

环境损害评估中修复方案的费用效益分析

赵 丹^{1,2}, 於 方¹, 王 宾¹

(1.环境保护部环境规划院 环境风险与损害鉴定评估研究中心, 北京 100012;

2.中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 土壤、地下水和地表水等污染治理成本通常较高, 但修复后会带来众多直接和间接效益, 因此, 在进行修复决策和环境损害评估时应当予以综合考虑。文章对环境修复成本效益分析的定义、目的和方法进行了阐述, 并结合具体案例解释了环境修复成本效益分析的具体过程。修复成本通常依据价格指南、费用估算模型/软件、类似工程经验、承包商报价等进行估算, 修复效益可采用享乐价格法, 根据个人意愿为环境支付的费用, 进行计算。案例研究结果表明, 环境修复效益及其受益方并不是单一的, 在进行较大规模的环境修复决策时, 应由政府进行干预, 并积极寻求各利益相关方的配合, 综合评估其经济可行性。在环境损害评估中, 也应形成多方协调机制, 科学合理地评价修复方案的费用和效益, 合理确定赔偿数额。

关键词: 环境损害; 评估; 修复方案; 费用效益分析

中图分类号: X196

文献标志码: A

DOI:10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2016.06.004

Cost-benefit Analysis of Remediation Plan in Environment Damage Assessment

Zhao Dan^{1,2}, Yu Fang¹, Wang Bin¹

(1.Center for Environmental Risk and Damage Assessment, Chinese Academy for Environmental Planning, MEP, Beijing 100012, China;

2.Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Treatment of soil, groundwater and surface water pollution was usually costly, while it created a lot of direct and indirect benefits simultaneously, which should be considered in remediation decision and environmental damage assessment. In this paper, definition, purpose and methods about cost-benefit analysis (CBA) of environmental remediation was reviewed and the process of the CBA of environmental remediation was explained with a specific case. Cost of remediation was estimated according to the cost guideline, cost estimation models/software, similar cases and quoted price provided by contractors. Benefit of remediation was evaluated by use of hedonic price method and calculated on the basis of people's willingness to pay for the environment. The results from case study showed that the benefits of environmental remediation were diverse and their beneficiaries were not sole. With regard to the major decisions on environmental remediation, government intervention and cooperation among stakeholders were essential, and economic viability should be comprehensively evaluated. In environmental damage assessment, multi-party coordination mechanism was also crucial to scientifically and reasonably assess the cost and benefit of the remediation plan and determine the amount of compensation accordingly.

Keywords: Environment Damage; Assessment; Remediation Plan; Cost-benefit Analysis

CLC number: X196

随着我国城市化进程的加快, 大量位于城市的工业企业实施了环保搬迁。这些搬迁企业涉及石油化工及炼焦、化学原料及化学制品制造、金属(黑色金属和有色金属)冶炼等各个行业, 均属于高污染行业。这些高污染工业企业的搬迁给城市遗留了大量污染土地, 亟待进行修复和再利用。环境损害评估和赔偿制度是解决污染场地修复费用的重要制度, 而环境修复方案的费用效益分析是

修复决策和环境损害评估的一项重要内容。

1 环境修复的成本效益分析

成本效益分析是目前常用的一种实用型经济可行性评估方法, 是通过估计、量化、比较项目的全部成本和效益, 来评估项目价值的一种方法, 是一种经济决策手段, 在环境修复决策和环境损害评估中发挥着重要的作用。

收稿日期: 2016-10-20

作者简介: 赵 丹(1985-), 女, 博士、助理研究员。研究方向: 土壤与地下水环境损害鉴定评估与修复。

环境修复成本指的是修复环境所需的全部费用。环境修复的效益则相对复杂，因为环境修复的效益包括对健康、房地产、饮用水供给、感知和生态系统等的影响，其中对健康、房地产和饮用水供给的影响是可以通过货币表征的，对于感知和生态系统的影响则难以通过货币来衡量。通常将环境修复的效益分为直接效益和间接效益。直接效益即市场效益，通常是指修复后资源环境价值或房地产价值的增加。间接效益即非市场效益，指改善周围环境的正外部效应，包括防止土壤和地下水污染、预防有害的健康效应、增加周围房地产价值、增加税收等。Ihlanfeldt et al^[1]研究发现，在很多情况下，由当地政府资助的污染场地修复通常很快，因为修复后物业价格增加引起税收收入增加，效益明显。Lavee et al^[2]在评价污染场地搬迁的效益时，就将由工业用地改成居住或商业用地后增加的市政税收作为间接效益，因为居住和商业地产的税费比工业用地的税收要高1 375.80万元/a。

环境修复的成本效益分析即将环境修复的成本和其直接效益和间接效益的加和进行比较，得到成本效益比。基本流程见图1。

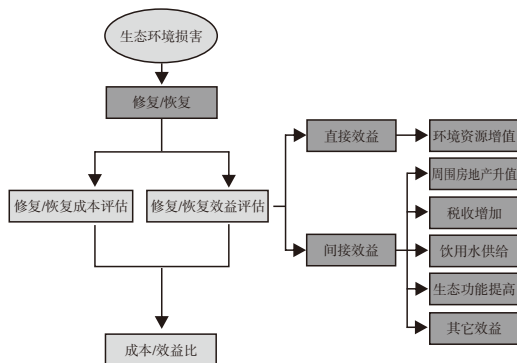


图1 环境修复成本效益分析流程

2 为什么要开展环境修复的成本效益分析

通常来说，环境修复方只能从直接效益获利。当直接效益高于成本时，他们会愿意启动修复，而当直接效益低于成本时，则不会启动修复。然而，直接效益往往在总的效益里面占的比重较小，研究表明，超基金场地修复对当地的效益很小，远远低于每个场地平均2.96亿元的修复

费用^[3]，也就是说，直接效益低于成本，导致污染场地修复缺乏动力^[2,4]。因为在看不到足够的直接经济效益的情况下，无论是政府、土地所有者、开发商等，都不会直接投入大量资金进行污染场地的治理。但事实上，环境修复的效益不仅与修复方本身的收益，即直接效益有关，它还能影响健康、饮用水供给、生态系统、周围房地产商的收益等，产生其它间接效益。从欧美国家的经验来看，一些区位条件好的污染土地通过修复和再开发可以创造巨大的商机。2004年英格兰67%的新房建设在污染土地上，节约了50 km²的土地。很多研究表明，污染场地修复的总效益要比修复成本高，Woburn和Massachusetts两个超基金场地修复的效益分别为4.95亿元和8.39亿元（1992），高于场地的修复费用^[5]。因此，对于大型污染场地这类成本较高的环境修复决策，需要政府的干预。政府部门在衡量环境修复的效益时，不仅应考虑修复行为的直接效益，而且要综合考虑其间接效益。

此外，为了筛选受损土壤和地下水环境的修复方案，综合确定土壤和地下水环境的实际损失，损害评估者在估算污染场地修复成本的同时，也应考虑修复可能带来的效益，从而得出合理的损害评估结论。

3 如何进行环境修复的成本效益分析

3.1 环境修复的成本

以污染场地修复为例，成本估算通常依据价格指南、费用估算模型/软件、类似工程经验、承包商的报价等等。

3.1.1 价格指南 《棕地倡议中的场地修复成本估算工具和资源》^[6]中提出污染场地修复费用包括场地调查评估费用、修复设备安装费用、修复设备运行费用、后期维护费用、废弃物处置费用、修复设备拆除费用、以及监管机构和公众沟通的费用等，总体分为3类：资本费用，运行维护费用（修复行动运行和修复行动后运行维护O&M费用），以及定期费用。《可行性研究中的费用估算开发和记录指南》^[7]提出了可行性研

究阶段比较不同修复措施成本的流程和方法,包括①确定要采取的行动,估计各项行动需要的时间;②估计工作量和单位费用;③评价不确定性和额外费用;④现值分析;⑤核查。

3.1.2 费用估算模型/软件 美国环保署、美国能源部、美国国防部等基于长期污染场地修复经验,开发了大量污染场地费用估算模型。用户输入特定参数,如污染物浓度信息、土壤和地下环境特征、场地类型、历史用途等,模型利用自身嵌入的计算方法,或通过从类似项目的费用信息进行类推,对费用进行估算^[6]。RACER是一个基于参数的费用估算系统,包含了100多个费用模型,修复技术决策制定后,用户输入已知工程参数,RACER模拟不同的处理链,进行费用估算,从而找到最经济有效的解决方案。Tank RACER是RACER的一种,主要应用于地下储油

罐修复费用的估算。Success是美国费用公司开发的,使用了RACER的算法,但Success允许用户查看算法并改变公式和计算方法,它使用8个主要的决策树模型,基于每个决策树节点清理的数量决定费用。HazRisk是由独立工程分析公司开发的一个费用分析系统,能够预测费用估算的准确性。SmartSampling是美国能源部开发的一种基于风险的方法,使用地统计技术和概率映射技术,生成概率地图和费用曲线,对每种方法的风险进行定量,能够识别成本效益最高的清理方法。

3.1.3 类似工程经验 依据类似的工程经验,即单位面积/体积的修复成本或单位场地的修复成本等,也能对修复费用进行估算。不同修复技术的成本往往差异很大,不同研究者对不同修复技术修复单位污染土壤/地下水的成本进行了统计,见表1。

表1 修复技术成本

修复技术类型	土壤修复成本					
	元/t	元/t	元/t	元/t	分级*	元/t
植物修复技术	100 ~ 500	70 ~ 340	/	70 ~ 340	¥	70 ~ 500
热处理	400 ~ 3 000	70 ~ 520	/	70 ~ 520	/	70 ~ 3 000
土壤蒸汽抽提	/	/	140 ~ 350	/	/	140 ~ 350
固化/稳定化	300 ~ 3 000	>520	400 ~ 900	520 ~ 1 030	/	300 ~ 3 000
玻璃化	/	/	800 ~ 1 500	170 ~ 520	¥ ¥	170 ~ 1 500
化学还原	/	/	/	/	¥ ¥	/
土壤洗涤	/	>520	800 ~ 1 400	520 ~ 1 030	¥ ¥ (¥ ¥ +)	520 ~ 1 400
土壤淋洗	80 ~ 210	<520	100 ~ 650	70 ~ 520	/	70 ~ 650
电动修复	/	/	150 ~ 380	/	¥ ¥ ¥	150 ~ 380
挖掘	/	/	/	/	¥	/
帽封	/	/	/	/	/	/
阻隔系统	/	/	/	/	/	/
数据来源	文献[8]	文献[9]	文献[10]	文献[11]	文献[12]	合计

注: *: ¥ =低成本, ¥ ¥ : 中等成本, ¥ ¥ + : 中到高等成本, ¥ ¥ ¥ : 高成本。合计: 表示不同研究中成本的最小值到最大值。

由表1可见,对于土壤而言,固化/稳定化、热处理等修复技术的成本较高,固化/稳定化技术修复的成本在300~3 000元/t之间,热处理的成本在70 ~ 3 000元/t之间;玻璃化、土壤洗涤等修复技术的成本居中,玻璃化修复技术的成本在

170~1 500元/t之间,土壤洗涤技术的成本在520~1 400元/t之间;土壤淋洗、植物修复和电动修复技术的成本最低,土壤淋洗在70~650元/t之间,植物修复技术的成本在70~500元/t之间。

美国超基金法颁布后开展了大量污染场地的修复,很多研究者也利用不同的研究方法,对单位污染场地的修复成本进行了统计和分析。美国环保署按照平均每个场地有2.35个处理单元进行估算,得到每个处理单元的平均修复费用为1.01亿元;对于需要长时间处理地表水或地下水的场地的平均修复费用为7 085.37万元。资源保护与恢复法支持下的每个场地清理费用为6 879万元~3.44亿元不等,其中半数以上<3 439.5万元,9%>3.44亿元。根据美国环保署的估算,每个地下储油罐项目的修复费用约为85.99万元。

3.2 环境修复的效益

由于土壤和地下水等环境资源没有固定的价值,因此间接效益的评价通常很复杂。为了评价并不在市场上进行交易的商品的价值,通常采用享乐价格法。享乐模型理论认为不同商品价格的差异可以用来评价这些商品特性所隐含的价值^[13]。房地产的价格跟很多属性相关,如房屋本身的特性(房屋数量、所在位置、年份)、邻里属性(人口统计、犯罪率和办学质量)、环境属性(空气质量、周围污染场地的情况),房屋的售价就是买方愿意为房屋的所有这些特征支付的价格的总额。由于环境是人们购买的房屋的其中一个重要属性,因此,根据房屋的相关信息和它的售价能够分析出个人愿意为环境物品支付的费用。研究表明,污染场地的存在是影响房地产价格的一个重要因素,即房地产价格实际上包含了离污染场地的距离、修复所处阶段等属性的价值^[9]。

享乐价格法是一种统计方法,将房地产价格作为结构属性、邻里属性和环境属性的函数。利用从真实的房地产市场获得的数据,通过回归分析,可以得到不同属性(如污染场地)对于房地产价格的影响和贡献,得到该属性的隐性边际价格,即其它属性不变时,该属性改变1个单位时,房地产价格相应变动了多少。根据房地产价格享乐回归得到的离污染场地不同距离处的房地产价格降低率,和该距离处房地产的平均价格,可以得到离污染场地不同距离处的修复的个人支付意愿;利用离污染场地不同距离处的修复的个

人支付意愿,结合该距离处住户的数量,可以得到总的效益,即污染场地修复的经济效益。这种方法是基于个人实际购买行为的数据,可靠性较好。

3.2.1 房地产价格降低率 关于污染场地对于土地价值以及房地产市场的影响,欧美等国家开展了大量的研究,尤其是在美国超基金法颁布后。首先,污染的存在会对场地本身的价值产生负面影响。Boyle^[14]研究发现,地下水中砷的浓度每高于美国环保署标准0.01mg/L,房产价格下降0.5%~1%。Howland^[15]研究了污染对于Baltimore工业用地供需的影响,结果表明,棕地的价格为未受污染场地价格的55%。Jackson^[16]研究表明,南加利福尼亚州污染场地价值下降的幅度为30%。Alberini^[17]针对科罗拉多州开展的研究表明,确定受到污染的场地房地产价格下降43%~56%。McGrath^[18]研究表明,芝加哥可能存在污染场地的房地产价格要比不可能存在污染的低76%。污染场地对周围房地产价格也存在明显的负面影响,已有很多研究证实了该结论^[19-20]。一项对波士顿的调查表明,只有23%、33%和48%的人愿意居住在离核工厂、危险废物垃圾场或煤电厂8 km的范围内^[21]。Farber^[19]研究发现,从污染场地往外距离每增加约1.6 km,周围房地产价格约增加2.41万元。Simons et al^[22]研究发现,受煤气厂污染的场地或旁边的房地产价格要比正常的价格低14%~16%。Shelem^[23]研究结果也表明,污染场地周围房地产价格降低了14%。

3.2.2 时间影响 污染场地对周围房地产价值的影响是有时效性的。当人们不知道存在污染,或者不将污染视为威胁时,污染就对房地产价格没有影响;在环境风险刚被识别的时候,其影响是最大的;但是随着相关信息的获得,这种影响逐渐减弱;当采取修复行动以降低风险后,这种影响就进一步弱化。有研究发现,场地被污染的消息对周围的房地产价格的影响要远远大于污染场地本身^[24]。另有研究发现,垃圾场或污染场地周围的房地产价格在发现污染后列入NPL前有所下降^[25-28],表明房地产价格的下降不是与NPL有关,而是与发现污染有关^[5]。Farber^[19]通过总结多

份研究结果发现,宣布场地污染对房地产价格的影响约为1.5万元/km(1993),且宣布污染前的影响远远小于宣布污染后,但该影响在修复开始或完成后减弱。研究表明,地下储油罐的泄漏本身可能不会影响周围的房地产价值,但当发现存在泄漏时,房地产价格下降5%,当泄漏调查的消息公开后,这种影响更大,那些泄漏达6年以上的,房地产价格下降8%;甚至还有当发现泄漏后,距离储油罐1 km处的房价下降了12.4%^[29]。

同样,很多情况下,修复活动对于恢复房地产价值有积极作用。修复决策记录的发布以及修复行动的启动等活动都会导致房地产价格的上升^[5]。洛杉矶某垃圾填埋场修复10年后,其房地产价值恢复了之前损失的80%以上^[28]。Kohlhase^[23]发现,污染场地修复完成后,房地产价格完全回升。Dale et al^[30]发现,在一个铅冶炼厂关闭和声称清理后,周围房地产价格回升。McGrath^[18]研究表明,污染场地修复后房地产的价格上涨了1 720元/m²,高于修复费用。

3.2.3 距离影响 离污染场地不同距离处,房地产价值所受的影响也不同。研究发现,在波士顿,不管是在宣布场地污染前还是之后,随着离危险废弃物场地的距离增加,其房地产价值是增加的,在宣布场地受到污染之后,其影响达到显著,通常距离每增加1.6 km,房地产价格增加1.3%~1.9%^[25]。Smolen et al^[31]研究发现,离场地距离每增加1.6 km,房地产价值增加16%~25%之间。Nelson^[32]研究表明,离垃圾填埋场距离每增加1.6 km,房价约增加6 140元。Reichert^[33]研究发现,在场地污染公示的高峰期时,某垃圾填埋场周围2 km范围内的房地产价格显著下降,最近

的地方下降15%,最远处下降5%。

研究表明^[34],高风险地下储油罐场地周围的房地产价格要降低11%,但是随着离场地的距离的增加,这种影响减弱,0.53 km远处这种影响消失。Zabel et al^[35]研究发现,污染场地对房地产价格的主要影响是在1.6 km范围内。Nelson^[32]研究表明,垃圾填埋场对房价的影响在3.2~4 km以内。Smolen et al^[31]则发现,危险废弃物场地的负面影响在4.2 km以内。有的研究表明,距离化工厂4.8 km范围内的房屋售价要比周围低4%^[19]。美国环保署统计发现,污染场地对周围房地产影响的最大距离从0.9到10 km不等,平均为4.8 km。

4 污染场地修复成本效益分析案例

该案例是分析将位于居民区的工业企业(Ta'as Magen factory)搬迁到指定的工业区的经济可行性^[9]。该场地位于以色列,面积为4.4万m²,工厂运行时间为1950~1997年,主要生产军工用武器,生产期间涉及重金属、氰化物等危险物质的使用。1997年工厂关闭,并进行了搬迁。调查发现共有9 000多t污染土壤以及6.4亿m³受污染地下水,需要进行修复。成本主要为搬迁和修复费用,直接效益为工厂所在地土地价值的上升,间接效益包括增加市政税收和周围房地产价格的回升等。

该项目总的修复费用(场地调查、监测和土壤、空气、水的修复费用)为1.67亿元,见表2。其中调查费用仅占总费用的3%;修复费用是预估的,占的比例较大,达80%。除此以外,还包括以色列土地管理局支付给企业的,代表土地价值的额外的搬迁费1 719.75万元。因此,从整个国家的角度来看,总共的费用为1.84亿元。

表2 成本效益总表				
构成	类别	组别	费用估计	现后费用
成本	调查成本	土壤调查	144.46 万元	
		空气测试	2.41 万元	
		房屋和地下室空气测试	22.7 万元	
		水资源委员会报告	306.12 万元	
		公众健康调查	122.45 万元	
	处理和修复成本	土壤处理	2 063.7 万元	
		土壤保险费用	267.59 万元	
		保护建筑物	未知	
		污染水处理	1.38 亿元	
	搬迁费用		1 719.75 万元	
	总计		1.84 亿元	1.84 亿元
效益	直接效益	商业区	6 535.05 万元	
		住宅区	4.82 亿元	
		总计	5.47 亿元	1.38 亿元
	间接效益	市政税收	1 375.8 万元	7 291.74 万元·a ⁻¹
		A 区房地产	11.01 亿元	
		B 区房地产	3.71 亿元	
	总计		20.29 亿元	14.45 亿元

直接效益为场地的房地产价值。场地总面积为4.4万m²，根据官方的区域发展规划，场地将从工业用地转换为住宅/商业/公共用途的混合利用模式，根据住宅区价格5 503元/m²，商业区价格4 127元/m²估算得到该场地的房地产价值约为5.47亿元，贴现后为1.38亿元。

根据已批准的城市规划，基于新的土地利用方式的税收和之前工业用途的税收相差1 375.80万元/a，折现后，税收增加约为7 291.74万元。

该案例比较了污染信息发布前后房地产价格的变化，也比较了附近的房地产价格与同时期距场地较远的区域有相似特性的房地产价格。由于污染的消息是在1997~1998年发布的，因此，比较时间为1997~2003年。选择与场地接壤的邻近区域和远离场地的对照区，由于其他特性都相似，假定这两个区域的房地产价格差异仅仅与场地的污染有关。基于税务部门的数据库，获得了400个房地产交易的信息；根据交易数据，计算得到了房地产价格随时间的线性变化趋势线；根据趋势线，估计了开始和结束时的房地产价格。

结果表明，邻近区域和对照区房地产价格有8%的差异。为了更准确的分析不同距离处的影响，将邻近区域分为两部分，0~400 m的A区和400~800 m的B区，对A区的影响为10%，对B区的影响为5%。将每个区域住房单元数量乘以单位房屋的价格，得到房屋单元的总价值；然后，将B区总的房屋单元价值乘以5%，A区总的房屋单元价值乘以10%，得到总的经济损失为14.72亿元。综上，总效益为20.29亿元，由于场地搬迁的花费要比效益的获得早若干年，按照5%的资本化率，总效益为14.45亿元。

该项目的总成本为1.84亿元，总的效益为14.45亿元，其中直接效益为总效益的27%。从社会福利的角度来看，企业搬迁在经济上是可行的。但是，如果没有政府和公众的干预，工厂可能不会搬迁，因为直接效益占比小，且企业难以负担相关费用。

5 结论及建议

研究表明，土壤、地下水和地表水等污染治

理成本通常较高,但修复后环境资源价值会得到恢复,且还会带来周围房地产价值回升等多种间接效益。因此,无论是对于修复决策方,还是对于损害评估方,费用效益分析都十分重要。

但是环境修复效益的受益方往往并不是单一的,因此,在进行环境修复决策时,应该积极寻求各方面的配合,包括政府、企业、私人投资商等,由政府进行干预,从污染土水治理和再利用、粮食安全、人居安全等整个生命周期出发,考虑环境修复的费用和效益,从而判断其经济可行性。

环境损害评估结果不仅影响民事责任(赔偿数额)的承担方式,同时还可能影响刑事判罪的轻重,因此,环境修复的费用效益分析在损害评估中起着关键作用,应加强污染治理成本估算和效益评价方面的方法研究,尤其是涉水污染或突发水环境事件的治理成本估算、直接收益较小的农田污染修复效益评价等,并尽快形成技术指南,指导生态环境损害评估工作的开展。

参考文献

- [1] Ihlanfeldt K R, Taylor L O. Externality effects of small-scale hazardous waste sites: evidence from urban commercial property markets[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2004, 47(1):117-139.
- [2] Lavee D. A cost-benefit analysis of relocating a polluting factory[J]. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2012, 55(7):901-919.
- [3] Greenstone M, Gallagher J. Does hazardous waste matter? evidence from the housing market and the superfund program[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2008, 123(3): 951-1003
- [4] Lavee D, Ash T, Baniad G. Cost-benefit analysis of soil remediation in Israeli industrial zones[J]. *Natural Resources Forum*, 2012, 36(4):285-299.
- [5] Kiel K, Zabel J. Estimating the Economic Benefits of Cleaning Up Superfund Sites: The Case of Woburn, Massachusetts[J]. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 2001, 22(2):163-184.
- [6] USEPA. Cost estimating tools and resources for addressing sites under the brownfields initiative[R]. Washington DC: Office of Research and Development, USEPA, 1999.
- [7] USEPA. A guide to developing and documenting cost estimates during the feasibility study[R]. Washington DC: Office of Solid Waste and Emergency Response, USEPA, 2000.
- [8] 廖晓勇, 崇忠义, 阎秀兰, 等. 城市工业污染场地: 中国环境修复领域的新课题[J]. *环境科学*, 2011, 32(3): 784-794.
- [9] 谷庆宝, 郭观林, 周友亚, 等. 污染场地修复技术的分类、应用与筛选方法探讨[J]. *环境科学研究*, 2008, 21(2): 197-202.
- [10] 陶 铨, 全向春, 李安婕, 等. 城市工业污染场地修复技术筛选方法探讨[J]. *环境污染与防治*, 2012, 34(8): 69-75.
- [11] 张红振, 骆永明, 章海波, 等. 基于REC模型的污染场地修复决策支持系统的研究[J]. *环境污染与防治*, 2011, 33(4): 66-71.
- [12] 宋 菁. 典型铬渣污染场地调查与修复技术筛选[D]. 山东: 青岛理工大学环境与市政工程学院, 2010.
- [13] Rosen S. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition[J]. *Journal of Political Economy*, 1974, 82(1):34-55.
- [14] Boyle K J, Kuminoff N V, Zhang C, et al. Does a property-specific environmental health risk create a "neighborhood" housing price stigma? Arsenic in private well water[J]. *Water Resources Research*, 2010, 46(3):1-10.
- [15] Howland M. The impact of contamination on the Canton/Southeast Baltimore land market[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2000, 66(4):411-420.
- [16] Jackson T O. Environmental contamination and industrial real estate prices[J]. *Journal of Real Estate Research*, 2002, 23(1-2):179-200.
- [17] Alberini A. Determinants and effects on property values of participation in voluntary cleanup programs: The case of Colorado[J]. *Contemporary Economic Policy*, 2007, 25(3):415-432.
- [18] McGrath D T. Urban Industrial Land Redevelopment and Contaminated Risk[J]. *Journal of Urban Economics*, 2000, 47(3):414-442.
- [19] Farber S. Undesirable facilities and property values: a summary of empirical studies[J]. *Ecological Economics*, 1998, 24(1):1-14.
- [20] Boyle M A, Kiel K. A survey of house price hedonic studies of the impact of environmental externalities[J]. *Journal of Real Estate Literature*, 2001, 9(2):117-144.
- [21] Smith V K, Desvousges W H. The value of avoiding a LULU: Hazardous waste disposal sites[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1986, 68(2):293-299.
- [22] Simons R A, Bowen W M, Sementelli A J. The price and liquidity effects of UST leaks from gas stations on adjacent contaminated property[J]. *The Appraisal Journal*, 1999, 67(2):186-194.
- [23] Shelem I, Lavee D, Becker N. Contamination by the Israeli military industry and its impact on apartment sale prices in an adjacent Tel-Aviv neighborhood: A hedonic pricing model study[J]. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 2011, 3(2):221-231.
- [24] Kohlhasse J E. The impact of toxic waste sites on housing values[J]. *Journal of Urban Economics*, 1991, 30(1):1-26.
- [25] Michaels R G, Smith V K. Market segmentation and valuing amenities with hedonic models: the case of hazardous waste sites[J]. *Journal of Urban Economics*, 1990, 28(2):223-242.
- [26] McClelland G H, Schulze W D, Hurd B. The effect of risk beliefs on property values: A case study of a hazardous waste site[J]. *Risk Analysis*, 1990, 10(4):485-497.
- [27] Mendelsohn R, Hellerstein D, Huguenin M, et al. Measuring hazardous waste damages with panel models[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1992, 22(3):259-271.
- [28] Hurd B H. Valuing superfund site cleanup: evidence of recovering stigmatized property values[J]. *Appraisal Journal*, 2002, 70(4):426-437.
- [29] Zabel J E, Guignet D. A hedonic analysis of the impact of LUST sites on house prices[J]. *Resource and Energy Economics*, 2012, 34 (4):549-564.
- [30] Dale L, Murdoch J C, Thayer M A, et al. Do property values rebound from environmental stigmas? Evidence from Dallas[J]. *Land Economics*, 1999, 75(2):311-326.
- [31] Smolen G E, Moore G, Conway L V. Economic effects of hazardous chemical and proposed radioactive waste landfills on surrounding real estate values[J]. *Journal of Real Estate Research*, 1992, 7(3):283-296.
- [32] Nelson A C, Genereux J, Genereux M. Price Effects of Landfills House Values [J]. *Land Economics*, 1992, 68 (68): 359-365.
- [33] Reichert A K. Impact of a toxic waste superfund site on property values[J]. *Appraisal Journal*, 1997, 65 (10): 381-392.
- [34] Isakson H, Ecker M D. The effect of leaking underground storage tanks on the values of nearby homes[R]. University of Northern Iowa, 2010: 1-22.
- [35] Zabel J, Guignet D. A hedonic analysis of the impact of LUST sites on house prices in Frederick, Baltimore, and Baltimore City counties[J]. *Pallative Medicine*, 2010, 6(2): 105-110.