



中国环境科学学会 学术年会

论文集

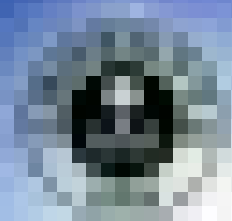
2012【第四卷】

中国环境科学学会 编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE



中国环境科学学会
学术年会

论文集

2012 (第四卷)

中国环境科学学会 编

中国环境科学出版社

中国环境科学学会学术年会

论文集

(2012)

第四卷

中国环境科学学会 编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

中国环境科学学会学术年会论文集 (2012) / 中国环境科学学会编. ——北京: 中国农业大学出版社, 2012.

ISBN 978 - 7 - 5655 - 0554 - 6

I. ①中… II. ①中… III. ①环境科学—学术会议—中国—2012—文集 IV. ①X - 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 121128 号

书 名 中国环境科学学会学术年会论文集 (2012)

作 者 中国环境科学学会 编

责任编辑 赵 中 刘耀华

封面设计 东方印艺

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号 邮政编码 100193

电 话 发行部 010 - 62818525, 8625 读者服务部 010 - 62732336

编辑部 010 - 62732617, 2618 出版部 010 - 62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup> e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市登峰印刷厂

版 次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月北京第 1 次印刷

规 格 889 毫米 × 1194 毫米 16 开本 220.25 印张 6196 千字

总 定 价 980.00 元 (全四册)

图书如有质量总是本社发行部负责调换

编 委 会

主 任 任官平

副主任 侯雪松 姜艳萍

主 编 姜艳萍 王国清

编 委 (按拼音排序)

陈红威 侯雪松 姜艳萍 李向阳 任官平

任彩霞 邵世云 王国清 王少霞 王晓飞



前 言

国务院《关于加强环境保护重点工作的意见》和第七次全国环境大会，提出了“要坚持在发展中保护，在保护中发展”，“积极探索代价小、效益好、排放低、可持续的环境保护新道路”的战略方针。“十二五”期间，环境保护将以节能减排为主要任务，大力推进环境质量明显改善为着力点，进一步把环境保护作为优化经济发展，转方式、调结构的重要抓手，以节约能源和资源，减少污染排放的倒逼机制，加快促进我国社会经济发展的绿色转型。“十一五”期间，环境科技发展有效保障了结构减排、工程减排和管理减排三大减排工程的实施，有效支撑了节能减排和各项环境保护目标的超额完成。为提升我国环境科技对环境保护中心任务的支撑能力，引领科学研究和环境科技创新发展，交流、展示环境学科研究、开发的最新成果，更好地为“十二五”国家环境保护中心工作和举办地可持续发展服务，经研究，我会2012年学术年会定于2012年6月在广西南宁举办。会议主题为：环境科技创新与绿色转型。会议的主要内容包括：以环境科技创新与绿色转型为主题的学术年会，同时举办绿色转型高峰论坛。此次会议得到了环境保护部、中国科协的领导以及环境、经济和社会学界知名院士、专家学者，各地科研院所、环境监测站、环境信息中心、环境监察支队、地方学会、高等院校以及环境科技企业等各方面的大力支持和积极参与，截至2012年4月10日，组委会共收到来自全国各地环保科技工作者、研究人员以及企业界环保专家等各类论文1082篇。经过中国环境科学学会专家委员会相关专家认真评审，最终评选出600余篇论文予以录用。现将这些论文汇编成册正式出版，以展示国内环保领域专家学者最新研究成果，充分反映现阶段我国环境保护科研现状和水平，更好地为我国环境保护工作提供重要的智力支持。

本次论文集的顺利出版，要特别感谢中国农业大学出版社的大力支持，感谢各位专家和领导的悉心指导和鼎力相助。由于编者能力有限，书中错误、疏漏之处在所难免，恳请专家学者、有识之士不吝赐教，以便今后在工作中不断加以改进。

编 者

2012年6月

目 录

英国 CLEA 模型在我国典型场地应用适应性研究	张敏 蔡五田 孙琳 耿婷婷 任涛 (2654)
--------------------------------	-------------------------

第七章 重金属污染风险评价与治理修复新技术

重金属污染防治技术管理体系框架构建初探	贾晨夜 张国臣 王凯军 (2661)
成都市土壤重金属污染防治对策研究	高 宝 傅泽强 沈 鹏 等 (2666)
多壁碳纳米管负载氧化铝去除水中的重金属离子	漆晓印 熊振湖 (2672)
烟草中重金属的危害、来源和防治策略	石拴成 (2680)
于桥水库水源地重金属污染研究	胡晓芳 (2685)
铅蓄电池行业重金属污染控制技术研究	张丽娜 吉 晟 (2689)
浅谈清洁生产	靳 伟 杨会珠 姜建彪 等 (2693)
矿山土壤重金属污染防治及环境影响后评价研究	梁 刚 (2698)
某铅冶炼企业周边土壤重金属污染状况调查研究	舒 艳 (2703)
某卫生垃圾填埋场周边土壤和植被的重金属污染现状分析	赵秀阁 张金良 刘 玲 等 (2712)
宁德市茶园土壤重金属分布特征及评价	雷 莹 陆 杰 (2716)
铅污染的危害及防治	解 军 刘 菁 程 磊 (2720)
性能与环境影响相协调的二次电池产量优化研究	孙蔚馨 王 翔 郁亚娟 等 (2725)
铅污染源的识别方法研究进展	杨 柳 李旭祥 (2730)
国内汞污染现状及其管理对策	杨谷烨 谢正苗 田 菲 等 (2737)
重金属污染湖库底泥土工管袋高效脱水减容技术研究	刘朝辉 张景辉 西伟力 等 (2743)
土壤吸附镉离子的研究进展	宋晓旭 王祖伟 (2747)
土壤中重金属铬的来源、危害及修复措施	陈 伟 王 兵 吴兆清 等 (2751)
土壤重金属污染的植物修复	张 双 (2756)
土壤重金属污染来源及治理方法	李春梅 (2760)
土壤重金属污染修复技术研究	吕晓龙 (2764)
土壤重金属污染修复技术研究现状与进展	熊国煊 何艳明 栾景丽 等 (2768)
土壤重金属复合污染治理与修复研究进展	万 莹 (2774)
霞湾港周边土壤中重金属污染成因及污染形态分析	文新宇 (2778)
浅谈土壤中铅污染的防治	王 烁 (2785)
水稻田土壤重金属镉的变化	邢 抗 刘 英 (2788)
水体突发重金属污染应急处置方略研究	郑 彤 杜兆林 贺玉强 等 (2794)
天津市滨海新区汉沽地下水重金属污染现状及防治对策	(2799)
锌冶炼项目环境影响评价中人体重金属现状评价的研究与实践	寇蓉蓉 代晓娟 王 策 等 (2803)
比较分析各国水质标准中重金属指标	王菲菲 王先良 段小丽 等 (2808)
成雅高速公路两侧环境中重金属污染特征	叶芝祥 闫 军 印红玲 等 (2811)
小秦岭金矿区水系沉积物重金属特征研究	张江华 赵阿宁 陈华清 等 (2819)
水体镉污染成因、应急处置及潜在风险评估	钱 晓 刘瑞志 李 捷 等 (2827)
一种对美国现有的水泥窑汞和总汞控制的方法介绍	Ronald R. Landreth 蒋 勇 刘 昕 (2837)
射击场重金属污染场地调查与生物有效性评价：个案研究	朱勇兵 赵三平 张运龙 等 (2846)

第八章 环境噪声污染及其防治

城市居民区配套设备噪声频率特性分析	林 涛 丁兰岚 林青川 (2853)
城市建设发展中交通噪声污染及管理	崔凯杰 (2856)
湄潭县声环境控制规划	李文丹 成文连 关彩虹 等 (2860)
高速铁路桥梁线路环境噪声预测模型探讨	辜小安 李耀增 刘兰华 等 (2863)
土地利用变化对深圳市福田红树林边缘区降噪效应的影响研究	毛子龙 梅立永 赖梅东 等 (2868)

第九章 持久性有机污染物污染防治

浅谈生活垃圾焚烧过程中二噁英排放控制措施	顾中华 陶大钧 严 飞 等 (2875)
深圳市大气中二噁英和二噁英类多氯联苯污染水平初步研究	张建清 王春雷 杨大成 等 (2881)
生活垃圾焚烧中二噁英的排放现状及控制对策	顾中华 陶大钧 苏首炜 (2889)
遗体火化二噁英类排放特征与控制对策研究	邢啸林 熊程程 尹荔堃 等 (2893)
遗体火化二噁英类污染物减排技术研究	尹荔堃 熊程程 邢啸林 等 (2899)
多溴联苯醚 BDE47 的特性及其处理技术研究进展	董洪梅 魏东洋 万大娟 等 (2904)
全氟辛烷磺酰基化合物 (PFOS) 对人体内分泌干扰效应的 3D-QSAR 研究	程 艳 崔 媛 陈会明 等 (2909)
固相萃取-GC/MS 法测定水中 42 种 POPs 化合物	郭 敏 吴文铸 宋宁慧 等 (2912)
Fe/C + H ₂ O ₂ + UV 降解 BDE209 的实验研究	孙云娜 魏东洋 李 杰 等 (2920)

第十章 生态环境保护与可持续发展

基于人工神经网络的晋江流域生态水文区划	王韶伟 王瑞英 岳会国 等 (2926)
四姑娘山国家级自然保护区中国沙棘林枯落物及土壤的水源涵养功能研究	张启东 方自力 谢 强 等 (2933)
关于崇明生态岛的建设与发展	黄 钢 (2937)
西北民族地区生态旅游发展探析——以新疆维吾尔自治区哈密地区伊吾县为例	林越英 陶 静 (2942)
阿拉善植被退化成因及保护措施浅析	刘菊莲 刘春莲 (2947)
北京市《湿地公约》履约情况与湿地保护现状	李 铮 刘春兰 陈操操 等 (2955)
石家庄区域生态环境简述	兰雅莉 (2961)
京津冀生态经济合作的路径探析	武义青 张 云 (2965)
思小高速公路生态环境影响及防治对策	张华君 谢仁建 (2970)
基于生态足迹法的建设项目环评生态承载力研究——以某石煤资源综合利用工程为例	王忠臣 蔡春霞 孙汉坤 等 (2975)
推进欧李产业化保护生态环境	高 德 (2979)
新疆额尔齐斯河大峡谷沟地衣物种多样性研究	艾尼瓦尔·吐米尔 阿不都拉·阿巴斯玲 (2984)
人工桉树林植被生态影响及化感作用研究综述	刘谓承 张玉环 洪 滨 等 (2990)
水力喷播用天然植物胶粘剂研究	罗彤彤 (2995)

第十一章 城市环境保护与可持续发展

抓生态市建设 促可持续发展	朱子义 (3000)
北京市主体功能区及其环境保护	宋秀杰 (3004)
城市粉尘与管理干预初探	王东华 逯宇铎 (3008)

城市地表饮用水源地水质健康风险综合指数评价方法研究	韩 梅 付 青 陈艳卿 (3012)
城市环境质量综合评价研究综述	张殷俊 (3018)
城市环境综合整治定量考核工作信息化建设研究	胡 昊 尚 屹 朱 琦 (3023)
城市基础建设对沈阳市环境质量改善的影响	王 帅 (3028)
城市人居环境空气微生物人体可吸入性的比较分析与研究	潘立勇 孙 菱 杨 靖 等 (3030)
基于生物多样性保护的城市绿色发展: 策略与途径	智 静 乔 琦 (3036)
基于遥感的长春市热岛效应与土地利用类型的关系研究	晏 明 丁春雨 邹思佳 (3040)
济南市生态环境状况调查与分析	张华玲 王兆军 王亚伟 等 (3045)
无锡市绿化废弃物现状调查及循环利用对策探讨	何珺珺 周智慧 毛飞君 等 (3049)
锦州市农业源污染分析与防治	万敬华 张 祯 杨双山 (3055)
威海市水资源现状及保护对策	逢晓琳 唐 奇 (3061)
论太平河湿地对石家庄环境质量的贡献	韩书宝 郝 园 裴 琨 (3066)
景观环境如何融入城市设计	宋小丽 (3069)
城市生态系统探讨	贾玉亮 (3072)
关于生态城市建设问题的探讨	翟晓宁 郭月亮 (3075)
浅谈城市生态环境建设	李 云 王广和 武鸿远 (3079)
煤炭资源型城市的环境可持续策略研究	汪自书 李英汉 (3082)
城市与水环境发展问题的现状和趋势	邓 杰 (3087)
城镇化存在的问题及对策建议	田丽英 (3091)
从环境保护角度浅议北京市工业结构调整	刘桐坤 张增杰 王军玲 等 (3094)
北京南海子公园对北京生态环境的作用研究	张林源 陈 星 (3097)
资源枯竭型城市转型与生态城市建设——浅析辽源市生态城市建设	聂英芝 包丽艳 刘艳君 (3103)
浅谈资源枯竭型城市的环境保护	周 蕊 辛璐君 (3107)
浅析城市空间布局调整对环境质量的影响——沈阳市“十一五”期间城市空间布局调整促进环境空气质量改善	徐景阳 (3110)
浅析环境质量改善对沈阳市经济社会发展的促进	康利荣 (3112)
城市区域实施环境监理工作要点浅析	翟 萌 高 榕 周 亮 (3115)
生态思想在城市生态环境建设中的运用探析	范 薇 尚改珍 黄尚东 (3118)
基于地统计学方法的城市综合扬尘污染来源研究	魏 强 王 菊 杨萌尧 等 (3121)
生态城市土地利用对水气的影响及规划调控	董家华 (3125)
我国城市竞争力研究的文献计量学分析	江 洪 刘志刚 魏 凤 等 (3131)
琼海市“十二五”环境保护规划研究	周祖光 (3137)
沈阳市产业结构调整对环境质量的影响	张嘉治 (3141)
石家庄市生态市建设公共管理的可持续发展	武淑萍 倪 蕾 吴晓红 等 (3144)
石家庄市生态文明城市创建中“生态文化”建设	李华松 宋建旺 刘栋飞 等 (3149)
石家庄市中水回用存在的问题及建议	柳占伟 李治国 (3154)
基于生态环境理念下的保定市东风公园景观的人性化规划设计初探	赵 勤 纪江海 (3157)
抚州市湿地生态公园建设实例	湛清华 葛建新 (3161)
赣州市低碳城市建设研究	陈金泉 (3166)
天津市南开区“环境友好型”社区示范项目建设的研究	王 喆 (3169)
浅谈屋顶绿化和城市雨水回用技术	徐尚玲 李海燕 (3175)
武汉市水环境安全评价研究	彭晶倩 黄 丰 程 柳 等 (3182)
长株潭城市群生态环境研究进展	谢 莉 彭晓春 杨仁斌 (3187)
青岛市城阳区主要河流生态护岸的实践与探索	魏西会 赵书凯 刁玲玲 (3191)
山西省城市污水再生利用的现状与对策	杜株睿 (3194)
天津市环保产业发展对策分析	姚立英 白文娟 张 媚 等 (3198)

浅谈环保模范县城的建设	胡新瑞 (3204)
桃园生态城乡一体化建设之路——可持续返本归真之方略	刘江晖 (3207)
提升营造城镇生态工程抗污防污功能的对策措施研究	郭姝利 杨 硕 杨根华 等 (3211)

第十二章 农村环境污染防治技术与措施

农村面源污染现状分析与防治对策——以四川省南充市为例	舒 丽 张自全 刘 敏 (3218)
基于广义收益—成本分析的区域农村面源污染治理策略研究	姜 海 杨杉杉 冯淑怡 等 (3223)
“十二五”首都农村生态文明建设与可持续发展	宋秀杰 程大军 刘 旭 (3229)
我国农村环境污染亟待解决	秦效娟 (3234)
农村环保投融资问题及对策	李捷旦 葛察忠 胡 睿 等 (3237)
华北地区农村污水渗坑式排放危害及治理建议	周素颖 (3242)
我国农村生活污染现状与防治对策研究	王凯军 张国臣 贾晨夜 等 (3245)
我国农村小水电发展现状及生态环境影响浅析	杜艳春 李晓亮 葛察忠 (3249)
立足区域生态功能、建设可持续发展的新农村	敖华清 (3255)
影响我国农业可持续发展的因素与对策	矫学成 严良政 张英宇 (3260)
石家庄市农村环境污染防治机制研究	樊小龙 (3264)
苏北农村的环境问题根源和保护措施	杨 军 (3269)
我国畜禽养殖污染防治现状与对策	程璜鑫 张国臣 王 莹 等 (3272)
畜禽养殖业的环境污染及防护探讨	赵 薇 (3276)
关于广西农村环境连片整治工作的探讨	郭 辰 凌 玲 (3279)
阳新县王英镇新屋村环境污染防治机制研究对策与建议	陈 怡 (3282)
从能源安全看向中国生物质能发展的未来	陈旭东 (3287)
低成本资源化的北方农村生活污水集中处理方式应用研究	袁英兰 常文越 张 帆 等 (3294)
对农村废生物能源利用的调查与思考	曹国选 (3297)
我国农作物秸秆综合利用技术发展浅析	张国臣 贾晨夜 高志永 等 (3301)
基于浓硫酸水解从竹子生产燃料乙醇的环境友好过程开发	孙照勇 汤岳琴 谭 力 等 (3305)
内蒙古应重视生物质能的开发和利用研究	张一鹏 (3313)
微循环模式在农村人居环境建设中的应用研究——以上青山口村为例	乔 平 袁立坤 王燕丽 等 (3316)
新农村建设中经济发展和环境保护的关系浅探——绿色环境优美乡镇建设对环境资源的保护作用	张 丽 (3320)
新农村建设与生态保护	张 吉 李广慧 魏子章 等 (3324)
农村土地污染防治的政策性制度研究	陈 靖 (3329)
武汉市江夏区农村环境问题解析	赵丽娅 李 晔 陈红兵 等 (3335)
保护农村生态环境,促进县域经济可持续发展	赵玉红 (3340)
合理使用化肥 提高施用效能保护农业生态环境	路 琼 (3346)
破解农村环境污染治理难点应采取的措施	徐 标 颜 涛 张广卷 等 (3349)
长海县海岛农村生活污水治理情况的调查研究	周 莉 张兴文 李文霞 等 (3353)
广西农村生活污水排放现状分析	涂玮灵 胡湛波 周权能 等 (3357)
上海市松江区农村生活污水集中式处理系统建设的问题及对策	郭耀广 姜晓祎 肖冬雪 等 (3362)
农村污水处理的技术方法与问题探讨	文丰玉 唐植成 (3367)
人工湿地处理农村生活污水技术应用	刘晓涛 门雪燕 李 丁 等 (3371)

第十三章 环境保护相关领域研究进展

化学品测试项目的分析方法适用性研究	吴晟昱 刘济宁 石利利 等 (3376)
-------------------------	----------------------

近 50 年来我国地质环境变化驱动力分析	杨建锋 万书勤 冯艳芳 等 (3382)
2001—2009 年中国土地利用变化的时空特征	刘向培 王汉杰 景 丽 等 (3389)
零价纳米铁在多孔介质中的迁移研究	殷其亮 李筱琴 肖 阳 (3397)
基于电磁辐射与神经网络的瓦斯预测模型研究	杨 楨 李 鑫 付 华 (3402)
羟基化多溴联苯醚与人雌激素受体 α 相互作用的分子模拟研究	李小林 王小享 于红霞 (3407)
殡葬污染类型与污染特征初探	肖成龙 王 玮 李大涛 等 (3413)
危险化学品灾害事故绿色化处置探讨	和丽秋 范茂魁 (3420)
环己酮废液蒸馏回收处理技术	王述存 徐 容 (3424)
17 β -雌二醇对牛蛙卵黄蛋白原诱导的实验研究	金春峰 蔡玉文 李春日 等 (3428)
苯乙烯的环境生物地球化学过程与人体健康	张迎丽 谢正苗 (3433)
梯恩梯的 γ -辐照降解机理探讨	何小波 刘秀华 龙素群 等 (3437)
由含钛高炉渣制备叶面肥及甜菜栽培实验研究	张 悦 薛向欣 (3444)
生物技术在麻类脱胶工艺中的应用探讨	颜 涛 潘 光 李毅明 等 (3448)
双酚 A 的环境地球化学过程与生物毒性	唐路恒 谢正苗 (3452)
加拿大一枝黄花活性炭制备工艺技术研究	薛 柱 陈 晨 孙利红 (3456)
利用复配技术提高柴油燃烧性能的实验研究	陈 军 (3461)
男性幼儿血红蛋白正常参考值与地理因素的关系	葛 森 努尔阿米娜·艾海提 (3465)
正交实验法优化 $\text{Fe/C} + \text{H}_2\text{O}_2$ 工艺降解 BDE209 的实验效果	孙云娜 魏东洋 李 杰 等 (3470)

英国 CLEA 模型在我国典型场地应用适应性研究

张敏¹ 蔡五田^{1*} 孙琳² 耿婷婷¹ 任涛¹

1. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心 河北保定

2. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所 河北石家庄

摘 要 为构建适合我国土地管理的风险评价模型。采用英国 CLEA 模型基本评价模式,对某示范区重金属(3项)、挥发有机物(6项)、多氯联苯(3项)和苯酚(1种)共13种污染物进行了风险评价。结果发现,示范区多氯联苯经口腔和未经呼吸暴露途径存在潜在风险;暴露评估模型中阈值效应本底暴露量、迁移转化模型、建筑物特性、敏感受体特性应根据我国情况进行调整,模型中多污染物的交互作用效应及多途径全身毒性作用尚不完善,需要加强研究。

关键词 污染场地暴露风险评估 阈值效应 本底暴露 交互作用效应 全身毒性作用

基于风险评价进行场地管理、土地规划的理念,在国际上已受到普遍认同,一般开展人体健康风险评价,主要研究污染物在介质迁移转化、通过多暴露途径至人体产生的健康影响。国外风险评价模型较成熟,如英国 CLEA、美国 RBCA、荷兰 CSOIL 等风险评价模型^[1,2]。相对而言,我国的风险评价模型建设尚处于初级阶段,2009年9月,中国环境保护部推出了《污染场地风险评估技术导则》(征求意见稿),该导则主要参照了美国环保局(USEPA, 1996; 2002)、美国试验与材料协会(ASTM, 2002)的风险评价模型,适用于场地污染土壤对人体健康风险评估和污染场地土壤修复建议目标值的确定,从污染场地现状管理方面制定的管理体系^[3]。2009年,中国地质调查局根据部门需要,立项“建设用地土壤与地下水污染风险评价示范研究”,力求建立我国建设用地土地利用污染风险评价体系,为建设用地的审批提供科学依据;2010年,中国地质调查局总结以往场地调查和风险评价经验,已制定形成了《污染场地土壤和地下水调查与风险评价技术要求》。

CLEA (Contaminated Land Exposure Assessment) 模型是英国官方推荐用来进行近地表人类活动和食用种植农产品风险评价以及获取土壤指导限值(SGVs)的模型^[4,5]。文章风险评价采用的是 CLEA 模型的 1.06 版本^[6-11],模型包括一般(基本)评价和场地专用(高级)评价两种模式,基本模式是对长期暴露于一般场地土壤污染物的简单人体健康风险评价,用户仅设定用地类型和暴露途径等基本参数,化学物质性质、用地类型、受体特征、土壤、建筑物特征等参数均采用模型默认值;高级模式是对专有场地开展的人体健康风险评价,可对基本模式中相关参数进行修改,文章采用一般评价模式进行评价。

一、研究方法

(一) 样品采集测试

示范区采集系统布置样品有机 50 组,无机 65 组,委托国家地质实验测试中心测试。有机测定 54 项挥发有机物、16 项多环芳烃、8 项多氯联苯和 6 项酚类化合物;无机 12 项(Fe、Zn、Mn、As、Cu、Hg、Pb、Co、Cr、Cr⁶⁺、SO₄²⁻、CN⁻)。

(二) 模型构建

1. 概念模型

(一) 污染介质

模型考虑的污染介质为表层污染土壤。

(二) 用地类型^[6]

模型将用地类型分为住宅用地、果蔬种植用地和商业用地三大类。不同用地类型考虑其相应的暴露途径、敏感受体和建筑物类型。示范区为商业用地。

2. 暴露评估

(一) 暴露途径^[6]

模型暴露途径考虑口、皮肤、呼吸三个途径。住宅用地,需考虑以上所有途径;果蔬种植用地,不考虑皮肤室外土壤颗粒物途径,其他途径均考虑;商业用地,不考虑食用自家种植农产品和食用自家种植农产品上粘附土壤,其他途径均考虑。

(二) 敏感人群和暴露时间

住宅和果蔬种植用地,一般以0-6岁女性儿童作为敏感受体,暴露时间为6年;商业用地,一般以16-65岁的成年女性作为敏感受体,暴露时间为49年^[7]。

(三) 迁移转化参数

污染物迁移转化的参数包括迁移转化模型参数和化学物参数^[7]。其中迁移转化模型参数包括建筑物类型、土壤性质和扩散模型三部分。建筑物类型:住宅用地,一般为高度两层的连栋楼的一栋房间;果蔬种植用地,一般不考虑建筑物;商业用地,一般为三层办公楼^[6]。示范区为1970年以前的办公楼,土壤为砂壤土。

3. 毒性评估

化学物毒性参数主要通过毒理学实验和调查统计获得。该版本包括砷、镉、汞(总量、无机、甲基)、镍、硒、苯、乙苯、酚、甲苯、二甲苯(邻、间、对)、氯代二苯并二噁英(7种)、氯二苯并呋喃(10种)、多氯联苯(12)共43种污染物,而对于多环芳烃类在模型默认数据库中并未添加。模型已有化学污染物中,示范区调查了砷、镉、汞(总量)、苯、乙苯、酚、甲苯、二甲苯(邻、间、对)、多氯联苯(3种)共13种,将该13种化学物质作为关注污染物对115个取样分析结果开展了示范评价,多氯联苯由于该物质参数取值基本相同,采用PCB-167的相关参数评价结果以多氯联苯总量加和表示^[7,8]。

4. 风险表征

《Updated technical background to the CLEA model》中对风险表征模型进行了向下的介绍。

(1) 健康标准值 HCV

CLEA模型将化学物质对人体或动物的健康效应划分为阈值和非阈值效应,阈值效应用可接受日土壤摄入量(Tolerable Daily Soil Intake, TDSI)表示,非阈值效应用指示剂量(Index SDose, ID)表示,总称为(土壤)健康标准值(Health Criteria Values, HCV)。阈值效应物质是指每天的暴露量等于或者小于可接受日摄入量(TDI),即使终生都生活在该环境中,也不会对健康造成危害。这里,可接受日摄入量(TDI)包括两部分:可接受日土壤摄入量(TDSI)和平均日摄入量(MDI)。其中,平均日摄入量(MDI,也称为本底(背景)暴露量为英国非土壤暴露途径摄入量(如周围空气暴露途径、饮用地下水暴露途径和日常饮食途径等)的日平均值。阈值效应物质的(土壤)健康标准值(HCV)受平均日摄入量(MDI)影响。

非阈值效应以指示剂量(Index Dose, ID)表示,具有非阈值效应物质如遗传毒性致癌物苯和苯并[a]芘,只要有该类物质存在(即使极微量)就会造成一定的风险度,虽然通常其风险不能被量化,但一旦其超过指示剂量(ID),便会对人体健康造成伤害,其显著性需要专业的判断。任何来自非土壤途径的暴露都会使得该物质总致癌风险增加,但是其不参与(土壤)健康标准值(HCV)的计算。非阈值效应的(土壤)健康标准值(HCV)不受平均日摄入量(MDI)影响。

(2) 日平均暴露量(ADE)

日平均暴露量(ADE)计算公式如下:

$$ADE = \frac{IR_{oral} \times EF_{oral} \times ED_{oral}}{BW \times AT} + \frac{IR_{inh} \times EF_{inh} \times ED_{inh}}{BW \times AT} + \frac{IR_{dermal} \times EF_{dermal} \times ED_{dermal}}{BW \times AT}$$

式中: ADE 为日平均暴露量, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$; IR 为暴露速率, $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$; EF 为暴露频率, $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$; ED 为暴露持续时间, a ; BW 为人体体重, kg ; AT 为平均时间, d 。下标 inh 、 $oral$ 、 $dermal$ 分别指吸入、经口、皮肤接触途径。下标 $indoor$ 、 $outdoor$ 分别指室内、室外。 IR_{oral} 与 IR_{inhal} 通常以摄入量来计算, IR_{dermal} 通常以吸收量来计算。

(3) 风险表征方式

当模型中明确给定所有暴露途径共同作用的 HCV , 则计算所有暴露途径的暴露量 AED , 以 $\frac{AED}{HCV}$ 是否大于 1, 判断场地是否存在风险; 当模型中未给定所有暴露途径共同作用的 HCV , 但给定多暴露途径的 HCV_x , 计算多途径暴露量 AED_x , 以 $\frac{AED_{oral}}{HCV_{oral}} + \frac{AED_{inh}}{HCV_{inh}} + \frac{AED_{dermal}}{HCV_{dermal}}$ 是否大于 1, 判断场地是否具有潜在健康风险; 当只有某个暴露途径有 HCV_x 时, 则计算单一暴露途径暴露量 AED_x , 以 $\frac{AED_x}{HCV_x}$ 是否大于 1, 判断场地是否存在风险。

表 1 典型污染物风险评价结果

			多氯联苯				Hg	苯
调查点			55	89	102	9'	58	64
总量（mg/kg）			0.00258	0.021259	0.00828	0.00415	118.75	0.159
口腔摄入风险值			1.11	9.11	3.55	1.78	无	0.00
呼吸吸入风险值			无	无	无	无	1.09	0.01
叠加风险值			无	无	无	无	无	0.01
土壤饱和极限（mg/kg）			4.61E+03	4.61E+03	4.61E+03	4.61E+03	2.58E+01	4.71E+03
贡献来源 （%）	土壤	直接摄入	54.34	76.29	70.15	62.02	44.99	3.49
		皮肤接触（室内）	5.07	7.12	6.54	5.79	0.00	0.23
		皮肤接触（室外）	7.49	10.52	9.67	8.55	0.00	0.34
		吸入粉尘（室内）	0.34	0.48	0.45	0.39	0.00	0.02
		吸入粉尘（室外）	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		呼入蒸汽（室内）	0.00	0.00	0.00	0.00	53.74	94.56
		呼入蒸汽（室外）	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.35
	本底	口腔摄入本底	32.75	5.58	13.18	23.24	0.00	0.00
		呼吸吸入本底	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00
	合计		100	100	100	100	100	100

二、评价结果与分析

(一) 场地风险评价结果

风险评价结果见表 8。结果显示, 55、89、102、9' 号调查点的多氯联苯以及 58 号调查点 Hg 元素 $\frac{AED}{HCV}$?1, 具有潜在的健康风险, 多氯联苯风险的暴露途径为口腔摄入, 其口腔摄入具体

暴露途径的贡献率见表, Hg 元素风险的暴露途径为呼吸吸入; 其它物质 $\frac{AED}{HCV} \geq 1$, 风险在可接受范围内。值得注意的是, 没有超过我国《展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行)》(HJ305-2007, 2007) 质量目标 $(0.2\text{mg/kg})^{[12]}$ 的多氯联苯风险严重超标, CLEA 模型对其关注度较高, 商业用地其土壤指导值为 0.0023337mg/kg (干重), 仅为我国标准的 $1/100$ 非常严格, 这可能与国家考虑多氯联苯(阈值效应) 本底暴露有一定关系, 分析发现, 当风险值为 1 时, 其本底暴露风险贡献率达 35%。

(二) 模型应用适应性分析

1. 风险不确定性分析

在不考虑污染调查不确定性前提下。由不确定性分析可知其在我国使用存在一定难度。

(一) 暴露评估不确定性

(1) 本底暴露量的不确定性

阈值效应化学物, 最直接影响评价结果的 HCV 的确定 ($HCV = TDSI - MDI$) 需要考虑平均日摄入量(本底暴露量, MDI), 本次研究未收集到我国该方面数据, 选用的是英国的本底暴露量, 其不确定性较大。

(2) 模型自带参数的不确定性

评价过程中大部分采用的是模型默认参数值, 土壤的类型(砂、壤、粘土孔隙度特征)、pH、有机质含量等参数都影响污染物迁移转化特性, 使得暴露量的计算存在不确定性。

未考虑污染物进入地下水后对土壤的影响, 对土壤与地下水一体性关注度不足。建议在以后的工作中将该部分值取全, 对迁移转化模型进行优化即可适应。

(3) 暴露情形不确定性分析

英国的商业用地建筑物构造特征、敏感受体工作环境等与我国商业用地暴露情形均存在一定差异, 会造成一定的不确定性。

(二) 毒性评估不确定性

每个点上仅考虑了单一污染物浓度的风险, 未考虑多种污染物叠加; 仅利用目前模型数据库中添加化学物进行评价, 污染调查发现的严重超标的半挥发有机物未考虑; 风险评价发现风险较大的多氯联苯, 是同类污染物总量加和表示的, 虽然其参数基本相同, 但也存在一定的差异。以上参数取值计算方法使风险结果存在不确定性。

(三) 风险表征不确定性

多种暴露途径共同作用可能产生全身毒性作用生成一个综合的 HCV, 多种暴露途径下各途径的 HCV_x 与单一途径作用下各途径的 HCV_x 不同。如: 单独经口暴露途径作用条件下动物实验获取的标准值为 HCV_{oral} , 当增加了呼吸暴露途径后可能使得经口暴露途径的标准值 HCV_{oral} 变为 HCV_{oral}' (协同: $HCV_{oral}' > HCV_{oral}$; 拮抗: $HCV_{oral}' < HCV_{oral}$), CLEA 概念模型中考虑了全身毒性作用, 但由于一般难以获得全身毒性作用下不同暴露途径 HCV 和 HCV_x , 因此, 模型中仍取 HCV_x 以加和形式计算 ($\frac{AED_{oral}}{HCV_{oral}} + \frac{AED_{inh}}{HCV_{oral}} + \frac{AED_{dermal}}{HCV_{dermal}}$) 计算风险^[8], 风险评价结果存在不确定性。

另外, 实际上大部分调查点均存在多种污染物, 污染物之间存在似多暴露途径全身毒性作用的污染物交互作用, 风险存在不确定性。

2. 模型敏感性分析

对具有污染风险的多氯联苯、汞和关注度较高的苯进行本评价输入参数敏感性分析, 不对 CLEA 模型一般评价模式(基本) 内嵌参数进行敏感性分析。分析发现, 三种污染物的浓度变化倍数与风险值变化倍数相同, 敏感性较强; 挥发性较强的重金属汞和有机物苯, 尤其是汞对有无

建筑物、土壤性质（孔隙度）和呼吸暴露途径敏感性很强；多氯联苯对经口暴露途径敏感性很强。

表 2 敏感性分析

污染物	敏感性分析项目		风险		敏感性分析项目		风险	
	变前	变后	变前	变后	变前	变后	变前	变后
多氯联苯	浓度 0.0023337mg/kg	浓度 0.023337mg/kg	1.00	10.00	有机质含量 6%	有机质含量 5%	1.00	1.00
汞	浓度 108.9135mg/kg	浓度 1089.135mg/kg	1.00	10.00	有机质含量 6%	有机质含量 5%	1.00	1.20
苯	浓度 94.72275mg/kg	浓度 947.2275mg/kg	1.00	10.00	有机质含量 6%	有机质含量 5%	1.00	1.14
多氯联苯	女性	男性	1.00	0.80	有经口暴露	无经口暴露	1.00	0.14
汞	女性	男性	1.00	1.10	有经口暴露	无经口暴露	1.00	1.00
苯	女性	男性	1.00	0.91	有经口暴露	无经口暴露	1.00	0.85
多氯联苯	办公楼 (1970 年前)	无建筑物	4.00	0.92	有皮肤暴露	无皮肤暴露	1.00	0.81
汞	办公楼 (1970 年前)	无建筑物	1.00	0.01	有皮肤暴露	无皮肤暴露	1.00	1.00
苯	办公楼 (1970 年前)	无建筑物	1.00	0.17	有皮肤暴露	无皮肤暴露	1.00	0.98
多氯联苯	砂壤土	砂土	1.00	1.00	有呼吸暴露	无呼吸暴露	1.00	0.99
汞	砂壤土	砂土	1.00	1.82	有呼吸暴露	无呼吸暴露	1.00	0.00
苯	砂壤土	砂土	1.00	1.58	有呼吸暴露	无呼吸暴露	1.00	0.17

三、结论与建议

(1) 风险评价需要环境科学、地质学、毒理学、建筑学等多学科交叉。模型的暴露途径概念模型、毒性参数获取方法（毒理学实验、统计分析）、风险表征理念（阈值、非阈值，多途径叠加）都值得我国参考与借鉴，但其多暴露途径全身毒性作用和多污染交互作用数据库尚待完善。

(2) 模型虽仅考虑浅地表土壤，但其考虑阈值和非阈值效应，阈值效应，其他介质的影响以本底暴露考虑，而非阈值效应其风险不涉及其他介质，其思路尤其值得我国土地资源风险管理借鉴。但我国污染物本底暴露与英国存在较大差异，因此，需通过调研建立我国的本底暴露量数据库。

(3) 我国人群的饮食结构、生活习惯、身体特性等与国外都存在不同，因此，暴露途径、暴露频率、毒性评估等均会存在差异，这将是我国风险评价模型构建后着力建设的部分。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国环境保护部. 污染场地风险评估技术导则(征求意见稿)编制说明[EB/OL], 2009. 北京: 中华人民共和国环境保护部. <http://www.zhb.gov.cn/info/bgw/bbgth/200910/W020091009550671773755.pdf>.

[2] 陈梦舫, 骆永明, 宋静, 等, 2011. 中、英、美污染场地风险评估导则异同与启示, 环境监测管理与技术, 23 (3): 14 - 18.

- [3] 中华人民共和国环境保护部. 污染场地风险评估技术导则 (征求意见稿) [EB/OL], 2009. 北京: 中华人民共和国环境保护部. <http://websearch.mep.gov.cn/info/bgw/bbgth/200910/W020091009550671751947.pdf>.
- [4] 李丽和, 曹云者, 李秀金, 等, 2007. 典型石油化工污染场地多环芳烃土壤指导限值的获取与风险评价[J]. 环境科学研究, 20 (1): 32-37.
- [5] 施烈焰, 曹云者, 张景来, 等, 2009. RBCA 和 CLEA 模型在某重金属污染场地环境风险评价中的应用比较[J]. 环境科学研究, 22 (2): 241-247.
- [6] Environmental Agency, 2009. Science Report Final SC050021/SR3; Updated technical background to the CLEA model [R]. Bristol: Environmental Agency. http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Research/CLEA_Report_-_final.pdf.
- [7] Environment Agency, 2009. CONTAMINATED LAND EXPOSURE ASSESSMENT (CLEA) SOFTWARE VERSION 1.06 [EB/OL]. United Kingdom: Environment Agency. <http://www.environment-agency.gov.uk/research/planning/40397.aspx>.
- [8] Environmental Agency, 2009, 1. Science Report - Final SC050021/SR2: Human Health toxicological assessment of contaminants in soil. http://environment-agency.resultspace.com/search?p=R&srid=S8-UKLD01&lbc=environment-agency&w=Report%20Final%20SC050021%20SR3&url=http%3a%2f%2fwww.environment-agency.gov.uk%2fstatic%2fdocuments%2fResearch%2fTOX_guidance_report_-_final.pdf&rk=2&uid=13038299&sid=15&ts=ev2&rsc=8FQyLOTuHMnE81;q&method=and&isort=score.
- [9] Environmental Agency, 2004. Contaminated land report 11: model procedures for the management of land contamination [R]. Bristol: Environmental Agency. <http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/SCH00804BIBR-e-e.pdf>.
- [10] Environmental Agency, 2009. Science Report SC050021/SR5: CLEA Software (Version 1.05) Handbook [R]. Bristol: Environmental Agency. http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Research/clea_software_v1.05.pdf.
- [11] HJ305-2007, 展览会用地土壤环境质量评价标准 (暂行) [S], 2007. 国家环境保护总局/国家质量监督检验检疫总局.