境科学研究院等十余家单位的专家学者主动请缨，组成了高水平的研究团队。

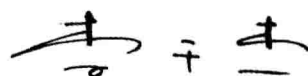
项目组曾多次深入余震未息的灾区，紧紧围绕饮用水安全、废墟清理与固体废物处理处置、核与辐射安全、土壤与生态环境安全、重建安置的环境保障、工业企业恢复生产的环境安全以及环保能力恢复与提升等关键问题，开展调查研究和评估工作。他们与灾害抗争，与时间赛跑，迅速全面地识别出灾后显形的和潜在的、短期的和长远的环境影响。在科学调查、理论分析、模拟实验研究的基础上，项目组开展了全面客观的环境安全评估，提出了针对性的应对措施。考虑到环境问题固有的长期性、复杂性、潜伏性和敏感性等特征，在完成紧急评估后，项目组又用一年半的时间持续跟踪灾区环境问题，对潜在的和累积的环境问题有了更深入的认识。他们艰苦努力地工作，为保障灾后救援安置、恢复生产、城乡重建和社会经济发展过程的环境安全，为维护广大灾区人民群众的生命健康和财产安全，为促进灾区经济平稳较快发展、社会和谐稳定，都发挥了重要作用。

针对汶川特大地震开展如此大规模的环境安全综合评估工作，在我国尚属

首次；从评估的范围、领域和深度来看，在国际上也罕有先例。更可贵的是，这项评估工作在灾害条件下环境保护研究的方法学上，也有探索性、开创性和示范性的成果。鉴于此，项目组在圆满完成研究任务后，没有将成果束之高阁，而是将其整理、完善后出版发行，化为公器，这种做法无疑是非常值得肯定和鼓励的。

2008年5月12日14点28分已经被永久地镌刻在汶川特大地震的纪念碑上。汶川之痛，其哀也戚；杜鹃啼血，其情也切！愿此书对在汶川特大地震中不幸罹难的同胞有所告慰，对在灾区应急和重建工作中付出辛勤劳动的环保战线各位同仁有所勉励，对今后承担灾害条件下环境应急相关工作的后人有所启示。

是为序。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely the author's name.

前 言

2008年5月12日14时28分,在四川省汶川县附近发生里氏8.0级特大地震,影响范围波及大半个中国。共造成69 227人遇难,374 643人受伤,另有17 923人失踪,直接经济损失达8 451亿元,其灾害规模之大、影响之严重,均为世界地震灾害史所罕见。

汶川特大地震及其次生灾害给灾区环境造成了巨大的破坏,水体、土壤、生态等受到不同程度的影响,固体废物处理、核与辐射安全保障、灾民安置、产业发展规划、环保基础设施修复、环境监管能力提升等方面亟需技术支撑。环境问题的长期性、复杂性和敏感性要求我们必须客观地认识地震灾害所造成的环境改变和破坏,了解地方常规和应急环境管理能力所遭受的损害,预测在灾后紧急救援、过渡性安置和重建过程中可能存在的短期和长远的环境影响,进而提出环境保护对策建议和具体应对防范措施,最大限度地降低灾后发生次生环境污染的风险,保障人民群众的生命、健康、财产安全和社会经济的长期稳定发展。

“5·12”汶川特大地震发生后,环境保护部敏锐开展了应急响应,在积极组织做好灾区环境监管工作的同时,迅速启动了“汶川特大地震灾后环境安全评估及应对措施”项目,在第一时间派出包括清华大学、中国环境科学研究院、环保部环境规划院、北京师范大学等科研院校在内的专家学者赶赴救灾现场,开展灾后环境安全应急处置和评估调研工作,为科学指导灾区的环境保护工作提供技术支持。

汶川特大地震直接受灾区达10万 km^2 ,主要包括四川省的成都、德阳、绵阳、广元、阿坝和雅安,陕西省的汉中、安康,甘肃省的陇南、甘南、天水、平凉、庆阳、定西14个地市。本项目关注的重点是四川重灾区所涉及的成都、德阳、绵阳、广元、阿坝和雅安6个地市,兼顾甘肃和陕西的重灾区。

针对汶川地震灾区面临的突出环境风险和主要问题,项目设置的重点任务及负责单位如下:

- (1) 饮用水源与水环境污染评估及应对措施(清华大学)
- (2) 固体废物污染评估及应对措施(清华大学)
- (3) 核与辐射安全评估及应对措施(环保部核安全司)
- (4) 土壤污染评估及应对措施(北京师范大学)
- (5) 生态与生物多样性评估(环保部生态司)
- (6) 城乡居民安置的环境保障与对策(中国环境科学研究院)
- (7) 产业发展战略评估、工业企业恢复与重建的环境保障与对策(中国环境科学研究院)
- (8) 重点地区典型次生污染风险识别、评估及对策(环保部外经办)
- (9) 环境保护基础设施和监管能力的评估与对策(环保部环境规划研究院)

(10) 灾后环境安全综合评估与应对措施(清华大学)

(11) 灾后环境安全监控体系(四川、陕西、甘肃省环科院)

为了全面完成上述任务,除了配合工作的地方科技和管理人员外,来自清华大学、中国环境科学研究院、环保部环境规划院、北京师范大学等项目承担单位的上百名研究人员先后近 20 批次,约 300 人次,开展全方位、广覆盖的现场调查,获取了大量现场一手资料。在地方环保部门的大力协助下,采集土壤、固体废物、水等各类样品数千个,获得实测数据超过 10 万个。

总体来看,汶川地震灾区在震后没有出现重大环境事件,空气和水环境质量未受明显影响,区域环境质量总体稳定,工业企业未出现重大污染事件,核与辐射环境安全。灾区环境保护各项工作的高效、有序开展,为保障抗震救灾工作、安置重建工作的顺利进行和灾区社会秩序的稳定作出了重要贡献。

在紧急救援期,从 2008 年 5 月 12 日地震开始至 6 月上旬,突出的环境问题是饮用水安全问题、核与辐射安全问题、危险化学品和医疗废物的处置问题。环境保护部和各级环境保护部门在抗震救灾过程中及时启动应急预案,开展了大量的环境监测、监管工作,及时转移了灾区的危险废物,加强水源地监测和保护工作,发现并处理了多处污染隐患,确保了灾区没有出现重大环境事件。

在过渡安置期,随着受灾群众逐步得到不同形式的安置以及灾区工业企业逐步开始恢复生产,主要的环境问题发生了变化,主要包括:①固体废物清理及处理的二次污染;②灾区工业企业恢复生产的环境隐患;③分散式饮用水供水水质的管理;④暴雨期污染物的大量释放与快速迁移扩散;⑤土壤环境污染风险。针对上述主要问题,本课题在大量现场调查及咨询研讨的工作基础上,提出了相应的对策措施。

在灾后重建期,由于地震使灾区的物理环境和生态环境发生了巨大变化,原有的发展战略应予以调整。灾后重建过程中,规划环评重点是对区内重化工等高危行业布局的合理性进行整体性评估,综合考虑重大自然灾害发生时污染物对大江大河、饮用水水源地、集中居民区、自然保护区等环境敏感目标的影响,避免整体布局不当造成的污染事故风险。本项目提出了以下建议:①大力推进灾区规划环境影响评价,将环评结论作为重建规划的基础依据;②抓住战略性发展重建的历史契机,推进灾后产业结构调整 and 布局优化,促进产业跨越式升级;③将生态功能分区和环境承载力作为产业发展和布局的重要依据;④以生态安全评估为依据,抓住机遇,下定决心实施生态移民;⑤建议将环境监测纳入城市生命线工程,优先恢复和提升灾区环境监测能力;⑥优先规划和建设区域性的环境保护基础设施,提高环境应对能力;⑦灾后重建期应加强灾区饮用水水源地和水环境保护工作;⑧灾区的固体废物量大面广,重建时应加强灾区固体废物污染控制;⑨加大灾区土壤污染监测和污染预防;⑩加快重灾区生态恢复与重建;⑪加强城镇和农村环境污染防治。

结合汶川地震后相关部门已经开展的工作,梳理和总结汶川地震灾害重大环境安全问题,辨识各类环境影响的性质、强度与时空特征,在各子项目工作的基础上,形成了地震灾后环境安全综合评估的方法学体系及总体技术路线。此外,通过归纳和整理国外灾害环境评估典型案例,分析不同灾害类型及其可能导致的环境影响特征,提出了重大灾害环境安全评估的一般性工作框架和技术要点。

项目组共编制灾后环境应急相关技术指南、研究报告 23 项，有力地支援了抗震救灾和安置重建工作。清单如下：

- (1) 《地震灾区集中式饮用水水源保护技术指南（暂行）》
- (2) 《抗震救灾应急技术手册》
- (3) 《地震灾区城市供水应对水源污染的应急处理技术要点》
- (4) 《关于震区科学选择杀虫剂防范产生次生污染影响饮用水安全的建议》
- (5) 《成都市震后饮用水水质保障技术方案》
- (6) 《地震灾区饮用水安全保障应急技术方案（暂行）》
- (7) 《关于防止地震灾区防疫化学品污染水体的技术方案》
- (8) 《关于地震灾区过渡安置期固体废物管理中若干问题的指导意见》 建议稿
- (9) 《地震灾区固体废物清理的环境保护指南（暂行）》
- (10) 《灾后废墟清理及废物管理指南（试行）》
- (11) 《灾后危险废物和危险化学品清理指南》
- (12) 《地震灾区临时性安置区环境保护技术指南（暂行）》
- (13) 《地震灾区临时性安置点拆除过程环境影响评估报告》
- (14) 《过渡性安置区环境保护技术指南》
- (15) 《灾后城乡居民安置重建规划的环境保护要求》
- (16) 《地震灾区工业企业恢复生产的环境保护技术指南（暂行）》
- (17) 《工业企业与重点污染企业原址/异地重建选址的环境保护技术指南》
- (18) 《灾后企业环境风险排查技术指南》
- (19) 《重点环境风险源统计评估表》
- (20) 《重点环境风险源应急处置方案》
- (21) 《汶川地震灾后恢复重建的生态修复专项规划》
- (22) 《应急期固体废物污染评估及应对措施》（报告）
- (23) 《过渡期固体废物污染评估及应对措施》（报告）

“汶川特大地震灾后环境安全评估与应对措施”项目是环境保护部敏锐把握抗震救灾过程中的环境问题，紧急启动的灾后环境安全评估项目。该项目是国内首次针对重大自然灾害开展的环境安全评估，在环境问题的复杂性、评估的时空尺度、投入的人力物力、取得的成果方面都达到或者超过了印度洋海啸、卡特琳娜飓风、日本阪神地震等国际重大自然灾害的相关环境评估项目。

本项目取得的研究成果为汶川特大地震灾区重建以及降低次生环境影响提供了应急技术和决策支持。项目成果为环境保护部和灾区环保部门确保水体、土壤、生态环境安全，解决固体废物处置、核与辐射安全保障、灾民安置、产业布局调整和环保基础设施重建等重大而紧迫的问题提供了技术支持，同时也为自然灾害条件下的环境安全保障提供了借鉴，在 2010 年玉树地震灾区的环境保护工作中发挥了重要作用。

目 录

第 1 章 重大自然灾害的环境影响及评估	1
1.1 自然灾害环境影响概述	1
1.2 国际经验与教训	8
1.3 灾后环境安全评估基本方法框架	12
1.4 灾后不同响应期环境安全综合评估	14
1.5 灾后环境安全评估重点及方法体系	17
1.6 灾后潜在及累积环境影响识别	40
1.7 小 结	41
第 2 章 汶川地震灾区水环境与饮用水安全保障	43
2.1 主要风险识别	43
2.2 地表水源地风险评估和修复措施	47
2.3 地下水源地风险评估和修复措施	56
2.4 震后集中式供水水质安全保障技术与工艺	63
2.5 震后分散式供水水质安全保障措施	71
2.6 小 结	76
第 3 章 汶川地震灾区固体废物评估与应对措施	80
3.1 地震灾害产生固体废物概况	80
3.2 震后固体废物环境安全及影响评估	100
3.3 固体废物累积影响分析与长期监测计划	128
3.4 震后固体废物控制对策	131
第 4 章 汶川地震灾区土壤污染评估及应对措施	137
4.1 消杀剂的使用及其对农田土壤污染的影响评估	137
4.2 震后化学品对农田土壤污染评估	145
4.3 病原微生物对农田土壤污染评估	148
4.4 矿山破坏对农田土壤污染评估	153
4.5 地震对农田土地的破坏范围	164
4.6 农田土壤污染综合评估与应对措施	170

第 5 章 生态系统评估	175
5.1 地震对灾区生态系统的影响概况	175
5.2 灾区生态系统损失评估	183
5.3 生态系统恢复重建对策建议	190
第 6 章 灾后环保基础设施和监管能力评估与对策	205
6.1 城镇生活污水集中处理设施受损评估	205
6.2 城镇生活垃圾集中处理设施受损评估	212
6.3 医疗废物集中处理设施受损评估	219
6.4 环境监管能力受损评估	228
6.5 环境保护基础设施及监管能力重建对策	229
第 7 章 灾区城乡居民安置的环境保障与对策	243
7.1 临时性居民安置环境保障与对策	243
7.2 过渡性居民安置环境保障与对策	251
7.3 重建安置的环境保障与对策	275
第 8 章 灾后产业发展战略评估及企业恢复生产环境保障与对策	292
8.1 汶川地震灾区环境承载力再评估	292
8.2 灾区原有产业发展战略的环境再评估	301
8.3 重点企业筛选及清单	312
8.4 重点工业企业恢复生产环境评估与对策	314
8.5 重污染工业企业重建环境评估与对策	317
8.6 重点企业化学品污染风险与对策	322
第 9 章 灾后环境安全评估信息系统	327
9.1 系统概述	327
9.2 系统总体设计	328
9.3 系统功能介绍	334
9.4 小 结	344
第 10 章 结论与建议	345
10.1 结 论	345
10.2 建 议	347
参考文献	349

第1章 重大自然灾害的环境影响及评估

1.1 自然灾害环境影响概述

1.1.1 自然灾害

自然灾害是以自然变异为主因造成的危害人类生命、财产、社会功能以及资源环境的事件或现象（高庆华，2007）。从灾害形成机制来看，无论是发生原因，还是表现形式，可归属为两大类：一是自然类，可称为自然灾害系统；二是人为类，可称为人为灾害系统（马宗晋，2000）。

自然灾害系统：包括生物圈灾害、气象灾害、海洋灾害、地质灾害、地震灾害等，还包括天文灾害系统，如新星爆炸、彗星碰撞、陨石袭击、电磁异爆、粒子流冲击等。

人为自然灾害系统：即由人类社会活动引起的自然灾害，如破坏环境引起的水土流失、土地沙化等；过量开发水资源引起的地面沉降、地面塌陷、地裂缝、海水入侵等；污染环境引起的赤潮、酸雨、大气污染等；采矿引起的岩爆、突水、突瓦斯、冒顶、矿井塌陷等；工程活动与生产引起的滑坡、塌方、岩崩，另外，还有酸雨、尘暴、污染、火灾、森林火灾等。

1980—2009 年全球自然灾害统计如图 1-1 所示。

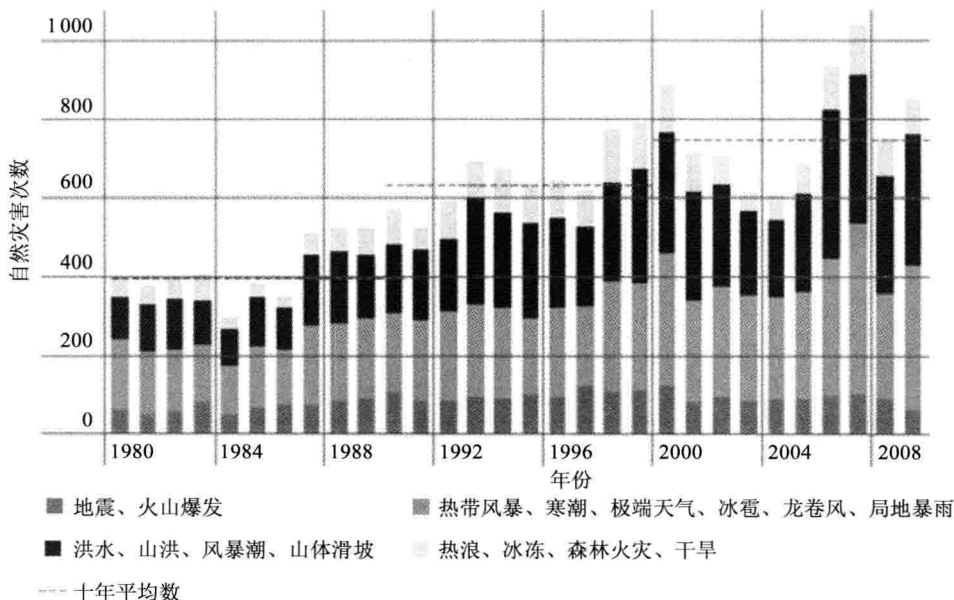


图 1-1 1980—2009 年全球自然灾害统计

(Munich RE, 2009)