

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第7期

Vol.36 No.7

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

2013年12月中国中东部地区严重灰霾期间上海市颗粒物的输送途径及潜在源区贡献分析	李莉, 蔡蓓琳, 周敏 (2327)
长三角冬季一次霾过程气溶胶及其水溶性离子的区域分布特征	王曼婷, 朱彬, 王红磊, 薛国强, 何俊, 徐宏辉, 曹锦飞 (2337)
北京城区大气 PM _{2.5} 主要化学组分构成研究	刘保献, 杨懂艳, 张大伟, 陈添, 赵红帅, 陈圆圆, 陆皓昀 (2346)
2014年春季山东省 PM _{2.5} 跨界输送研究	贾海鹰, 程念亮, 何友江, 陈云波, 杜晓惠, 单晓丽 (2353)
燃煤电厂产生和排放的 PM _{2.5} 中水溶性离子特征	马子珍, 李振, 蒋靖坤, 叶芝祥, 邓建国, 段雷 (2361)
南京夏季城市冠层大气 CO ₂ 浓度时空分布规律的观测	高韵秋, 刘寿东, 胡凝, 王淑敏, 邓力琛, 于洲, 张圳, 李旭辉 (2367)
北京市机动车尾气排放因子研究	樊守彬, 田灵娣, 张东旭, 曲松 (2374)
北京不同污染地区园林植物对空气颗粒物的滞纳能力	张维康, 王兵, 牛香 (2381)
长三角地区火电行业主要大气污染物排放估算	丁青青, 魏伟, 沈群, 孙予罕 (2389)
基于区域循环模型 IAP-N 的安徽省农用地 N ₂ O 排放量估算	韩云芳, 韩圣慧, 严平 (2395)
不同源汇信息提取方法对区域 CO ₂ 源汇估算及其季节变化的影响评估	张芳, 周凌晔, 王玉诏 (2405)
实测/预测辽河铬(VI)水生生物基准与风险评估	王晓南, 闫振广, 刘征涛, 张聪, 王伟莉 (2414)
博尔塔拉河河水、表层底泥及河岸土壤重金属的污染和潜在危害评价	张兆永, 吉力力·阿不都外力, 姜逢清 (2422)
岩溶泉水化学性质及 δ ¹³ C _{DIC} 影响因素	赵瑞一, 吕现福, 刘子琦, 吕春艳 (2430)
柳江流域柳州断面水化学特征及无机碳汇通量分析	原雅琼, 何师意, 于爽, 孙平安, 王艳雪, 武招云, 李新桂, 谢明鲜, 刘文, 李瑞, 张华生 (2437)
重庆市主城区次级河流总氮总磷污染特征分析及富营养化评价	庆旭瑶, 任玉芬, 吕志强, 王效科, 庞容, 邓睿, 孟龄, 马慧雅 (2446)
三峡库区消落带土壤邻苯二甲酸二丁酯静态释放特征	王法, 王强, 木志坚, 杨志丹, 宋娇艳 (2453)
干湿循环对三峡支流消落带沉积物中可转化态氮及其形态分布的影响	林俊杰, 张帅, 杨振宇, 何立平, 周依, 张倩茹 (2459)
天山天池夏季叶绿素 a 的分布及富营养化特征研究	王斌, 马健, 王银亚, 尹湘江 (2465)
西大海湖沉积物营养盐垂直分布特征变化分析	段木春, 肖海丰, 臧淑英 (2472)
草街水库蓄水后嘉陵江浮游植物群落特征及水质评价	杨敏, 张晟, 刘朔孺 (2480)
宁波三江口水域原核生物群落结构分析	胡安谊, 李姜维, 杨晓永, 王弘杰, 于昌平 (2487)
全氟化合物对表层沉积物中细菌群落结构的影响	孙雅君, 王铁宇, 彭霞薇, 王佩 (2496)
蓝藻腐解-金鱼藻生长耦合作用对水质及植物生长的影响	马月, 王国祥, 曹勤, 王小云, 马杰 (2504)
生物滞留设施对城市地表径流低浓度磷吸附基质研究	李立青, 龚燕芳, 颜子钦, 单保庆 (2511)
复合填料生物渗滤系统处理城市雨水径流的研究	王晓璐, 左剑恶, 千里里, 邢薇, 缪恒峰, 阮文权 (2518)
3种典型消毒副产物对细菌抗生素抗性的影响	吕露, 张梦露, 王春明, 林惠荣, 于鑫 (2525)
基于透射光法探讨水流流速对 DNAPL 运移分布的影响	高燕维, 郑菲, 施小清, 孙媛媛, 徐红霞, 吴吉春 (2532)
BDD 和 PbO ₂ 电极电化学氧化苯并三氮唑的对比研究	伍娟丽, 张佳维, 王婷, 倪晋仁 (2540)
开放系统下方解石对邻苯二甲酸的吸附	李振炫, 黄利东, 陈艳芳, 缪晔, 刘大刚, 许正文 (2547)
碳纳米管-羟磷灰石对铅的吸附特性研究	张金利, 李宇 (2554)
刚果红分子印迹聚合物纳米微球的合成及吸附性能	常自强, 陈复彬, 张玉, 时作龙, 杨春艳, 章竹君 (2564)
碱热-酸热法合成二氧化钛-钛酸纳米管复合纳米材料对 Cd(II) 和苯酚的同步去除	雷立, 晋银佳, 王婷, 赵泉, 晏友, 刘文 (2573)
固定化菌剂对污水和牛粪中雌二醇和己烯雌酚的去除作用	李欣, 凌婉婷, 刘静娴, 孙敏霞, 高彦征, 刘娟 (2581)
PN-ANAMMOX 一体化反应器处理电子行业 PCB 废水	袁琬, 李祥, 周呈, 陈宗姮 (2591)
Fenton 氧化深度处理石化废水厂二级出水研究	王翼, 吴昌永, 周岳溪, 张雪, 董波, 陈学民 (2597)
制革废水和印染废水的综合毒性评估及鉴别	黄利, 陈文艳, 万玉山, 郑国娟, 赵远, 蔡强 (2604)
不同溶解氧条件下 A/O 系统的除碳脱氮效果和细菌群落结构变化	陈燕, 刘国华, 范强, 汪俊妍, 齐鲁, 王洪臣 (2610)
利用主要缺氧段 ORP 作为连续流单污泥污水脱氮除磷系统调控参数	王晓玲, 宋铁红, 殷宝勇, 李静文, 李紫棋, 余勇 (2617)
连续流态下以实际低基质生活污水培养好氧颗粒污泥及其脱氮性能	姚力, 信欣, 鲁航, 朱辽东, 谢思建 (2626)
广东清远电子垃圾拆解区农田土壤重金属污染评价	张金莲, 丁疆峰, 卢桂宇, 党志, 易筱筠 (2633)
山东省临沂市土壤有机氯农药滴滴涕残留量与空间分布特征	喻超, 王增辉, 王红晋, 代杰瑞, 庞绪贵, 赵西强, 刘华峰 (2641)
金华市萤石矿区土壤氟污染评价	叶群峰, 周小玲 (2648)
土壤碳收支对秸秆与秸秆生物炭还田的响应及其机制	侯亚红, 王磊, 付小花, 乐毅全 (2655)
黄土区果园和刺槐林生态系统土壤有机碳变化及影响因素	李如剑, 王蕊, 李娜娜, 姜继韶, 张彦军, 王志齐, 刘庆芳, 吴得峰, 郭胜利 (2662)
缙云山土地利用方式对土壤轻组及颗粒态有机碳氮的影响	雷利国, 江长胜, 郝庆菊 (2669)
塔里木河上游典型绿洲土壤酶活性与环境因子相关分析	朱美玲, 贡璐, 张龙龙 (2678)
不同部位玉米秸秆对两种质地黑土 CO ₂ 排放和微生物量的影响	刘四义, 梁爱珍, 杨学明, 张晓平, 贾淑霞, 陈学文, 张士秀, 孙冰洁, 陈升龙 (2686)
1株对叔丁基邻苯二酚降解菌的筛选鉴定及响应面法优化其降解	贺强礼, 刘文斌, 杨海君, 彭晓霞, 关向杰, 黄水娥 (2695)
耐高浓度沼液产油小球藻的分离鉴定与特征分析	杨周, 王文国, 马丹炜, 汤晓玉, 胡启春 (2707)
水介质中 C ₆₀ 纳米晶体颗粒与 Cu ²⁺ 对小鼠腹腔巨噬细胞的复合毒性研究	于叶, 卞为林, 张慧敏, 张波, 何义亮 (2713)
地表水体中同时分析 18 种糖皮质激素方法的建立	郭文景, 常红, 孙德智, 吴丰昌, 杨浩 (2719)
《环境科学》征订启事 (2553) 《环境科学》征稿简则 (2640) 信息 (2546, 2609, 2616, 2647)	

山东省临沂市土壤有机氯农药滴滴涕残留量与空间分布特征

喻超,王增辉,王红晋,代杰瑞,庞绪贵,赵西强,刘华峰

(山东省地质调查院,济南 250013)

摘要: 通过对临沂市全区表层土壤每 36 km² 进行样品收集,测试分析了 DDTs、OrgC、N 等指标,主要研究了区域表层土壤 DDTs 的残留现状、组成和来源、影响因素、空间分布和环境质量特征。结果表明,调查区表层土壤中 DDTs 检出率为 71.75%,平均含量为 0.035 μg·g⁻¹; 检出样品中 *p,p'*-DDT 和 *p,p'*-DDE 为主要残留物,平均残留分别为 0.033 μg·g⁻¹ 和 0.010 μg·g⁻¹,分别占检出样品的 60.99% 和 34.62%。DDTs 降解率指示区域 58% 表层土壤为新近输入区,新近输入区在调查区中南部分布尤为明显; 而 *p,p'*-DDD/*p,p'*-DDE 指示区域 DDTs 降解以氧化环境为主, *o,p'*-DDT/*p,p'*-DDT 指示 71.37% 区域土壤 DDTs 输入可能与工业级 DDTs 有关。相关分析表明,影响土壤 DDTs 分布的外在因素包括土壤 OrgC、N、C 和 pH 等指标,且 DDTs 中 *p,p'*-DDT 组分占比越高,影响越明显。DDTs 的空间分布具明显点源特征,市县周围均出现明显浓集中心,中南部部分区域浓度明显较高。全区 DDTs 土壤环境质量污染程度较低,主要以一二类土壤为主,分别占 78.95% 和 21.05%。

关键词: 土壤; 有机氯农药; DDTs; 来源; 影响因素; 空间分布; 临沂市

中图分类号: X53 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)07-2641-07 DOI: 10.13227/j.hj.kx.2015.07.042

Residues and Spatial Distribution Characteristics of Organochlorine Pesticides DDTs in Soil of Linyi City, Shandong Province

YU Chao, WANG Zeng-hui, WANG Hong-jin, DAI Jie-rui, PANG Xu-gui, ZHAO Xi-qiang, LIU Hua-feng
(Shandong Institute of Geological Survey, Ji'nan 250013, China)

Abstract: Surface soil samples were collected every 36 km² from Linyi City to study the residues, composition and origin, influencing factors, spatial distribution and environment quality characteristics of soil DDTs. Measurements were taken for DDTs, OrgC, N, etc. for all samples. The results indicated that the detectable rate of DDTs was 71.75%, and the mean content of DDTs was 0.035 μg·g⁻¹. *p,p'*-DDT and *p,p'*-DDE were the predominant contaminant compounds, with mean concentrations of 0.033 μg·g⁻¹ and 0.010 μg·g⁻¹, and accounted for 60.99% and 34.62% of the detectable samples, respectively. The degradation rate of DDTs suggested that 58% surface soils were recently inputted, these newly inputted locations were especially distributed in the middle to south of the study area, meanwhile, *p,p'*-DDD/*p,p'*-DDE revealed that the degradation of DDTs was mainly under oxidizing condition, and *o,p'*-DDT/*p,p'*-DDT illustrated that 71.37% DDTs in soils of the study area were concerned with technical DDTs sources. Besides, the correlation analysis showed that the external factors affecting the distribution of DDTs included OrgC, N, C and pH etc., and the higher the *p,p'*-DDT proportion of DDTs, the greater the effect. The distribution of DDTs had an obvious point source characteristic, and significant concentration centers were located nearby the cities and counties, typically, the DDTs concentrations of middle to southern area were much higher. However, DDTs environmental quality assessment suggested that the pollution level was relatively low, and the soil was mainly classified into grade I or II, which accounted for 78.95% and 21.05% of the whole study area, respectively.

Key words: soil; organochlorine pesticides (OCPs); DDTs; source; effect factor; distribution; Linyi City

有机氯农药 (OCPs) 是一种普遍存在于各环境介质中的污染物^[1,2], 在水、土壤、沉积物、灰尘、树皮、大气等介质中均能检出, 甚至远在南极地区的环境介质中也有检出^[3~6]. 这些污染物能够通过大气、水等在环境中长距离搬运, 具有较强的传播性, 且作为一种持久性有机污染物 (POPs), 其半挥发、难降解、有毒, 并能通过食物链生物积累, 对人体的潜在危害大而广. 然而, 20 世纪 50 ~ 70 年代, 有机氯农药被世界各国广泛应用, 直至其危害性被广泛认识. 我国于 1983 年 4 月全面禁止了此类有机

氯农药的生产和使用, 30 年间, 我国 HCHs 消耗 490 万 t (占世界总量的 1/3), DDTs 消耗 40 万 t (占世界总量的 1/5)^[7,8]. 林地土中 DDT 的降解半衰期能持续 20 ~ 30 年^[9], 海水系统降解半衰期能持续约 5 年^[10], 难以降解可见一斑.

山东半岛海域范围的胶州湾、莱州湾、烟台套

收稿日期: 2014-12-11; 修订日期: 2015-02-05
基金项目: 山东省国土资源大调查项目 (2006709)
作者简介: 喻超 (1985 ~), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为地球化学, E-mail: chaoyu. cug@gmail. com

子湾及四十里湾水体(水和沉积物)调查显示^[11,12],有机氯农药均有不同程度的检出,尤以 HCHs 和 DDTs 为主.不少学者对北京郊区、上海、南京、东莞、天津等地区的土壤等介质进行的调查^[13~17]也表明,土壤有机氯农药以 HCHs 和 DDTs 的残留占主导,尤以 DDTs 的残留量更盛.依托国土资源大调查项目对山东临沂市范围土壤有机氯农药 HCHs 和 DDTs 的调查显示,区域 HCHs 含量较低,均低于 0.002 μg·g⁻¹,而 DDTs 的含量更盛,因此,本研究以区域土壤 DDTs 为对象,重点分析 DDTs 的残留量、分布现状及来源特征,以期对半岛内陆地区有机氯农药污染状况提供基础性资料.

1 材料与方法

1.1 样品采集

样品采集于 2012 年 8 月,采用 GPS 定位,按 6 km×6 km 的样点密度,以网格法采集临沂市三区九县 0~20 cm 的表层土壤样 529 件,采取周围 100 m 范围内多点混合的方式采样,样品装入聚乙烯密实袋,运回实验室冷冻(−4℃)待分析.

1.2 样品前处理

样品室温自然风干后,碾磨粉碎至 100 目,称取 5.0 g 试样,加 2.0 g 无水硫酸钠,充分混匀,无损地移入滤纸筒内,将滤纸筒装入索氏提取器中,加 100 mL 石油醚-丙酮(1:1),用 30 mL 浸泡土样 12 h 后在 80℃ 恒温水浴锅上加热提取 4 h,每小时回流 4~6 次,待冷却后,将提取液移入 300 mL 的分液漏斗中,用 10 mL 石油醚分 3 次冲洗提取器及烧瓶,将洗液并入分液漏斗中,加入 100 mL 硫酸钠溶液,振荡 1 min,静置分层后,弃去下层丙酮水溶液,留下石油醚提取液待净化.将上述萃取液用旋转蒸发仪浓缩至 5 mL 以下,用 5 mL 石油醚活化佛罗里硅土商品小柱,在小柱中加入萃取液缓慢放出,使其充分吸附.用 10 mL 石油醚洗脱,萃取液氮吹定容至 10 mL

容量瓶中,待测试.

1.3 气相色谱分析条件

样品测定分析采用 GC-ECD 气相色谱仪(HP7890A 型,Agilen technologies Co. USA),并采用气相色谱质谱联用仪(GC-MS)辅助定性的分析方法.DB-5 毛细管色谱柱(30 m×0.32 mm×0.25 μm);进样口温度 290℃,检测器温度 300℃;柱箱程序升温:初始温度 100℃,保留 1 min,以 4℃·min⁻¹升温至 280℃,保持 10 min.载气与补充气均为高纯氮,不分流进样,进样量 1 μL,柱流量 2.5 mL·min⁻¹.

1.4 质量控制与保证

准确度选择加标回收率的测定来判断,精密度选用平行双样的测定,并进行空白样监控.选用滴滴涕标准物质(SB05-068(2)-2008)配制监控样,用于监控仪器分析的准确性.加标样和平行样按 10% 比例插入,回收率回收范围为 69.3%~128%(80%~120% 视为合格),各异构体测试合格率在 98.3%~100%;平行样合格率均为 100%,空白样合格率为 100%.

2 结果与讨论

2.1 土壤中 DDTs 残留现状

临沂市土壤中滴滴涕的含量和统计结果如表 1.统计表明(表 1),土壤中 DDTs 检出率为 71.75%,平均含量为 0.035 μg·g⁻¹,含量范围为 N. D.~0.319 μg·g⁻¹;检出样品中,*p,p'*-DDT 的平均残留量最高,平均含量达 0.033 μg·g⁻¹,其次是 *p,p'*-DDE、*p,p'*-DDD 和 *o,p'*-DDT,平均含量分别为 0.010、0.009 和 0.009 μg·g⁻¹,*p,p'*-DDT 和 *p,p'*-DDE 是主要残留物.从统计所得变异系数来看,DDTs 的 4 种异构体中,*p,p'*-DDE、*p,p'*-DDD 和 *p,p'*-DDT 的变异系数相对较大,说明不同采样点的含量差异较大.全区 DDTs 分段统计显示(表 1),含量主要集中在 0.025 μg·g⁻¹以内,含量增高,样本数逐渐递减,最大值为 0.319 μg·g⁻¹,低于二级标准限值.

表 1 临沂市表层土壤滴滴涕含量特征(N=529)

Table 1 Concentration characteristics of DDTs in surface soil of Linyi City(N=529)

项目	报出数	报出率/%	平均值/μg·g ⁻¹	最小值/μg·g ⁻¹	最大值/μg·g ⁻¹	变异系数
<i>p,p'</i> -DDE	190	35.78	0.010	N. D. ¹⁾	0.194	1.87
<i>p,p'</i> -DDD	21	3.95	0.009	N. D.	0.071	1.76
<i>o,p'</i> -DDT	3	0.56	0.009	N. D.	0.01	0.18
<i>p,p'</i> -DDT	334	62.9	0.033	N. D.	0.317	1.11
DDTs	380	71.56	0.035	N. D.	0.319	1.24
DDTs 分段统计/μg·g ⁻¹	小于 0.025	0.025~0.05	0.05~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	大于 0.3
样本数(N)	376	73	55	21	1	3
国家土壤标准限值 ²⁾	一级限值(自然背景)	二级限值	三级限值			
含量/μg·g ⁻¹	0.05	0.50	1.0			

1) N. D. 为未检出; 2) GB 15618-1995

对比不同区域土壤或沉积物的平均残留量(表 2). 相比山东省内表层土壤,调查区 DDTs 平均残留量高于鲁西南(菏泽、济宁)表层土壤,低于烟台地区表层土壤. 相比国内调查区土壤,DDTs 平均残留量低于天津污灌区、苏南农田和太湖地区农田,与天津表层土壤和北京郊区大致相当,高于东莞市. 与海湾沉积物相比,高于大连湾海域沉积物、胶州湾海域沉积物、套子湾及四十里湾、莱州湾海域沉积

物和莱州湾附近河底沉积物. 由此可知,临沂市的 DDTs 土壤残留量低于国内部分城市土壤,强于海湾和河底沉积物.

与其它已经禁用的国家相比,调查区土壤 DDTs 残留量高于奥地利,低于德国中部. 相比仍在使用的波兰克拉科夫市,调查区 DDTs 明显偏低. 与全球污染相对极少的地点如南极和西藏相比,调查区 DDTs 平均残留量较高.

表 2 土壤中 DDTs 的含量对比/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

Table 2 Comparison of the concentration of DDTs in soil/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$					
地区	平均残留量	范围	地区	平均残留量	范围
鲁西南 ^[18]	0.017	0.000 7 ~ 0.264	胶州湾海域沉积物 ^[12]	0.01	0.000 9 ~ 0.026 3
烟台 ^[19]	0.16	0.010 ~ 2.66	套子湾及四十里湾 ^[12]	0.005	0.000 5 ~ 0.028 3
天津污灌区 ^[20]	1.308	—	莱州湾海域沉积物 ^[11]	0.000 3	N. D. ~ 0.000 9
苏南农田 ^[21]	0.163	0.017 ~ 1.115	莱州湾河流沉积物 ^[11]	0.004	N. D. ~ 0.045
太湖地区 ^[22]	0.078	—	奥地利 ^[19]	0.022	—
天津表层土壤 ^[17]	0.056	0.000 7 ~ 0.972	德国中部 ^[19]	0.072	0.024 ~ 0.173
北京郊区 ^[13]	0.042	N. D ~ 0.292	波兰克拉科夫市 ^[19]	2.4	—
东莞市 ^[16]	0.003	0.000 05 ~ 0.036	南极地区 ^[19]	—	0.000 1 ~ 0.001 2
大连湾海域沉积物 ^[23]	0.002	0.000 7 ~ 0.005 7	西藏地区 ^[24]	—	0.000 013 ~ 0.007 7

2.2 土壤 DDTs 的组成和来源解析

DDTs 中异构体的组成特征具有一定的环境特征指示意义. 工业级 DDTs 中包括 75% 的 p,p' -DDT、15% 的 o,p' -DDT、5% 的 p,p' -DDE 和小于 5% 的 p,p' -DDD 及其他物质^[25]. 自然环境中, p,p' -DDT 会逐渐降解为 p,p' -DDE 和 p,p' -DDD, 施用时间越长, p,p' -DDT 所占百分比越低, 降解产物 p,p' -DDE 和 p,p' -DDD 所占百分比越高, 因此, $(p,p'$ -DDE + p,p' -DDD)/ p,p' -DDT 的比值大小大致可以反映环境中 DDT 的降解行为, 常被用于判断是否存在新增 DDT 的输入. 一般认为, $(p,p'$ -DDE + p,p' -DDD)/ p,p' -DDT > 1 或者 $(p,p'$ -DDE + p,p' -DDD)/DDTs > 50% 表明母体 DDT 大部分已经降解, 施用时间相对较长, 没有新的污染源输入, 反之, 施用时间较短, 可能存在新的污染源输入. p,p' -DDT 在好氧环境下降解为 p,p' -DDE, 在厌氧环境下降解为 p,p' -DDD. p,p' -DDD/ p,p' -DDE 的比值 < 1 能指示好氧环境, 反之则为厌氧环境. 另外, 工业级 DDTs 特点为 p,p' -DDT 占百分比比较高, 而三氯杀螨醇的特点为 o,p' -DDT 所占百分比比较高. 因此, 可以根据 o,p' -DDT/ p,p' -DDT 比值, 来判断研究区是工业 DDTs 输入或三氯杀螨醇输入, 范围接近 0.2 ~ 0.3 则指示为工业级 DDTs, 范围接近 1.3 ~ 9.3 则指示为杀虫剂(三氯杀螨醇)的输入^[24].

调查区 DDTs 检出组成百分比如图 1 所示, 其

中 p,p' -DDT 占比最高, 达 60.99%, 其次为 p,p' -DDE 达 34.62%, 两者之和超过 95%, 初步判断区域 DDTs 的输入可能存在新近污染源, 降解环境可能主要为氧化环境. 土壤 DDTs 组成比值如表 3 所示, 调查区检出样中, 18.95% 点位降解率 $(p,p'$ -DDE + p,p' -DDD)/DDTs 大于 50%, 以低降解为主; 全区降解率小于 50% 的点位占 58%, 说明仍有多半地区可能存在新增 DDTs 的输入. 以降解率 50% 划分新近和历史 DDTs 输入区, 新近输入区 DDTs 含量特征明显高于历史源区(表 3), 均值中位值均表现为新近输入区高于历史输入区, 说明历史输入区土壤 DDTs 经过一段时间的降解, DDTs 浓度有所降低. 新近输入区 24.03% 点位超出一级标准限值, 历史输入区为 12.5%, 新近输入区污染程度更严重. 调查

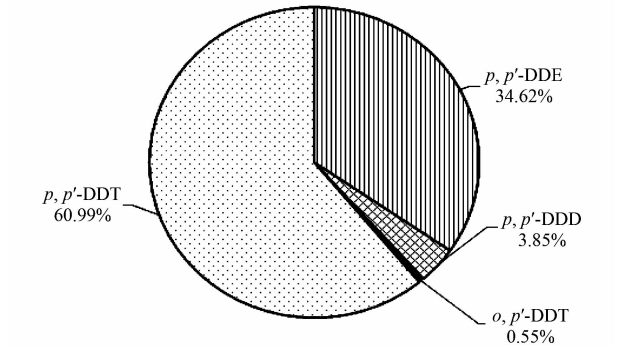


图 1 临沂市土壤 DDTs 组成百分比

Fig. 1 Composition percentages of DDTs in soil of Linyi City

区检出样中, p,p' -DDD/ p,p' -DDE 比值大于 1 的点仅占 0.79%, 仅 3 处比值大于 1, 说明该地区以氧化环境为主. 调查区检出样中, o,p' -DDT/ p,p' -DDT 大于 1 的点仅占 0.26%, 仅一处点位比值大于 1, 为 1.13, 而该处降解率为 70.13%, 指示可能为历史杀

虫剂输入点; 其余点比值最大为 0.21, 说明区域 DDTs 检出点几乎均为工业级 DDT 输入, 占全区 71.37%. 这与江西鄱阳湖地区水稻土和重庆某地下河流域的土壤研究结果^[26,27]类似, 指示着 DDTs 可能源自工业 DDTs 的非法使用.

表 3 土壤中 DDTs 的组成比值

指标	样本数	均值	最小值	最大值	中位值	变异系数	所占比例/% (评判标准)
$(p,p'\text{-DDE} + p,p'\text{-DDD})/\text{DDTs}$	380	0.22	0	1	0	1.57	18.95 (>50)
$o,p'\text{-DDT}/p,p'\text{-DDT}$	380	0.0045	0	1.13	0	14.09	0.26 (>1)
$p,p'\text{-DDD}/p,p'\text{-DDE}$	380	0.047	0	2	0	4.53	0.79 (>1)
新近输入区 DDTs/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	283	0.038	0.002	0.317	0.023	1.12	24.03 (>0.05 ¹⁾)
历史输入区 DDTs/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	64	0.024	0.002	0.319	0.006	2.04	12.5 (>0.05 ¹⁾)

1) 国家土壤一级标准限值

计算全区表层土壤 DDTs 降解率, 采用 MapGIS 6.7 进行克里格插值法绘制等值线 (图 2). 由图 2 可知, 调查区中南部区域降解率普遍较低, 表明这些区域可能存在新的 DDTs 输入, 而这种输入源可能与工业级 DDTs 有关. 1983 年之前, 工业 DDTs 被广泛应用于农业生产, 之后虽被禁止, 但仍有 DDTs 的生产应用于卫生、出口、三氯杀螨醇以及防污涂料等^[28,29]. 本研究的结果表明与三氯杀螨醇的关系不明显, 大面积的工业级 DDTs 暗示着区域可能仍然存在工业级 DDTs 的农用现象, 亦或是农机用具防污涂料剥落等.

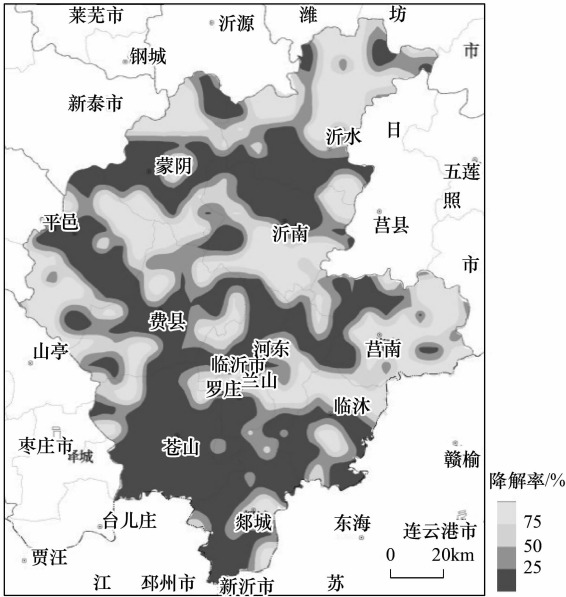
2.3 土壤 DDTs 的影响因素

选取与农业活动相关的总氮 (N)、总碳 (C)、

有机碳 (OrgC) 指标, 土壤理化指标 pH 和 CEC, 以及能反映土壤黏粒特征的指标 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, 计算土壤中 DDTs 与各元素指标的相关系数 (表 4), 全区而言, DDTs 与各指标均存在一定相关性, $P < 0.05$, 但仅 C 和 OrgC 的相关性略微明显, 相关系数分别为 0.258 和 0.269, $P < 0.01$. 历史输入区和新近输入区分别进行相关性统计分析 (表 4), 历史输入区 DDTs 与各指标无明显相关性; 新近输入区 DDTs 与 N、C、OrgC 和 pH 均存在明显相关性, 与 CEC 和黏粒指标相关性较低.

研究表明^[13,17,30,31], 土壤有机质影响着土壤有机氯农药的分布, DDTs 易于被吸附在土壤有机颗粒和黏土矿物上, 尤其是蒙脱石等, 从而直接影响其分布; pH 由酸性环境向碱性环境变化, 土壤腐殖质颗粒由纤维状向扁平状发生变化, 同时腐殖质颗粒随之变小, 对 DDTs 的吸附能力有所改变, 从而间接影响 DDTs 的分布, 而腐殖质作为一种重要的土壤有机物也会影响到 DDTs 的分布; N 和 C 的分布往往都与农业活动相关, 其与土壤 OrgC 存在显著相关性 (相关系数 $r_{\text{N,OrgC}} = 0.900$, $r_{\text{C,OrgC}} = 0.801$, $P < 0.01$), 从而间接影响到 DDTs 的分布.

然而历史源区和新近源区相关性分析差异明显, 历史源区 DDTs 与土壤指标均未表现出明显相关性. 前面统计表明 (图 1), 土壤 DDTs 组成以 p,p' -DDT 和 p,p' -DDE 为主, 同样按历史源和新近源划分进行相关性分析 (表 4). 新近源区土壤 DDTs 降解率较低, 其同分异构体以 p,p' -DDT 为主, 相关性分析表明 p,p' -DDT 与 N、C 等各指标 (除 CEC) 具有明显相关性; 历史源区 DDTs 降解率较高, 其同分异构体以 p,p' -DDE 为主, 相关分析表明 p,p' -DDE 与土壤 N、C 等指标均未表现出明显相关性.



<50% 为新近输入区; >50% 为历史输入区

图 2 土壤 DDTs 降解率分布

Fig. 2 Distribution of DDTs degradation rate in soils

这说明,DDTs 各同分异构体被土壤有机质吸附的组成部分可能主要为 p,p' -DDT,新增输入区 DDTs 由于降解率偏低,组成中 p,p' -DDT 含量较高,从而表

现出较好的相关性,历史输入区 DDTs 由于降解率较高,组成中 p,p' -DDT 含量较低,从而未表现出较好的相关性.

表 4 DDTs 与土壤元素指标之间的相关系数¹⁾

项目	全区 DDTs (<i>N</i> = 344)	历史源 (<i>N</i> = 61)		新近源 (<i>N</i> = 283)	
		DDTs	<i>p,p'</i> -DDE	DDTs	<i>p,p'</i> -DDT
N	0.238 **	0.180	0.235	0.294 **	0.293 **
C	0.258 **	0.081	0.122	0.284 **	0.273 **
OrgC	0.269 **	0.130	0.187	0.301 **	0.301 **
pH	0.239 **	0.005	0.012	0.215 **	0.248 **
CEC	0.130 *	0.170	0.144	0.041	0.056
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	-0.176 **	-0.145	-0.120	-0.142 **	-0.159 **

1) * 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$

2.4 土壤 DDTs 的空间分布与环境质量特征

在 MapGIS 6.7 平台下,采用克里格插值法分析研究区表层土壤 DDTs 的残留量空间分布特征,其空间分布如图 3 所示.从 DDTs 的空间分布特征来看,调查区存在明显的点源输入,特别是在苍山、费县、平邑、蒙阴、沂南和沂水等县城周围均存在明显的浓集中心.黄焕芳等^[32]对福建鹭峰山脉表层土壤 DDTs 的空间分布调查表明,DDTs 异常区主要位于各县市人口密集、农业活动频繁的区域.这说明 DDTs 的输入源与人为活动密切相关.调查区南部苍山县周围、苍山东部罗庄南部 DDTs 整体浓度相对较高,指明该区域可能为重点输入区.土壤 DDTs 降解率(图 2)也表明,调查区南部大片区域为新增输入区.

□ ≤0.05 μg·g⁻¹ (I 类土壤) ■ 0.05~0.5 μg·g⁻¹ (II 类土壤)

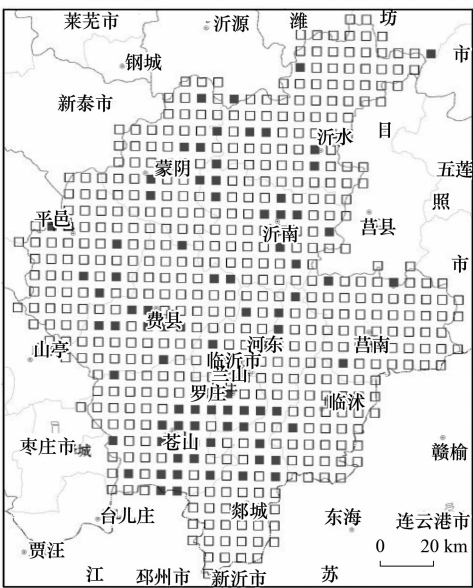


图 4 土壤 DDTs 环境质量分级

Fig. 4 Environment quality grading of DDTs in soils

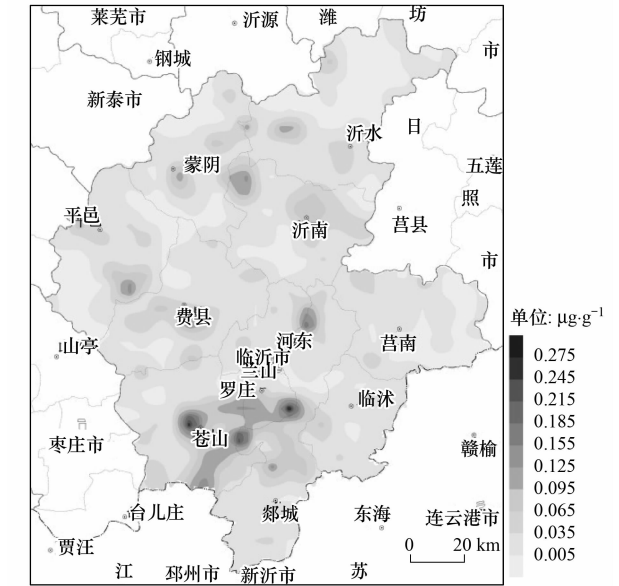


图 3 土壤 DDTs 空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of DDTs contents in soils

参照国家土壤环境质量标准对滴滴涕的标准限值(表 1)进行环境质量评价,滴滴涕评价结果如图 4 所示.滴滴涕的土壤环境质量评价结果表明,调查区 78.95% 土壤滴滴涕含量低于一级土壤限值,为自然背景状态;21.05% 的土壤滴滴涕浓度超过一级土壤限值,但低于二级土壤限值,属二类土壤;未发现有土壤滴滴涕浓度属于三类土壤和劣三类土壤.从二类土壤的采样点分布来看,中南部分布比较集中,主要分布在临沂市区南部、苍山东南部以及郯城北部,其它各县均有分布,且分布位置均离县城较近.说明区域土壤 DDTs 总体污染程度较低,县市人口密集区、农业活动频繁区污染相对明显.

3 结 论

(1) 调查区表层土壤中 DDTs 检出率为 71.75%, 平均含量为 $0.035\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 检出样品中, p,p' -DDT 的平均残留量最高, 平均含量达 $0.033\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 其次是 p,p' -DDE、 p,p' -DDD 和 o,p' -DDT, 平均含量分别为 0.010、0.009 和 $0.009\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; DDTs 异构体检出中, p,p' -DDT 和 p,p' -DDE 是主要残留物, 分别达 60.99% 和 34.62%。

(2) 调查区新输入 DDTs 占全区 58%, 中南部区域分布尤为明显; DDTs 的降解主要以氧化环境为主; o,p' -DDT/ p,p' -DDT 指示区域土壤 DDTs 输入可能与工业级 DDTs 有关, 占全区 71.37%。

(3) 影响土壤 DDTs 分布的外在因素包括 OrgC、N、C 和 pH 等指标, 且 DDTs 中 p,p' -DDT 组分占比越高, 影响越明显。

(4) DDTs 的空间分布表现出明显的点源特征, 县市周边多出现明显浓集中心, 其中中南部区域 DDTs 浓度明显较高。全区 DDTs 土壤环境质量污染程度较低, 主要以一二类土壤为主, 其中 78.95% 区域为一类土壤, 21.05% 为二类土壤, 未出现三类和劣三类土壤; 二类土壤的分布与空间分布特征较为一致, 主要出现在市县周边, 尤其以中南部区域为甚。

参考文献:

[1] Xu X Q, Yang H H, Li Q L, *et al.* Residues of organochlorine pesticides in near shore waters of Laizhou Bay and Jiaozhou Bay, Shandong Peninsula, China[J]. *Chemosphere*, 2007, **68**(1): 126-139.

[2] Liang Q, Lei M, Chen T B, *et al.* Application of sewage sludge and intermittent aeration strategy to the bioremediation of DDT-and HCH-contaminated soil [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2014, **26**(8): 1673-1680.

[3] 史双昕, 任立军, 齐丽, 等. 苏州、无锡和南通城市地表灰尘中的有机氯农药[J]. *中国环境科学*, 2011, **31**(9): 1533-1540.

[4] 周丽, 张秀蓝, 杨文龙, 等. 苏南地区香樟树皮中有机氯农药 (OCPs) 的污染水平及来源解析[J]. *环境科学*, 2014, **35**(3): 1159-1163.

[5] 孔祥胜, 祁士华, Oramah I T, 等. 百朗地下河沉积柱芯有机氯农药的高分辨记录[J]. *环境科学与技术*, 2012, **35**(2): 1-7.

[6] 祁士华, 游远航, 苏秋克, 等. 生态地球化学调查中的有机氯农药研究[J]. *地质通报*, 2005, **24**(8): 704-709.

[7] Xin J, Liu X, Liu W, *et al.* Production and use of DDT containing antifouling paint resulted in high DDTs residue in three paint factory sites and two shipyard sites, China [J]. *Chemosphere*, 2011, **84**(3): 342-347.

[8] Zhang G, Min Y S, Mai B X, *et al.* Time trend of BHCs and DDTs in a sedimentary core in Macao estuary, southern China [J]. *Marine pollution Bulletin*, 1999, **39**(1-12): 326-330.

[9] Harner T, Wideman J L, Jantunen L M M, *et al.* Residues of organochlorine pesticides in Alabama soils [J]. *Environmental Pollution*, 1999, **106**(3): 323-332.

[10] Villeneuve J P, Carvalho F P, Fowler S W, *et al.* Levels and trends of PCBs, chlorinated pesticides and petroleum hydrocarbons in mussels from the NW Mediterranean coast: comparison of concentrations in 1973/1974 and 1988/1989 [J]. *Science of the Total Environment*, 1999, **237-238**(4): 57-65.

[11] Zhong G C, Tang J H, Zhao Z, *et al.* Organochlorine pesticides in sediments of Laizhou Bay and its adjacent rivers, North China [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, **62**(11): 2543-2547.

[12] 刘艺凯, 钟广财, 唐建辉, 等. 胶州湾、套子湾及四十里湾表层沉积物中有机氯农药的含量和分布特征[J]. *环境科学*, 2013, **34**(1): 129-136.

[13] 金爱芳, 何江涛, 陈素暖, 等. 北京东南郊污灌区土壤有机氯农药的垂向分布特征[J]. *环境科学学报*, 2009, **29**(9): 1970-1977.

[14] 蒋煜峰, 王学彤, 孙阳昭, 等. 上海市城区土壤中有机氯农药残留研究[J]. *环境科学*, 2010, **31**(2): 409-414.

[15] 安琼, 董元华, 王辉, 等. 南京地区土壤中有机氯农药残留及其分布特征[J]. *环境科学学报*, 2005, **25**(4): 470-474.

[16] 张天彬, 饶勇, 万洪富, 等. 东莞市土壤中有机氯农药的含量及其组成[J]. *中国环境科学*, 2005, **25**(Suppl): 89-93.

[17] Gong Z M, Tao S, Xu F L, *et al.* Level and distribution of DDT in surface soils from Tianjin, China [J]. *Chemosphere*, 2004, **54**(8): 1247-1253.

[18] 庞绪贵, 张帆, 王红晋, 等. 鲁西南地区土壤中有机氯农药的残留及其分布特征[J]. *地质通报*, 2009, **28**(5): 667-670.

[19] 代杰瑞, 张杰, 喻超, 等. 山东烟台市土壤中有机氯农药的残留及来源研究[J]. *地球与环境*, 2012, **40**(1): 50-56.

[20] 龚钟明, 曹军, 朱雪梅, 等. 天津市郊污染灌区农田土壤中的有机氯农药残留[J]. *农业环境保护*, 2002, **21**(5): 459-461.

[21] 安琼, 董元华, 王辉, 等. 苏南农田土壤有机氯农药残留规律[J]. *土壤学报*, 2004, **41**(3): 414-419.

[22] Nakata H, Hirakawa Y, Kawazoe M, *et al.* Concentrations and compositions of organochlorine contaminants in sediments, soils, crustaceans, fishes and birds collected from Lake Tai, Hangzhou Bay and Shanghai city region, China [J]. *China Environmental Pollution*, 2005, **133**(3): 415-429.

[23] 刘现明, 徐学仁, 张笑天, 等. 大连湾沉积物中的有机氯农药和多氯联苯[J]. *海洋环境科学*, 2001, **20**(4): 40-44.

[24] 瞿程凯, 祁士华, 张莉, 等. 福建戴云山山脉土壤有机氯农药残留及空间分布特征[J]. *环境科学*, 2013, **34**(11): 4427-4433.

[25] 张家泉, 祁士华, 谭凌智, 等. 福建武夷山北段土壤中有机氯农药的残留及空间分布[J]. *中国环境科学*, 2011, **31**

(4): 662-667.

[26] 谢振东, 丁勇. 江西鄱阳湖地区水稻土中 DDTs 和 HCHs 的残留分布研究[J]. 资源调查与环境, 2013, **34**(3): 199-204.

[27] 付允, 孙玉川, 毛海红, 等. 地下河流域土壤中有机氯农药分布及来源分析[J]. 中国环境科学, 2012, **32**(3): 517-522.

[28] Qiu X H, Zhu T. Using the *o*, *p*'-DDT/*p*, *p*'-DDT ratio to identify DDT sources in China[J]. Chemosphere, 2010, **81**(8): 1033-1038.

[29] Lin T, Hu Z H, Zhang G, *et al.* Levels and mass burden of DDTs in sedements from fishing harbors: the importance of DDT-containing antifouling paint to the coastal environment of China[J]. Environment Science and Technology, 2009, **43**(21): 8033-8038.

[30] 孙可, 刘希涛, 高博, 等. 北京通州灌区土壤和河流底泥中有机氯农药残留的研究[J]. 环境科学学报, 2009, **29**(5): 1086-1093.

[31] Gao H J, Jiang X, Wang F, *et al.* Residual levels and new inputs of chlorinated POPs in agricultural soils from Taihu Lake region[J]. Pedosphere, 2005, **15**(3): 301-309.

[32] 黄焕芳, 祁士华, 瞿程凯, 等. 福建鹭峰山脉土壤有机氯农药分布特征及健康风险评价[J]. 环境科学, 2014, **35**(7): 2691-2697.



关于反对个别作者一稿两投行为的联合声明

为保证所发表论文的首创性和学术严谨性,《环境科学》、《中国环境科学》、《环境科学学报》编辑部和《Journal of Environmental Sciences》编辑部特发表如下联合声明.

我们明确反对个别作者的一稿两投或变相一稿两投行为. 自即日起,我们各刊在接受作者投稿时,要求论文全体作者就所投稿件作出以下承诺(附在投稿上):

- 1) 来稿所报道的研究成果均系全体作者的原创性研究成果,文中报道的研究成果(含图、表中数据的全部或部分)未曾发表亦未曾投其它科技期刊.
- 2) 在接到所投期刊编辑部关于稿件处理结果之前,所投稿件的全部或部分内容不再投其它科技期刊.

我们将认真对待作者所作的上述承诺,并建立信息共享机制,对违背上述承诺的作者(包括在文中署名的全体作者)采取联合行动.

净化学术环境、促进学术繁荣是学术期刊作者和编者的共同责任. 我们诚恳地希望广大作者能够了解我们的上述立场和做法,并积极宣传和配合.

《环境科学》编辑部

《中国环境科学》编辑部

《环境科学学报》编辑部

《Journal of Environmental Sciences》编辑部

CONTENTS

Potential Source Contribution Analysis of the Particulate Matters in Shanghai During the Heavy Haze Episode in Eastern and Middle China in December, 2013	Li Li, CAI Jun-lin, ZHOU Min (2327)
Composition and Regional Characteristics of Atmosphere Aerosol and Its Water Soluble Ions over the Yangtze River Delta Region in a Winter Haze Period	WANG Man-ting, ZHU Bin, WANG Hong-lei, <i>et al.</i> (2337)
Chemical Species of PM _{2.5} in the Urban Area of Beijing	LIU Bao-xian, YANG Dong-yan, ZHANG Da-wei, <i>et al.</i> (2346)
Numerical Study on the Characteristics of Regional Transport of PM _{2.5} in Shandong Province During Spring in 2014	JIA Hai-ying, CHENG Nian-liang, HE You-jiang, <i>et al.</i> (2353)
Characteristics of Water-Soluble Inorganic Ions in PM _{2.5} Emitted from Coal-Fired Power Plants	MA Zi-zhen, LI Zhen, JIANG Jing-kun, <i>et al.</i> (2361)
Direct Observation on the Temporal and Spatial Patterns of the CO ₂ Concentration in the Atmospheric of Nanjing Urban Canyon in Summer	GAO Yun-qiu, LIU Shou-dong, HU Ning, <i>et al.</i> (2367)
Emission Factors of Vehicle Exhaust in Beijing	FAN Shou-bin, TIAN Ling-di, ZHANG Dong-xu, <i>et al.</i> (2374)
Adsorption Capacity of the Air Particulate Matter in Urban Landscape Plants in Different Polluted Regions of Beijing	ZHANG Wei-kang, WANG Bing, NIU Xiang (2381)
Major Air Pollutant Emissions of Coal-Fired Power Plant in Yangtze River Delta	DING Qing-qing, WEI Wei, SHEN Qun, <i>et al.</i> (2389)
Estimation of N ₂ O Emission from Anhui Croplands by Using a Regional Nitrogen Cycling Model IAP-N	HAN Yun-fang, HAN Sheng-hui, YAN Ping (2395)
Evaluation on the Impacts of Different Background Determination Methods on CO ₂ Sources and Sinks Estimation and Seasonal Variations	ZHANG Fang, ZHOU Ling-xi, WANG Yu-zhao (2405)
Measured and Predicted Aquatic Life Criteria and Risk Assessment of Chromium (VI) in Liaohe River	WANG Xiao-nan, YAN Zhen-guang, LIU Zheng-tao, <i>et al.</i> (2414)
Pollution and Potential Ecology Risk Evaluation of Heavy Metals in River Water, Top Sediments on Bed and Soils Along Banks of Bortala River, Northwest China	ZHANG Zhao-yong, Jilili Abuduwalili, JIANG Feng-qing (2422)
Influencing Factors for Hydrochemistry and $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ of Karst Springs	ZHAO Rui-yi, LÜ Xian-fu, LIU Zi-qi, <i>et al.</i> (2430)
Hydrochemical Characteristics and the Dissolved Inorganic Carbon Flux in Liuzhou Section of Liujiang Basin	YUAN Ya-qiong, HE Shi-yi, YU Shi, <i>et al.</i> (2437)
Characteristics of Total Nitrogen and Total Phosphorus Pollution and Eutrophication Assessment of Secondary River in Urban Chongqing	QING Xu-yao, REN Yu-fen, LÜ Zhi-qiang, <i>et al.</i> (2446)
Static Migration and Release of Dibutyl-Phthalate in the Fluctuating Zone of Three Gorges Reservoir	WANG Fa, WANG Qiang, MU Zhi-jian, <i>et al.</i> (2453)
Effect of Drought and Subsequent Re-wetting Cycles on Transferable Nitrogen and Its Form Distribution in the Sediment of Water Level Fluctuating Zone in the Tributary of Three Gorge Reservoir Areas	LIN Jun-jie, ZHANG Shuai, YANG Zhen-yu, <i>et al.</i> (2459)
Distribution of Chlorophyll-a and Eutrophication State in Tianchi Lake of Tianshan Mountains in Summer	WANG Bin, MA Jian, WANG Yin-ya, <i>et al.</i> (2465)
Vertical Distribution Characteristics and Analysis in Sediments of Xidaihai Lake	DUAN Mu-chun, XIAO Hai-feng, ZANG Shu-ying (2472)
Phytoplankton Community Structure and Water Quality Assessment in Jialing River After the Impoundment of Caojie Reservoir	YANG Min, ZHANG Sheng, LIU Shuo-ru (2480)
Analysis of Prokaryotic Community Structure in River Waters of the Ningbo Sanjiang Mouth	HU An-yi, LI Jiang-wei, YANG Xiao-yong, <i>et al.</i> (2487)
Effects of Perfluoroalkyl Substances on the Microbial Community Structure in Surface Sediments of Typical River, China	SUN Ya-jun, WANG Tie-yu, PENG Xia-wei, <i>et al.</i> (2496)
Coupling Effects of Decomposed <i>Potamogeton crispus</i> and Growing <i>Ceratophyllum demersum</i> on Water Quality and Plant Growth	MA Yue, WANG Guo-xiang, CAO Xun, <i>et al.</i> (2504)
Bioretention Media Screening for the Removal of Phosphorus in Urban Stormwater	LI Li-qing, GONG Yan-fang, YAN Zi-qin, <i>et al.</i> (2511)
Treatment of Urban Runoff Pollutants by a Multilayer Biofiltration System	WANG Xiao-lu, ZUO Jian-e, GAN Li-li, <i>et al.</i> (2518)
Effect of Three Typical Disinfection Byproducts on Bacterial Antibiotic Resistance	LÜ Lu, ZHANG Meng-lu, WANG Chun-ming, <i>et al.</i> (2525)
Laboratory Investigation of DNAPL Migration Behavior and Distribution at Varying Flow Velocities Based on Light Transmission Method	GAO Yan-wei, ZHENG Fei, SHI Xiao-qing, <i>et al.</i> (2532)
Comparative Study of Benzotriazole Electrochemical Oxidation at Boron-doped Diamond and PbO ₂ Anodes	WU Juan-li, ZHANG Jia-wei, WANG Ting, <i>et al.</i> (2540)
Sorption of <i>o</i> -Phthalate onto Calcite in Open-System	LI Zhen-xuan, HUANG Li-dong, CHEN Yan-fang, <i>et al.</i> (2547)
Adsorption Behaviors of Lead on Multi-Walled Carbon Nanotube-Hydroxyapatite Composites	ZHANG Jin-li, LI Yu (2554)
Synthesis and Study on Adsorption Property of Congo Red Molecularly Imprinted Polymer Nanospheres	CHANG Zi-qiang, CHEN Fu-bin, ZHANG Yu, <i>et al.</i> (2564)
Simultaneous Removal of Cd(II) and Phenol by Titanium Dioxide-Titanate Nanotubes Composite Nanomaterial Synthesized Through Alkaline-Acid Hydrothermal Method	LEI Li, JIN Yin-jia, WANG Ting, <i>et al.</i> (2573)
Immobilization of Estrogen-degrading Bacteria to Remove the 17 β -estradiol and Diethylstilbestrol from Polluted Water and Cow Dung	LI Xin, LING Wan-ting, LIU Jing-xian, <i>et al.</i> (2581)
Optoelectronic PCB Wastewater Treatment by Partial Nitrification-ANAMMOX Integrative Reactor	YUAN Yan, LI Xiang, ZHOU Cheng, <i>et al.</i> (2591)
Treatment of Petrochemical Treatment Plant Secondary Effluent by Fenton Oxidation	WANG Yi, WU Chang-yong, ZHOU Yue-xi, <i>et al.</i> (2597)
Comprehensive Toxicity Evaluation and Toxicity Identification Used in Tannery and Textile Wastewaters	HUANG Li, CHEN Wen-yan, WAN Yu-shan, <i>et al.</i> (2604)
Carbon/nitrogen Removal and Bacterial Community Structure Change in an A/O Activated Sludge System Under Different Dissolved Oxygen Conditions	CHEN Yan, LIU Guo-hua, FAN Qiang, <i>et al.</i> (2610)
ORP in the Main Anoxic Stage as the Control Parameter for Nitrogen and Phosphorus Removal in the Single Sludge System with a Continuous Flow	WANG Xiao-ling, SONG Tie-hong, YIN Bao-yong, <i>et al.</i> (2617)
Cultivation of Aerobic Granular Sludge with Real Low Concentration Domestic Wastewater and Its Denitrification Performances Under the Continuous Flow	YAO Li, XIN Xin, LU Hang, <i>et al.</i> (2626)
Heavy Metal Contamination in Farmland Soils at an E-waste Disassembling Site in Qingyuan, Guangdong, South China	ZHANG Jin-lian, DING Jiang-feng, LU Gui-ning, <i>et al.</i> (2633)
Residues and Spatial Distribution Characteristics of Organochlorine Pesticides DDTs in Soil of Linyi City, Shandong Province	YU Chao, WANG Zeng-hui, WANG Hong-jin, <i>et al.</i> (2641)
Assessment of Soil Fluorine Pollution in Jinhua Fluorite Ore Areas	YE Qun-feng, ZHOU Xiao-ling (2648)
Response of Straw and Straw Biochar Returning to Soil Carbon Budget and Its Mechanism	HOU Ya-hong, WANG Lei, FU Xiao-hua, <i>et al.</i> (2655)
Changes of Soil Organic Carbon and Its Influencing Factors of Apple Orchards and Black Locusts in the Small Watershed of Loess Plateau, China	LI Ru-jian, WANG Rui, LI Na-na, <i>et al.</i> (2662)
Impacts of Land Use Changes on Soil Light Fraction and Particulate Organic Carbon and Nitrogen in Jinyun Mountain	LEI Li-guo, JIANG Chang-sheng, HAO Qing-ju (2669)
Soil Enzyme Activities and Their Relationships to Environmental Factors in a Typical Oasis in the Upper Reaches of the Tarim River	ZHU Mei-ling, GONG Lu, ZHANG Long-long (2678)
Effects of Different Residue Part Inputs of Corn Straws on CO ₂ Efflux and Microbial Biomass in Clay Loam and Sandy Loam Black Soils	LIU Si-yi, LIANG Ai-zhen, YANG Xue-ming, <i>et al.</i> (2686)
Isolation, Identification of a <i>p</i> -tert-Butylcatechol-Degrading Strains and Optimization for Its Degradation by Response Surface Methodology	HE Qiang-li, LIU Wen-bin, YANG Hai-jun, <i>et al.</i> (2695)
Isolation, Identification and Characteristic Analysis of an Oil-producing <i>Chlorella</i> sp. Tolerant to High-strength Anaerobic Digestion Effluent	YANG Chuang, WANG Wen-guo, MA Dan-wei, <i>et al.</i> (2707)
Coupled Cytotoxicity of C ₆₀ Nano-Crystal Particle with Cu ²⁺ to the Mouse Peritoneal Microphage RAW 264. 7	YU Ye, BIAN Wei-lin, ZHANG Hui-min, <i>et al.</i> (2713)
Simultaneous Analysis of 18 Glucocorticoids in Surface Water	GUO Wen-jing, CHANG Hong, SUN De-zhi, <i>et al.</i> (2719)

《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 7 月 15 日 第 36 卷 第 7 期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 7 Jul. 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. sciencecp. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencecp. 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 国内邮发代号: 2-821
CN 11-1895/X

国 内 定 价: 120.00 元 国外发行代号: M 205

国 内 外 公 开 发 行