

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第5期

Vol.36 No.5

2015

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

深圳大气颗粒物中卤代多环芳烃污染研究	孙建林, 常文静, 陈正侠, 曾辉 (1513)
北京市典型餐饮企业 VOCs 排放特征研究	崔彤, 程婧晨, 何万清, 任培芳, 聂磊, 徐东耀, 潘涛 (1523)
2006~2010年珠三角地区 SO ₂ 特征分析	李菲, 谭浩波, 邓雪娇, 邓涛, 徐婉筠, 冉靓, 赵春生 (1530)
环境空气 PM _{2.5} 连续监测系统手工采样比对测试	王强, 钟琪, 迟颖, 张杨, 杨凯 (1538)
燃煤电厂可凝结颗粒物的测试与排放	裴冰 (1544)
南海水域不同深度非光合微生物的固碳潜能及其对不同电子供体的响应	方峰, 王磊, 席雪飞, 胡佳俊, 付小花, 陆兵, 徐殿胜 (1550)
基于 GOCI 影像和水体光学分类的内陆湖泊叶绿素 a 浓度遥感估算	冯驰, 金琦, 王艳楠, 赵丽娜, 吕恒, 李云梅 (1557)
贵州清水江流域丰水期水化学特征及离子来源分析	吕婕梅, 安艳玲, 吴起鑫, 罗进, 蒋浩 (1565)
东莞石马河流域水化学特征时空差异及来源辨析	高磊, 陈建耀, 王江, 柯志庭, 朱爱萍, 许凯 (1573)
河南鸡冠洞洞穴水对极端气候的响应及其控制因素研究	刘肖, 杨琰, 彭涛, 赵景耀, 任小凤, 张银环, 聂旭东, 李建仓, 凌新有, 张志钦 (1582)
石漠化治理对岩溶地下水水化学和溶解无机碳稳定同位素的影响	肖时珍, 熊康宁, 蓝家程, 张晖, 杨龙 (1590)
旱季不同土地利用类型下岩溶碳汇效应差异	赵瑞一, 梁作兵, 王尊波, 于正良, 江泽利 (1598)
有机氯农药在岩溶区上覆土壤中的垂直迁移特征及对地下水的影响	孙玉川, 王永启, 梁作兵, 袁道先 (1605)
山东南四湖沉积物中汞的污染现状及迁移研究	曹霏霏, 杨丽原, 庞绪贵, 王炳华, 王云倩 (1615)
摇蚊幼虫扰动下沉沉积物微环境和微界面对物理扰动强度的响应	史晓丹, 李勇, 李大鹏, 王忍, 邓猛, 黄勇 (1622)
南方红壤区氮湿沉降特征及其对流域氮输出的影响	郝卓, 高扬, 张进忠, 徐亚娟, 于贵瑞 (1630)
不同紫色母岩对景观水体氮磷及有机物去除的影响	黄雪娇, 刘晓晨, 李振轮, 石纹豪, 杨珊 (1639)
荔枝落叶对铜绿微囊藻生长和光合作用的影响	汪小雄, 姜成春, 李锦卫, 汪晓军 (1648)
黄连根茎浸提物对绿藻的毒理作用	陈亚楠, 袁玲 (1655)
饮用水中消毒副产物 1,1-二氯丙酮的形成机制	丁春生, 孟壮, 徐洋洋, 缪佳 (1662)
水中利谷隆氯化降解动力学和消毒副产物生成特性	凌晓, 胡晨燕, 程明, 谷建 (1668)
化学消毒的中和剂对水中内毒素活性检测的影响	张灿, 刘文君, 史云, 安代志, 白森, 徐稳 (1674)
牛粪生物炭对水中氨氮的吸附特性	马锋锋, 赵保卫, 刁静茹, 钟金魁, 李安邦 (1678)
丁二酸改性茶油树木屑吸附铅的研究	张晓峰, 陈迪云, 彭燕, 刘永胜, 熊雪莹 (1686)
SPG 膜表面润湿性对膜污染和化学耐受性的影响	张静, 肖太民, 张晶, 曹丽亚, 杜亚威, 刘春, 张磊 (1694)
TiO ₂ 诱导下左旋氧氟沙星的可见光降解及其机制	郭宏生, 刘亚楠, 乔琪, 魏红, 董呈幸, 薛洁, 李克斌 (1700)
新型高分子絮凝剂对废水中 Cr(VI) 的捕集性能	王刚, 杜凤龄, 常青, 徐敏 (1707)
基于 OUR-HPR 测量在线估计活性污泥合成 PHA 量	曾善文, 王泽宇, 高敬, 刘东, 张代钧, 卢培利 (1713)
分离高浓度污泥产酸发酵液的自生动态膜形成机制	黄帅, 刘宏波, 殷波, 马惠君, 符波, 刘和, 白洁 (1720)
通风强度对市政污泥生物干化中试效果的影响	张喻, 韩融, 陆文静, 王洪涛, 明中远, 王强, 夏伟 (1727)
生物可降解螯合剂谷氨酸 N,N-二乙酸四钠对污泥中重金属萃取效率的研究	吴青, 崔延瑞, 汤晓晓, 杨慧娟, 孙剑辉 (1733)
百乐克 (BIOLAK) 活性污泥宏基因组的生物多样性及功能分析	田美, 刘汉湖, 申欣, 赵方庆, 陈帅, 姚永佳 (1739)
异养硝化-好氧反硝化菌 YL 的脱氮特性	梁贤, 任勇翔, 杨垒, 赵思琪, 夏志红 (1749)
菌株 <i>Arthrobacter</i> sp. CN2 降解对硝基苯酚的特性与动力学	任磊, 史延华, 贾阳, 姚雪松, Ruth Nahurira, 弥春霞, 闫艳春 (1757)
短短芽孢杆菌及其芽孢对苣的降解	刘芷辰, 叶锦韶, 彭辉, 刘则华, 邓庭进, 尹华, 廖丽萍 (1763)
垃圾填埋场抗生素抗性基因初探	李蕾, 徐晶, 赵由才, 宋立岩 (1769)
不同构型人工湿地基质中土著菌的耐药性及整合子丰度调查	麦晓蓓, 陶然, 杨扬, 张敏, 林剑华, 满滢 (1776)
硝酸盐和甲烷对覆土中苯系物厌氧氧化的影响	柳蓉, 龙焰, 王立立, 何婷, 叶锦韶 (1785)
山西高原落叶松人工林土壤呼吸的空间异质性	严俊霞, 李洪建, 李君剑, 武江星 (1793)
施氮对黄土旱塬区春玉米土壤呼吸和温度敏感性的影响	姜继韶, 郭胜利, 王蕊, 刘庆芳, 王志齐, 张彦军, 李娜娜, 李如剑, 吴得峰, 孙棋棋 (1802)
宣威街道尘中重金属的分布特征及其健康风险评估	张文超, 吕森林, 刘丁戎, 刘品威, 米持真一, 王效举, 王青耀 (1810)
宝鸡市街道尘埃磁学特征空间分布及环境意义	张俊辉, 王瑾, 张健, 房妮, 夏敦胜 (1818)
长期施肥下浙江稻田不同颗粒组分有机碳的稳定特征	毛霞丽, 陆扣萍, 孙涛, 张小凯, 何丽芝, 王海龙 (1827)
矿区植被恢复方式对土壤微生物和酶活性的影响	李君剑, 刘峰, 周小梅 (1836)
三江平原典型湿地类型土壤微生物特征与土壤养分的研究	肖烨, 黄志刚, 武海涛, 吕宪国 (1842)
钠盐类型对表面活性剂清洗煤油污染土壤的强化效应	黄昭露, 陈泉源, 周娟, 谢墨函 (1849)
石油污染土壤的生物修复技术及微生物生态效应	杨茜, 吴蔓莉, 聂麦茜, 王婷婷, 张明辉 (1856)
可生物降解螯合剂 GLDA 诱导东南景天修复重金属污染土壤的研究	卫泽斌, 陈晓红, 吴启堂, 谭蒙 (1864)
绿洲土 Pb-Zn 复合胁迫下重金属形态特征和生物有效性	金诚, 赵转军, 南忠仁, 王胜利, 武文飞, 王厚成 (1870)
硫素对水稻根系铁锰胶膜形成及吸收的影响	王丹, 李鑫, 王代长, 饶伟, 杜光辉, 杨军, 化党领 (1877)
臭氧对几种楠木气体交换参数的影响	李苗苗 (1888)
某货车侧翻水污染事件的环境损害评估方法探索	蔡锋, 赵士波, 陈刚才, 鲜思淑, 杨清玲, 周贤杰, 余海 (1902)
《环境科学》征订启事 (1543) 《环境科学》征稿简则 (1756) 信息 (1667, 1726, 1809, 1848)	

某货车侧翻水污染事件的环境损害评估方法探索

蔡锋¹, 赵士波², 陈刚才^{1*}, 鲜思淑³, 杨清玲², 周贤杰¹, 余海¹

(1. 重庆市环境科学研究院, 重庆 401147; 2. 重庆市环境监测中心, 重庆 401147; 3. 重庆麻柳沿江开发投资有限公司, 重庆 401147)

摘要: 随着我国进入突发水污染事件高发期, 面临的水环境形势日益严峻. 为了震慑环境污染行为, 保证受损的环境资源得到恢复和补偿, 量化突发性水污染事件造成的经济损失显得至关重要. 本文以重庆市某货车侧翻污染事件为例, 构建了一套突发水污染事件环境损害的量化评估方法, 并用该方法从财产损失、生态环境资源损害、应急处置行政事务投入费用和调查评估费用这4个方面量化了该事件造成的环境污染损害.

关键词: 突发水污染事件; 量化评估方法; 损害调查; 损害监测; 损害识别; 环境损害评估

中图分类号: X45 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)05-1902-09 DOI: 10.13227/j.hjks.2015.05.052

A Method Research on Environmental Damage Assessment of a Truck Rollover Pollution Incident

CAI Feng¹, ZHAO Shi-bo², CHEN Gang-cai^{1*}, XIAN Si-shu³, YANG Qing-ling², ZHOU Xian-jie¹, YU hai¹

(1. Chongqing Research Academy of Environment Science, Chongqing 401147, China; 2. Chongqing Environment Monitoring Center, Chongqing 401147, China; 3. Chongqing Maliu Riverside Development and Investment Co., Ltd., Chongqing 401147, China)

Abstract: With high occurrence of sudden water pollution incident, China faces an increasingly severe situation of water environment. In order to deter the acts of environmental pollution, ensure the damaged resources of environment can be restored and compensated, it is very critical to quantify the economic losses caused by the sudden water pollution incident. This paper took truck rollover pollution incidents in Chongqing for an example, established a set of evaluation method for quantifying the environmental damage, and then assessed the environmental damage by the method from four aspects, including the property damage, ecological environment and resources damages, the costs of administrative affairs in emergency disposal, and the costs of investigation and evaluation.

Key words: sudden water pollution incident; quantitative evaluation method; damage investigation; damage monitoring; damage identification; environmental damage assessment

我国在持续繁荣的经济增长过程中付出了高昂的环境成本, 各地突发性水污染事件频发, 总体面临的水环境形势也越来越严峻. 四川沱江水污染、松花江跨界水污染、广西龙江镉污染、福建紫金矿业铜酸水渗漏等一系列水污染事件对自然资源和生态环境造成了严重的损害^[1~5]. 然而我国在法律层面并未强制要求污染者使受损的自然资源及生态环境恢复原状, 仅依靠罚款或其他惩罚性措施对污染者进行处罚, 这就导致了受损的环境资源得不到及时的恢复和补偿^[6].

欧美等发达国家首先认识到这一缺陷, 并提出开展环境损害评估这一创新的环境管理手段^[7]. 各国结合自身的实际特点及社会经济发展情况开展了丰富的环境损害评估理论、方法和模型研究^[8~20], 并针对具体领域, 如溢油水污染、鱼类损害赔偿等, 开展了评估理论的实践应用^[21~23]. 美国早期依靠普通法, 从自然资源损害私益赔偿的角度来处理环境损害问题, 缺乏对公共自然资源与生态环境的有

效保护, 甚至一些学者主张给公共资源分配私人监护人以解决公共资源损害赔偿问题. 为此, 美国于1980年出台了《综合环境反应、赔偿和责任法》(超级基金法, CERCLA), 创建了自然资源受托人制度, 并授权联邦和各州资源管理机构和部落等法定资源受托人进行自然资源损害评估, 以支持向污染者追讨损害赔偿^[24~26]. 与此不同的是, 欧盟于2004年颁布了《环境责任指令》(ELD, 2004/35/CE), 将原本由民法规范的生态环境损害赔偿问题转移到公法领域, 要求公共机构承担确保污染者恢复受损环境的义务^[27].

为应对严峻的环境形势, 我国环境保护部于

收稿日期: 2014-08-01; 修订日期: 2014-12-19

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07104-001); 重庆市环境保护局环保科技项目(环科字 2014CF第204号); 重庆市基本科研计划项目(2013cstc-jbky-01614)

作者简介: 蔡锋(1984~), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为环境应急、环境损害鉴定评估、环境风险评估, E-mail: caifeng1984@foxmail.com

* 通讯联系人, E-mail: chengangcai@sina.com

2011 年发布了《关于开展环境污染损害鉴定评估工作的若干意见》(环发[2011]60 号)和《环境污染损害数额计算推荐方法》(第 1 版)。此外,也有学者针对这一领域作了一些理论上的研究^[28~32]。但是我国目前的环境损害鉴定评估工作尚处于探索阶段^[33],相关案例不足,还没有形成一套成熟的损害评价量化方法^[34,35],不同评估机构对同一案例的量化结果相差甚远,这就给司法解决涉及环境损害赔偿的案件带来了相当大的困难。因此,有必要建立一套准确、系统的环境损害量化方法。

本文以某货车侧翻事件为例,构建了一套完整的环境损害量化评估方法,以期量化突发水污染事件经济损失提供依据。

1 事件概况

2013 年 7 月 8 日,某货车在 G93 渝遂高速 A 县 B 镇段发生侧翻并坠入高速路旁的小河沟,致车上人员 1 死 1 伤,车上混装有 617 桶油漆(每桶约 18 kg)、变速箱、木地板、电蚊香和蚊香等,部分油漆桶破损造成约 300 kg 油漆进入小河沟,事发点下游 1.5 km 处为 B 镇饮用水源地(C 水库)。事故发生后,A 县环保局会同 B 镇政府及市环保局增援人员立即成立现场应急指挥部并开展应急处置工作,切断了上游来水,在下游设置了围油栏,并用稻草和吸油毡对含油废水进行吸附;同时,对事发地小河沟、下游 C 水库(B 镇饮用水源地)及琼江水质进行跟踪监测。经过近 51 h 的抢险救援,截止 2013 年 7 月 10 日 11:00,事故点附近、C 水库入口、B 镇饮用水源取水点及琼江水质均达到相应的水质标准。7 月 11~12 日,水质持续 2 d 稳定达标。2013 年 7 月 12 日 15:00 解除应急状态。

2 材料与方法

2.1 环境污染损害调查

环境污染损害调查是环境损害评估的基础步骤,其目的是为开展污染来源的确定、关注区域是否受到污染、污染范围和程度、因果关系判断、损害评估等具体工作提供有效的证据支持。环境污染损害调查的对象主要包括书证、物证、视听材料和现场笔录等,其中书证是指文件、报告、计划、记录等书面文字材料或电子文档;物证是指现场采集的污染物样品、受害对象标本等;视听材料是指现场的录音、录像和照片;现场笔录是指执法人员对现场进行实地检查、察看、探访以及对当事人或有关

证人进行询问而当场制作的文书。

2.2 损害监测

根据评估需求,在环境污染损害调查的工作基础上,拟定详细的监测方案,启动现场调查和监测,依据标准方法或委托方签字认可的方法开展现场监测、实验室分析,并对调查资料和监测结果进行分析,为损害评估工作奠定基础。

在监测项目的选取上,由于该货车侧翻事件的泄漏物质油漆成分复杂,选取了 pH、苯、甲苯、二甲苯、镉、铅、六价铬、石油类、高锰酸盐指数、化学需氧量这 10 个油漆的特征污染指标作为损害监测的监测项目。

在监测点位的布设上,在事故点上游(1 号)、琼江上游 500 m(6 号)分别设置小河沟和琼江水质的对照断面,在事故点下游 150 m 的小河沟(2 号)设置控制断面;为关注事故发生点污染物变化情况,在事故点核心区设置关注断面(0 号);为关注小河沟下游环境敏感点(C 水库、琼江)水质情况,在 C 水库的入口断面(3 号)、B 镇饮用水源取水点(4 号)、小河沟与琼江交汇处上游 300 m(5 号)、小河沟入琼江交汇口下游 500 m(7 号)设置关注断面(见图 1)。

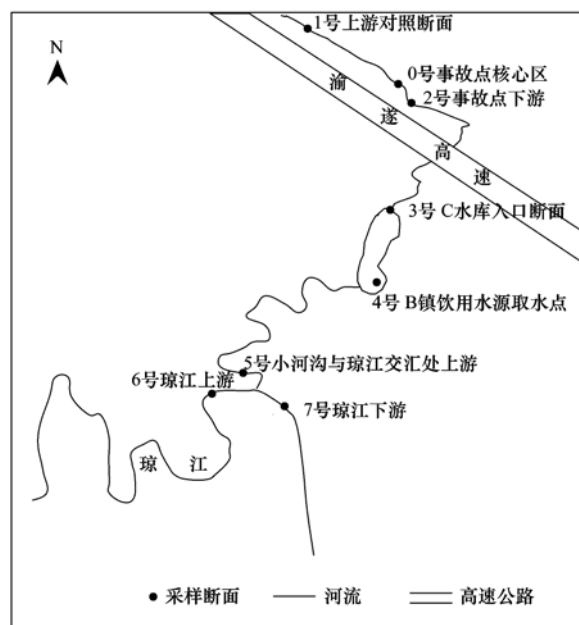


图 1 应急监测点位示意

Fig. 1 Schematics of emergency monitoring points

2.3 环境污染损害识别

环境污染事件导致污染物排放或泄漏于生态环境中,生态环境资源本身或其他生物受体直接或间接暴露于该污染物或污染介质,导致其质量及其生

存能力方面产生可观察到或可测量到的事实性损害^[36]。环境污染损害识别就是在损害调查和监测分析的基础上,初步确定环境损害过程的因果关系,包括污染源和污染物识别、环境损害对象确认和环境污染暴露途径的建立。

2.3.1 污染源和污染物识别

污染源和污染物识别有2个途径,可以从引发原因出发,锁定污染源,从而推断出可能的污染物;也可以从受损结果出发,根据损害区域超标的污染物反推出污染源。对于交通事故引发的环境污染事件,污染源往往与事故车辆有关^[36]。

2.3.2 环境损害对象确认

在突发环境事件中,污染源产生了特定的污染物,产生的污染物以一定的方式和途径从污染源进入到环境,使得环境质量发生变化,进而导致环境损害。在突发性水污染事件中,环境损害对象通常包括地表水资源及沉积物、地下水资源、土壤资源和生物资源(含天然及农、林、牧、渔等人工种植、养殖业的生物资源),评估工作人员可以用以下确认标准对环境损害对象进行确认^[36]。

(1) 损害区域地表水资源及沉积物受污染 损害区域地表水及沉积物中污染物浓度超过国家或地方相关环境标准,或明显超过上游对照区域污染物浓度。

(2) 损害区域地下水资源受污染 损害区域地下水中污染物浓度超过国家或地方相关环境标准,或明显超过背景对照区域污染物浓度。

(3) 损害区域生物资源受损 短期影响:直接导致农作物、鱼类等生物产生不良反应或死亡;长期影响:污染物在农作物、鱼类等生物体内蓄积造成长期危害。

(4) 损害区域周边土壤受污染 损害区域周边土壤中污染物浓度超过国家或地方相关环境标准,或明显超过上游对照区域污染物浓度。

2.3.3 环境污染暴露途径的建立

环境污染暴露途径是指污染物从污染源通过环境介质到达环境损害对象的路径,可以从以下4个方面验证暴露途径的合理性^[36]。

(1) 存在明确的污染源和污染排放行为。

(2) 环境介质中存在污染物,且该污染物与环境污染源产生或排放的污染物一致。

(3) 环境损害对象存在暴露于污染物或受污染的环境介质中的可能性。

(4) 污染物在污染源和损害对象之间的传输路径合理。

2.4 环境损害评估

2.4.1 环境损害评估范围识别

环境污染损害评估的范围主要包括环境污染导致的人身损害、财产损害、生态环境资源损害、应急处置过程中的行政事务投入费用和调查评估费用。其中人身损害、财产损害和生态环境资源损害三部分是环境污染造成的直接损害,而应急处置过程中的行政事务投入费用和调查评估费用则是环境污染造成的间接损害。

由于环境损害评估的范围只包括由环境污染导致的损害,虽然该事件造成了车上人员1死1伤,产生了医疗费、误工费、护理费、交通费、住宿费、住院伙食补助费、人身伤亡特别损失以及相应的精神损害等,且造成了肇事公司油漆等财产损失,但这部分损害结果是由交通事故造成的,而不是环境污染导致,故不纳入环境损害评估的范围。

综上所述,在调查分析的基础上,确定该事件的环境损害评估范围为财产损害、生态环境资源损害、应急处置过程中的行政事务投入费用和调查评估费用。

2.4.2 财产损害

财产损害是指因环境污染直接造成的财产损毁或价值减少,以及为保护财产免受损失而支出的必要的、合理的费用。该事件造成的财产损害主要为农业财产损失,主要为周边受损的农作物和树木。

2.4.3 生态环境资源损害

生态环境资源损害是指由于环境污染直接或间接地导致环境的物理、化学或生物特性的可观察的或可测量的不利改变,以及提供生态系统服务能力的破坏或损伤,包括环境质量恢复成本和资源功能损失补偿费用两部分。

该事件导致小河沟的地表水受到污染,需要评估由此造成的生态环境资源损害,包括水质恢复成本(污染控制与清理费用)和水资源损失费用(水资源功能损失补偿)两部分。水质恢复成本可以用应急处置过程的直接处置费用(即污染控制与清理费用)来量化,而水资源损失费用则采用水资源影子价格作为水资源价值进行水资源损失估算。环境保护部规划院编制的《环境污染损害数额计算推荐方法(第I版)编制说明》中提出,当不同用途的用水量可得时,采用世界银行推荐的水资源价格,不同地区使用时可根据当地水资源的稀缺性在推荐的区间值内选择使用;当不同用途的用水量不可得时,采用不同流域的水资源影子价格,具体见表1。

表 1 水资源的影子价格

不同用途的用水量可得时(2001 年)		不同用途用水量不可得时(2005 年)	
用途	影子价格/元·m ⁻³	用途	影子价格/元·m ⁻³
城市工业	5.0~7.0	东南诸河流域	2.36
农业生产	3.0~5.0	长江流域	3.21
城市生活	2.0~4.0	珠江流域	2.93
农村生活	2.0~4.0	西南诸河流域	2.35
畜禽养殖	1.5~2.5	淮河流域	2.83
林牧渔业	1.0~2.0	松辽河流域	3.40
农业灌溉	0.8~1.6	内陆河流域	3.55
		黄河流域	5.07
		海河流域	5.81

2.4.4 应急处置过程中的行政事务投入费用

应急处置过程中的行政事务投入费用是指各级行政主管部门在应急指挥调度过程中投入人力、车辆等所产生的费用和应急监测部门在应急监测过程中所产生的费用。

2.4.5 调查评估费用

调查评估费用是指评估机构开展环境损害评估工作所产生的费用,包括现场踏勘、走访调查、勘察监测、分析评估和报告编制等工作所产生的费用。

3 结果与讨论

3.1 环境污染损害调查及监测结果分析

3.1.1 各监控水域执行标准

事发地位于渝遂高速公路(G93)A县B镇段。事故车辆发生侧翻并坠入高速路旁的小河沟,造成约300 kg油漆进入高速路旁的小河沟,影响范围主要为小河沟及其下游C水库(B镇饮用水源地)和琼江。根据《重庆市人民政府批转重庆市地表水环境功能类别调整方案的通知》(渝府发〔2012〕4号),琼江A县段为Ⅲ类水域,执行《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)Ⅲ类标准;事发区域小河沟由于无水域适用功能类别,参照Ⅲ类水域,执行《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)Ⅲ类标准。

3.1.2 对照断面水质情况

为了反映小河沟和琼江各监控水质指标的背景值,分别在事故点上游(1号)、琼江上游500 m(6号)设置对照断面,监测结果显示对照断面各监控指标在整个应急处置时间段内(7月8~12日)均稳定达标。

3.1.3 事故点核心区水质分析

污染事故发生后,事故点核心区(0号)石油类浓度为0.242 mg·L⁻¹,超标3.84倍;高锰酸盐指数

浓度为12.1 mg·L⁻¹,超标1.02倍,明显高于对照断面,说明事故点核心区水质明显受到污染。经过2 d的应急处置,7月11~12日,核心区水质各项监控指标连续2 d稳定达标,并与对照断面监测结果相近,表明核心区水质已恢复原状。

3.1.4 控制断面水质分析

事故点下游150 m的小河沟(2号)在事故初期石油类、高锰酸盐指数出现连续超标现象,其余各指标均达到相应水质标准。在应急处置时间段内该控制断面石油类和高锰酸盐指数浓度随时间呈现先上升后下降的趋势(见图2),其中石油类最高浓度达到0.214 mg·L⁻¹,超标3.28倍,高锰酸盐指数最高浓度达到12.2 mg·L⁻¹,超标1.03倍。随着处置工作的深入,二者分别于7月9日、7月11日恢复至评价标准以下。7月12日,控制断面各监控指标均稳定达标,并与对照断面监测结果相近。可见,小河沟下游150 m控制断面水质明显受到污染,但在较快时间内恢复原状。

3.1.5 C水库水质分析

C水库入口处(3号)高锰酸盐指数出现两次短时间超标,其余各指标均达到相应水质标准(见图3)。7月8日15:00~16:00,高锰酸盐指数超标0.17~0.24倍;7月9日06:00~09:00,高锰酸盐指数超标0.05~0.31倍。苯、甲苯及二甲苯虽未超标,但其浓度变化呈现明显的先上升后下降趋势。7月9日06:00~7月9日12:00三者浓度先急剧上升后急剧下降,其中苯浓度为0.001~0.002 mg·L⁻¹,甲苯浓度为0.003~0.004 mg·L⁻¹,二甲苯浓度为0.057~0.080 mg·L⁻¹;7月9日16:00~7月12日08:00,该断面各监控指标均稳定达标,并与对照断面监测结果相近。可见,C水库入口处水质受到污染,但随着应急处置工作的深入开展,于短时间内恢复原状。

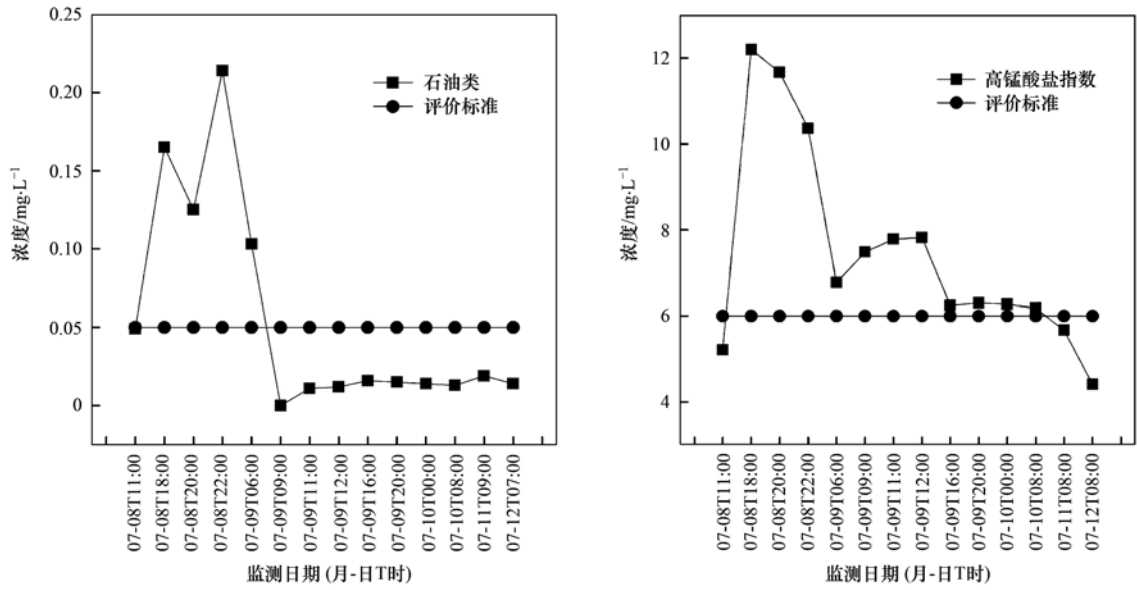


图 2 小河沟下游 150 m 石油类及高锰酸盐指数浓度变化趋势

Fig. 2 Petroleum and permanganate index concentration trends at creek downstream 150 m

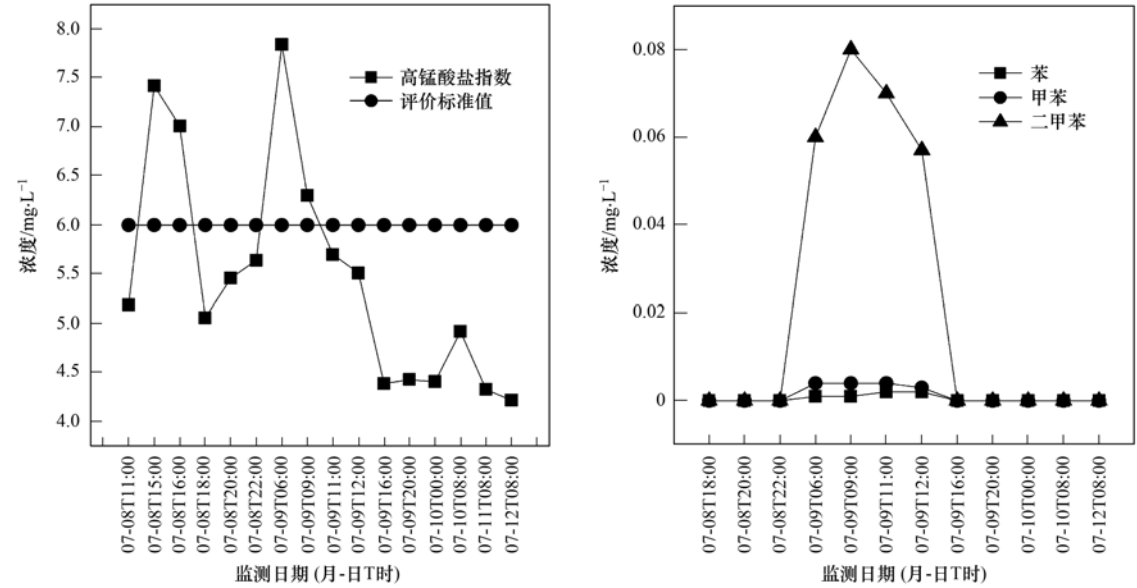


图 3 C 水库入口处高锰酸盐指数及苯系物浓度变化趋势

Fig. 3 Permanganate index and BTEX concentration trends at reservoir C

B 镇饮用水源取水点(4 号)各监测指标在整个应急处置时间段内(7 月 8 ~ 12 日)均稳定达标,并与对照断面监测结果相近,表明 B 镇饮用水源地水质未受该突发环境事件的影响。

3.1.6 琼江水质分析

监测结果显示,琼江下游 500 m 处(7 号)各监测指标在整个应急处置时间段内(7 月 8 ~ 12 日)均稳定达标,并与对照断面监测结果相近,表明琼江水质未受该突发环境事件的影响。

3.2 环境污染损害识别

3.2.1 污染源和污染物识别

在该事件中,某货车发生侧翻并坠入高速路旁的小河沟,车上部分油漆桶破损造成约 300 kg 油漆进入小河沟,故污染源为破损的油漆桶,泄漏的污染物质为油漆,泄漏量约为 300 kg。由于油漆中含有苯、甲苯、二甲苯、镉、铅、铬等有害物质,可能会对外环境(小河沟及其下游环境敏感点)的水质造成影响。

3.2.2 环境损害对象确认

环境污染损害调查及监测结果显示,泄漏油漆进入水体后,造成事故点核心区、事故点下游 150 m 小河沟控制断面石油类、高锰酸盐指数超标,并明显超过上游对照区域污染物浓度; C 水库入口处高锰酸盐指数出现两次短时间超标,苯、甲苯、二甲苯浓度升高,并超过上游对照区域污染物浓度,表明该小河沟事发地至 C 水库入口段水体受到污染. C 水库(B 镇饮用水源取水点)及琼江水质稳定达标,且与对照断面监测结果相近,表明 C 水库及琼江水体未受污染.

因此,确认该事件的环境损害对象为小河沟事发地至 C 水库入口段水体. 根据现场踏勘结果,该段水体长约 1 500 m,平均宽度约 3 m,平均水深约 1.1 m,水量估算约 4 950 m³.

3.2.3 环境污染暴露途径的建立

现场勘查及跟踪监测结果显示,该事件污染物的暴露途径主要是泄漏油漆从破损的油漆桶进入小河沟,并顺流向下游水体扩散,造成小河沟事发地至 C 水库入口段水体受到污染.

3.3 环境损害评估

3.3.1 财产损失

该事件导致事发地周边部分农作物和树木受到油漆污染,并在应急处置的过程中作为废物转运处置,由于受害者与肇事公司已达成赔偿协议,因而该部分损失按照实际赔付金额核算,即农作物损失为 11 800 元,树木损失为 3 340 元,共计 15 140 元.

3.3.2 生态环境资源损害

该事件造成的生态环境资源损害主要由水质恢复成本和水资源损失费用(水资源功能损失补偿)两部分组成.

水质恢复成本可以用应急处置过程的直接处置费用(即污染控制与清理费用)来量化. 评估结果显示,该阶段所产生的费用主要包括应急物质费用、危险废物处置费用、设备及车辆租用费用和人力劳资费用,总计 197 276 元. 其中,应急物资费用为 87 890 元,危险废物处置费用为 56 120 元,设备及车辆租用费用为 16 266 元,人力劳资费用为 37 000 元. 应急物资及危险废物处置费用为主要的花费项目,二者占水质恢复成本总额达 73% 以上(见表 2).

表 2 污染控制与清理费用统计

Table 2 Statistics of pollution control and clean up expense

费用	部门	项目	核算方式	费用/元
应急物资费用	市环境应急与事故调查中心	吸油毡	10 箱 × 960 元 · 箱 ⁻¹	9 600
		围油栏	18 箱 × 1 470 元 · 箱 ⁻¹	26 460
	B 镇政府	电动机(抢险中损坏)	2 台 × 650 元 · 台 ⁻¹	1 300
		处置用谷草	500 kg × 1 元 · kg ⁻¹	500
	A 县环境保护局	沙石	86 m ³ × 90 元 · m ⁻³	7 740
		水泥	4.5 t × 420 元 · t ⁻¹	1 890
		吸油棉	6 件 × 1200 元 · 件 ⁻¹	7 200
		拦油索	6 箱 × 4 200 元 · 箱 ⁻¹	25 200
		活性炭	1 t × 8 000 元 · t ⁻¹	8 000
	小计			87 890
危险废物处置费用	某危废处置公司	废渣处置费	8.90 t × 2 000 元 · t ⁻¹	17 800
		废水处置费	19.16 t × 2 000 元 · t ⁻¹	38 320
	小计			56 120
设备及车辆租用费用	某危废处置公司	废渣转运专用车辆	3 次 × 1 000 元 · 次 ⁻¹	3 000
		危废转运专用车辆	5 次 × 1 000 元 · 次 ⁻¹	5 000
	B 镇政府	普通车辆	1 次 × 980 元 · 次 ⁻¹	980
		挖机	1 次 × 7 286 元 · 次 ⁻¹ (26 h)	7 286
	小计			16 266
人力劳资费用	某危废处置公司	劳务用工	7 人 × 2 d × 200 元 · (人 · d) ⁻¹	2 800
	B 镇政府	劳务用工	20 人 × 1 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	3 000
		劳务用工	27 人 × 2 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	8 100
		劳务用工	9 人 × 3 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	4 050
		劳务用工	3 人 × 4 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	1 800
		劳务用工	3 人 × 5 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	2 250
		劳务用工	2 人 × 7 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	2 100
		劳务用工	4 人 × 8 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	4 800
		劳务用工	6 人 × 9 d × 150 元 · (人 · d) ⁻¹	8 100
	小计			37 000
合计				197 276

水资源的损失是指污染事故影响范围内的水资源不能服务于其正在使用的用途,或者需要采取污染修复或恢复措施后才能正常使用,水资源功能丧失造成的损失. 该小河沟受污染范围为事发地至 C 水库入口段,该小河沟虽未划定水域功能,但汇入的 C 水库为 B 镇饮用水源地,故将小河沟受污染段的水资源用途归类为城市生活用水,其影子价格为 $2.0 \sim 4.0 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,评估取中间值 $3.0 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$. 根据受污染的水量估算结果 ($4\,950 \text{ m}^3$) 和该用途水资源影子价格 $3.0 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,可以估算出该污染事件的水资源损失费用为 14 850 元.

综上所述,该事件造成的生态环境资源损害为 212 126 元,其中水质恢复成本为 197 276 元,水资源损失费用(水资源功能损失补偿)为 14 850 元.

3.3.3 应急处置过程中的行政事务投入费用

应急处置过程中的行政事务投入费用是指各级行政主管部门在应急指挥调度过程中投入人力、车辆等所产生的费用和应急监测部门在应急监测过程中所产生的费用. 评估结果显示,行政事务投入费用总额为 75 715 元,其中,人工费用 8 980 元,应急车辆费用 12 680 元,应急监测费用 54 055 元(表 3). 应急监测费用为主要的花费项目,占行政事务投入费用总额的 71.4%.

表 3 行政事务投入费用统计

Table 3 Statistics of administrative expense

费用	部门	人员、车辆、项目类型	核算方式	费用/元
人力劳资费用	市环境应急与事故调查中心	应急指挥调度人员	$9 \text{ 人} \times 2 \text{ d} \times 200 \text{ 元} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$	3 600
	A 县环境保护局	应急指挥调度人员	$80 \text{ 人次} \times 20 \text{ 元} \cdot \text{人次}^{-1}$	1 600
	市环境监测中心	监测人员	$8 \text{ 人} \times 2 \text{ d} \times 80 \text{ 元} \cdot (\text{人} \cdot \text{d})^{-1}$	1 280
	A 县环境监测站	监测人员	$125 \text{ 人次} \times 20 \text{ 元} \cdot \text{人次}^{-1}$	2 500
	小计			8 980
应急车辆及其油耗费用	市环境应急与事故调查中心	普通车辆	$1 \text{ 辆} \times 2 \text{ d} \times 1\,375 \text{ 元} \cdot (\text{辆} \cdot \text{d})^{-1}$	2 750
		普通车辆耗油	$60 \text{ L} \times 7.5 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$	450
		专用车辆	$1 \text{ 辆} \times 2 \text{ d} \times 1\,375 \text{ 元} \cdot (\text{辆} \cdot \text{d})^{-1}$	2 750
		专用车辆耗油	$80 \text{ L} \times 7.5 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$	600
	A 县环境保护局	普通车辆	$18 \text{ 车次} \times 60 \text{ 元} \cdot \text{车次}^{-1}$	1 080
	市环境监测中心	专用监测车辆	$2 \text{ 辆} \times 2 \text{ d} \times 400 \text{ 元} \cdot (\text{辆} \cdot \text{d})^{-1}$	1 600
		车辆耗油	$100 \text{ L} \times 7.5 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$	750
	A 县环境监测站	专用监测车辆	$45 \text{ 车次} \times 60 \text{ 元} \cdot \text{车次}^{-1}$	2 700
	小计			12 680
	样品采集	—	$407 \text{ 个} \times (6 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	6 105
应急监测费用	样品分析	pH	$68 \text{ 个} \times (10 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	1 700
		化学需氧量	$7 \text{ 个} \times (60 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	1 050
		高锰酸盐指数	$68 \text{ 个} \times (20 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	3 400
		六价铬	$33 \text{ 个} \times (40 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	3 300
		石油类	$67 \text{ 个} \times (70 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	11 725
		镉	$40 \text{ 个} \times (60 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	6 000
		铅	$37 \text{ 个} \times (60 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	5 550
		苯系物	$(29 \times 3) \text{ 个} \times (70 \times 2.5) \text{ 元} \cdot \text{个}^{-1}$	15 225
	小计			54 055
	合计			75 715

3.3.4 调查评估费用

调查评估费用是指环境损害鉴定评估机构开展环境损害评估所产生的费用,评估结果显示,调查评估费用总额为 50 000 元,包括现场踏勘费用 5 000 元,走访调查费用 5 000 元,勘察监测费用 10 000 元,分析评估费用 20 000 元和报告编制费用 10 000 元.

3.3.5 环境损害评估汇总

该事件中由环境污染造成的直接损害数额为 227 266 元,其中财产损害为 15 140 元,生态环境资源损害 212 126 元(包括水质恢复成本 197 276 元,水资源功能损失补偿 14 850 元);由环境污染造成的间接损害数额为 125 715 元,其中应急处置行政事务投入费用为 75 715 元,调查评估费用为 50 000 元. 综上所述,评估该事件造成的环境污染损害数额总计为 352 981 元.

4 结论

(1)我国突发性环境污染事件的环境损害评估工作尚处于探索阶段,缺乏科学合理的评估方法.本文结合某货车侧翻水污染事件,构建了一套包括环境污染损害调查、损害监测、环境污染损害识别和环境损害评估等内容的突发水污染事件环境损害的量化评估程序和方法.

(2)本文在开展该货车侧翻水污染事件环境损害评估范围识别的基础上,从财产损害、生态环境资源损害、应急处置行政事务投入费用和调查评估费用4个方面量化了该事件造成的环境污染损害.该事件造成的环境污染损害数额总计为352 981元,其中直接损害数额为227 266元,构成项目为财产损害和生态环境资源损害,占环境污染损害总额的64.4%;间接损害为125 715元,构成项目为应急处置行政事务投入费用和调查评估费用,占环境污染损害总额的35.6%.

参考文献:

- [1] 李青云, 赵良元, 林莉, 等. 突发性水污染事故应急处理技术研究进展[J]. 长江科学院院报, 2014, **31**(4): 6-11.
- [2] 陈飞, 王罗春, 武文燕, 等. 2006~2012年中国城市水源地突发性水污染事件的统计分析[J]. 上海电力学院学报, 2014, **30**(1): 62-70.
- [3] 崔伟中, 刘晨. 松花江和沱江等重大水污染事件的反思[J]. 水资源保护, 2006, **22**(1): 1-4.
- [4] 朱飞, 李彦旭, 许振成, 等. 龙江河水体与沉积物镉污染特征与潜在生态风险评价[J]. 环境污染与防治, 2013, **35**(11): 56-61.
- [5] 董肖龙. 环境公益诉讼探析——从紫金矿业污染案说起[J]. 法制与经济, 2011, (5): 139-141.
- [6] Faure M G, Jing L. Compensation for environmental damage in China: theory and practice [J]. *Pace Environmental Law Review*, 2014, **31**(1): 1-84.
- [7] 张红振, 曹东, 於方, 等. 环境损害评估: 国际制度及对中国的启示[J]. 环境科学, 2013, **34**(5): 1653-1666.
- [8] Lin A C. The unifying role of harm in environmental law [J]. *Wisconsin Law Review*, 2006, **3**(74): 897-985.
- [9] Tietenberg T, Lewis L. Environmental and natural resources economics [M]. Reading, MA: Addison Wesley, 2000. 35-47.
- [10] Mazzotta M J, Opaluch J J, Grigalunas T A. Natural resource damage assessment: the role of resource restoration [J]. *Natural Resources Journal*, 1994, **34**: 153-178.
- [11] Mirasgedis S, Hontou V, Georgopoulou E, *et al.* Environmental damage costs from airborne pollution of industrial activities in the greater Athens, Greece area and the resulting benefits from the introduction of Bat [J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2008, **28**(1): 39-56.
- [12] Sunstein C R. Two conceptions of irreversible environmental harm [D]. Chicago: The University of Chicago, 2008. 1-28.
- [13] Pendygraft G, Plews G M, Clark J W, *et al.* Who pays for environmental damage: recent developments in CERCLA liability and insurance coverage litigation [J]. *Indiana Law Review*, 1988, **21**: 117-158.
- [14] French-Mccay D. Oil spill modeling for ecological risk and natural resource damage assessment [A]. In: 2011 International Oil Spill Conference [C]. USA: Applied Science Associates, Incorporation, 2011. 1-9.
- [15] Reed M. The physical fates component of the natural resource damage assessment model system [J]. *Oil and Chemical Pollution*, 1989, **5**(2-3): 99-123.
- [16] Peterman S. CERCLA's unrecoverable natural resource damages: injuries to cultural resources and services [J]. *Ecology Law Currents*, 2011, **38**: 17-24.
- [17] Carson R, Navarro P. Fundamental issues in natural resource damage assessment [J]. *Natural Resources Journal*, 1988, **28**: 815-836.
- [18] Roach B, Wade W W. Policy evaluation of natural resource injuries using habitat equivalency analysis [J]. *Ecological Economics*, 2006, **58**(2): 421-433.
- [19] Reed M, French D. A transportable system of models for natural resource damage assessment [J]. *Environmental Software*, 1992, **7**(4): 191-201.
- [20] Sutton-Grier A E, Moore A K, Wiley P C, *et al.* Incorporating ecosystem services into the implementation of existing U. S. natural resource management regulations: operationalizing carbon sequestration and storage [J]. *Marine Policy*, 2014, **43**: 246-253.
- [21] Lemly A D. Teratogenic effects and monetary cost of selenium poisoning of fish in Lake Sutton, North Carolina [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2014, **104**: 160-167.
- [22] Hoang Y P. Assessing environmental damages after oil spill disasters: how courts should construe the rebuttable presumption under the Oil Pollution Act [J]. *Cornell Law Review*, 2010, **96**(6): 1469-1502.
- [23] Morey E R, Breffle W S, Rowe R D, *et al.* Estimating recreational trout fishing damages in Montana's Clark Fork River basin: summary of a natural resource damage assessment [J]. *Journal of Environmental Management*, 2002, **66**(2): 159-170.
- [24] Jones C A. Use of non-market valuation methods in the courtroom: recent affirmative precedents in natural resource damage assessments [J]. *Water Resources Update*, 1997, 109.
- [25] Ando A W, Khanna M. Natural resource damage assessment methods: lessons in simplicity from state trustees [J]. *Contemporary Economic Policy*, 2004, **22**(4): 504-519.
- [26] Anderson F R. Natural resource damages, Superfund, and the courts [J]. *Boston College Environmental Affairs Law Review*, 1988, **16**(3): 405-457.
- [27] Winter G, Jans J H, Macrory R, *et al.* Weighing up the EC environmental Liability directive [J]. *Journal of Environmental*

- Law, 2008, **20**(2): 163-191.
- [28] 於方, 张红振, 牛坤玉, 等. 我国的环境损害评估范围界定与评估方法[J]. 环境保护, 2012, (5): 25-29.
- [29] 张庆伟. 环境污染事故经济损失评估研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2010.
- [30] 刘科伟. 船载散装化学品泄漏对海洋环境与生态损害评估研究[D]. 山东: 山东海事大学, 2009.
- [31] 邓锋琼. 论环境污染损害评估机制[J]. 环境保护, 2014, (8): 41-42.
- [32] 刘倩, 郭华, 王金南. 如何构建环境污染损害评估司法鉴定管理体系[J]. 环境保护, 2012, (5): 35-38.
- [33] 吴宇欣. 环境诉讼与环境损害鉴定[J]. 环境与可持续发展, 2013, **38**(1): 57-60.
- [34] 黄绍洁, 陈登美, 黄贤峰. 贵州环境污染事故经济损失调查研究[J]. 环保科技, 2013, **19**(2): 25-29.
- [35] 李海杰. 环境污染损害鉴定案例分析与思考[J]. 环境与可持续发展, 2013, **38**(5): 81-83.
- [36] 蔡锋, 李新宇, 陈刚才, 等. 次级河流水污染事件应急处置程序及环境损害评估技术路线[J]. 环境工程学报, 2014, **8**(9): 3658-3664.

CONTENTS

Pollution of Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Atmospheric Particulate Matters of Shenzhen	SUN Jian-lin, CHANG Wen-jing, CHEN Zheng-xia, <i>et al.</i> (1513)
Emission Characteristics of VOCs from Typical Restaurants in Beijing	CUI Tong, CHENG Jing-chen, HE Wan-qing, <i>et al.</i> (1523)
Characteristics Analysis of Sulfur Dioxide in Pearl River Delta from 2006 to 2010	LI Fei, TAN Hao-bo, DENG Xue-jiao, <i>et al.</i> (1530)
Comparison Test Between PM _{2.5} Continuous Monitoring System and Manual Sampling Analysis for PM _{2.5} in Ambient Air	WANG Qiang, ZHONG Qi, CHI Ying, <i>et al.</i> (1538)
Determination and Emission of Condensable Particulate Matter from Coal-fired Power Plants	PEI Bing (1544)
Potential Carbon Fixation Capability of Non-photosynthetic Microbial Community at Different Depth of the South China Sea and Its Response to Different Electron Donors	FANG Feng, WANG Lei, XI Xue-fei, <i>et al.</i> (1550)
Remote Sensing Estimation of Chlorophyll-a Concentration in Inland Lakes Based on GOCI Image and Optical Classification of Water Body	FENG Chi, JIN Qi, WANG Yan-nan, <i>et al.</i> (1557)
Hydrochemical Characteristics and Sources of Qingshuijiang River Basin at Wet Season in Guizhou Province	LÜ Jie-mei, AN Yan-ling, WU Qi-xin, <i>et al.</i> (1565)
Temporal-spatial Variation and Source Identification of Hydro-chemical Characteristics in Shima River Catchment, Dongguan City	GAO Lei, CHEN Jian-yao, WANG Jiang, <i>et al.</i> (1573)
Response and Control Factors of Groundwater to Extreme Weather, Jiguan Cave, Henan Province, China	LIU Xiao, YANG Yan, PENG Tao, <i>et al.</i> (1582)
Impact of Rocky Desertification Treatment on Underground Water Chemistry and Dissolved Inorganic Carbon Isotope in Karst Areas	XIAO Shi-zhen, XIONG Kang-ning, LAN Jia-cheng, <i>et al.</i> (1590)
Difference of Karst Carbon Sink Under Different Land Use and Land Cover Areas in Dry Season	ZHAO Rui-yi, LIANG Zuo-bing, WANG Zun-bo, <i>et al.</i> (1598)
Vertical Migration Characteristics of Organochlorine Pesticides in Overlying Soil in Karst Terranes and Its Impact on Groundwater	SUN Yu-chuan, WANG Yong-qi, LIANG Zuo-bing, <i>et al.</i> (1605)
Pollution Status and Migration of Mercury in the Sediments of Nansi Lake in Shandong Province	CAO Fei-fei, YANG Li-yuan, PANG Xu-gui, <i>et al.</i> (1615)
Response of Sediment Micro Environment and Micro Interface to Physical Disturbance Intensity Under the Disturbance of <i>Chironomus plumosus</i>	SHI Xiao-dan, LI Yong, LI Da-peng, <i>et al.</i> (1622)
Characteristics of Atmospheric Nitrogen Wet Deposition and Associated Impact on N Transport in the Watershed of Red Soil Area in Southern China	HAO Zhuo, GAO Yang, ZHANG Jin-zhong, <i>et al.</i> (1630)
Effect of Different Purple Parent Rock on Removal Rates of Nitrogen, Phosphorus and Organics in Landscape Water	HUANG Xue-jiao, LIU Xiao-chen, LI Zhen-lun, <i>et al.</i> (1639)
Effects of <i>Litchi chinensis</i> Defoliation on Growth and Photosynthesis of <i>Microcystis aeruginosa</i>	WANG Xiao-xiong, JIANG Chen-chun, LI Jin-wei, <i>et al.</i> (1648)
Toxicity of <i>Coptis chinensis</i> Rhizome Extracts to Green Algae	CHEN Ya-nan, YUAN Ling (1655)
Formation Mechanism of the Disinfection By-product 1,1-Dichloroacetone in Drinking Water	DING Chun-sheng, MENG Zhuang, XU Yang-yang, <i>et al.</i> (1662)
Degradation Kinetics and Formation of Disinfection By-products During Linuron Chlorination in Drinking Water	LING Xiao, HU Chen-yan, CHENG Ming, <i>et al.</i> (1668)
Interference for Various Quench Agents of Chemical Disinfectants on Detection of Endotoxin Activities in Water	ZHANG Can, LIU Wen-jun, SHI Yun, <i>et al.</i> (1674)
Ammonium Adsorption Characteristics in Aqueous Solution by Dairy Manure Biochar	MA Feng-feng, ZHAO Bao-wei, DIAO Jing-ru, <i>et al.</i> (1678)
Absorption of Uranium with Tea Oil Tree Sawdust Modified by Succinic Acid	ZHANG Xiao-feng, CHEN Di-yun, PENG Yan, <i>et al.</i> (1686)
Effect of Membrane Wettability on Membrane Fouling and Chemical Durability of SPG Membranes	ZHANG Jing, XIAO Tai-min, ZHANG Jing, <i>et al.</i> (1694)
TiO ₂ -Induced Photodegradation of Levofloxacin by Visible Light and Its Mechanism	GUO Hong-sheng, LIU Ya-nan, QIAO Qi, <i>et al.</i> (1700)
Performance of Novel Macromolecule Flocculant in the Treatment of Wastewater Containing Cr(VI) Ions	WANG Gang, DU Feng-ling, CHANG Qing, <i>et al.</i> (1707)
On-line Estimation for the Amount of Stored PHA in Activated Sludge Based on OUR-HPR Measurements	ZENG Shan-wen, WANG Ze-yu, GAO Jing, <i>et al.</i> (1713)
Formation Mechanism of Self-forming Dynamic Membrane During Separation of High-concentration Sewage Sludge Fermented for Acid Production	HUANG Shuai, LIU Hong-bo, YIN Bo, <i>et al.</i> (1720)
Influence of Air Flux on Municipal Sludge Biodrying in a Pilot Scale Test	ZHANG Yu, HAN Rong, LU Wen-jing, <i>et al.</i> (1727)
Extraction of Heavy Metals from Sludge Using Biodegradable Chelating Agent <i>N,N</i> -bis(carboxymethyl) Glutamic Acid Tetrasodium	WU Qing, CUI Yan-rui, TANG Xiao-xiao, <i>et al.</i> (1733)
Biodiversity and Function Analyses of BIOLAK Activated Sludge Metagenome	TIAN Mei, LIU Han-hu, SHEN Xin, <i>et al.</i> (1739)
Characteristics of Nitrogen Removal by a Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification Bacterium YL	LIANG Xian, REN Yong-xiang, YANG Lei, <i>et al.</i> (1749)
Biodegradation Characteristics and Kinetics of <i>p</i> -nitrophenol by Strain <i>Arthrobacter</i> sp. CN2	REN Lei, SHI Yan-hua, JIA Yang, <i>et al.</i> (1757)
Biodegradation of Pyrene by Intact Cells and Spores of <i>Brevibacillus brevis</i>	LIU Zhi-chen, YE Jin-shao, PENG Hui, <i>et al.</i> (1763)
Investigation of Antibiotic Resistance Genes (ARGs) in Landfill	LI Lei, XU Jing, ZHAO You-cai, <i>et al.</i> (1769)
Investigation of Antibiotic Resistance of Indigenous Bacteria and Abundance of Class I Integron in Matrix of Constructed Wetlands of Different Configurations	MAI Xiao-bei, TAO Ran, YANG Yang, <i>et al.</i> (1776)
Effects of Nitrate and CH ₄ on Anaerobic Oxidation of BETX in Landfill Cover Soils	LIU Rong, LONG Yan, WANG Li-li, <i>et al.</i> (1785)
Spatial Heterogeneity of Soil Respiration in a Planted Larch Forest in Shanxi Plateau	YAN Jun-xia, LI Hong-jian, LI Jun-jian, <i>et al.</i> (1793)
Effects of Nitrogen Fertilization on Soil Respiration and Temperature Sensitivity in Spring Maize Field in Semi-Arid Regions on Loess Plateau	JIANG Ji-shao, GUO Sheng-li, WANG Rui, <i>et al.</i> (1802)
Distribution Characteristics of Heavy Metals in the Street Dusts in Xuanwei and Their Health Risk Assessment	ZHANG Wen-chao, LÜ Sen-lin, LIU Ding-yu, <i>et al.</i> (1810)
Spatial Distribution of Magnetic Properties of Street Dust in Baoji City and Its Implications of Environment	ZHANG Jun-hui, WANG Jin, ZHANG Jian, <i>et al.</i> (1818)
Effect of Long-term Fertilizer Application on the Stability of Organic Carbon in Particle Size Fractions of a Paddy Soil in Zhejiang Province, China	MAO Xia-li, LU Kou-ping, SUN Tao, <i>et al.</i> (1827)
Effects of Different Reclaimed Scenarios on Soil Microbe and Enzyme Activities in Mining Areas	LI Jun-jian, LIU Feng, ZHOU Xiao-mei (1836)
Soil Microorganism Characteristics and Soil Nutrients of Different Wetlands in Sanjinag Plain, Northeast China	XIAO Ye, HUANG Zhi-gang, WU Hai-tao, <i>et al.</i> (1842)
Strengthening Effects of Sodium Salts on Washing Kerosene Contaminated Soil with Surfactants	HUANG Zhao-lu, CHEN Quan-yuan, ZHOU Juan, <i>et al.</i> (1849)
Effects and Biological Response on Bioremediation of Petroleum Contaminated Soil	YANG Qian, WU Man-li, NIE Mai-qian, <i>et al.</i> (1856)
Enhanced Phytoremediation of Heavy Metals from Contaminated Soils Using <i>Sedum alfredii</i> Hance with Biodegradable Chelate GLDA	WEI Ze-bin, CHEN Xiao-hong, WU Qi-tang, <i>et al.</i> (1864)
Speciation Characteristics and Bioavailability of Heavy Metals in Oasis Soil Under Pb, Zn Combined Stress	JIN Cheng, ZHAO Zhuan-jun, NAN Zhong-ren, <i>et al.</i> (1870)
Influence of Sulfur on the Formation of Fe-Mn Plaque on Root and Uptake of Cd by Rice (<i>Oryza sativa</i> L.)	WANG Dan, LI Xin, WANG Dai-chang, <i>et al.</i> (1877)
Effects of Ozone on Photosynthesis of Several Plants	LI Miao-miao (1888)
A Method Research on Environmental Damage Assessment of a Truck Rollover Pollution Incident	CAI Feng, ZHAO Shi-bo, CHEN Gang-cai, <i>et al.</i> (1902)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 刘 毅 汤鸿霄 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2015年5月15日 第36卷 第5期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 5 May 15, 2015

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 120.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行