

# 城镇排污河道地下水有机污染研究

武倩倩<sup>1,2</sup>, 任加国<sup>2\*</sup>, 王其芳<sup>2</sup> (1. 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东青岛 266100; 2. 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东科技大学, 地质科学与工程学院, 山东青岛 266590)

**摘要** 为阐明排污河道对地下水水质的影响程度和影响范围, 以德州市某排污河道为例, 进行河道污水对沿岸土壤和地下水有机污染状况研究。结果表明, 排污河道两侧的浅层地下水已经受到较严重的污染, 污染物主要为三氮、重金属和邻二氯苯等有机污染物; 土壤中多吸附有机氯农药、多氯联苯和苯并芘等分子量较大的有机组分。

**关键词** 排污河道; 地下水; 有机污染; 城镇

**中图分类号** S271; X171 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)06-01813-02

## Study on Groundwater Organic Pollution of the Sewage River in City

WU Qian-qian, REN Jia-guo et al (College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100; College of Geological Science and Engineering Shandong, University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590)

**Abstract** In order to clarify the influence degree and scope of the sewage river to groundwater quality, taking one sewage channel of Dezhou as an example, effects of sewage river on coastal soil and groundwater organic pollution were studied. The results showed that the shallow groundwater has been seriously polluted on both sides of the sewage, the main pollutants include 3-nitrogen, heavy metal and chloroben, etc. Chlorinated pesticides, polychlorinated biphenyls and benzopyrene and other organic components of larger molecular weight are absorbed in soil.

**Key words** Sewage river; Groundwater; Organic pollution; City

随着社会经济的快速发展, 城镇污水排放量不断增加。大量城镇污水排入无防渗措施的河道, 造成沿岸土壤和地下水严重污染<sup>[1-3]</sup>。然而, 目前对城镇河道污染尚未引起重视, 研究也多集中在无机组分和水化学特征方面, 对有机污染物的研究较少。地下水的有机污染具有更大的复杂性和隐蔽性, 且许多有机污染物具有“三致”效应<sup>[4-6]</sup>。为详尽了解排污河道对沿岸地下水有机污染特征, 笔者以德州市临邑县某排污河道为例, 进行河道污水对沿岸土壤和地下水有机污染状况研究, 找出污染物在地下水中的扩散规律, 确定河道污水对土壤和地下水环境的影响, 为城镇排污河道的评价与治理提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 排污河道位于临邑县城区北面, 为人工开挖的引黄灌渠, 未采取任何防渗措施。目前作为临邑县的主要排污沟之一, 已有 20 多年历史, 主要用于排放城区恒源石化等大型石油化工企业的工业污水。污水自南向北流, 在林子镇西北注入德惠新河, 最终汇入渤海。

**1.2 样品采集** 在林子镇郝家村附近的河道两侧沿剖面 1-2 采取了 11 组潜水样和 1 组污水样品(图 1), 最近的采样井距河道约 5 m, 最远的采样井距离河道约 260 m, 均为专门施工的简易水井, 井深约 9 m。地表岩性为粉土, 含水层岩性均为粉砂, 厚约 2~3 m, 取水层位均为 7~9 m。在进行地下水样品采集前, 均进行了充分洗井。水样的采集方法为负压泵加压法取样, 两侧同时采集。

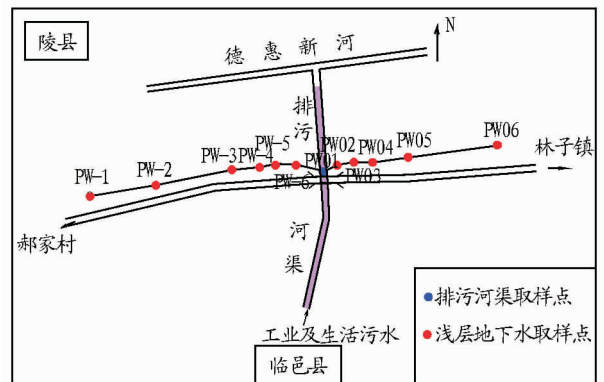


图 1 1-2 剖面采样点分布

## 2 结果与分析

### 2.1 有机组分分布特征

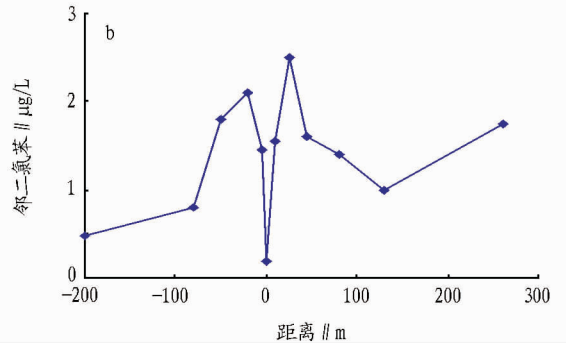
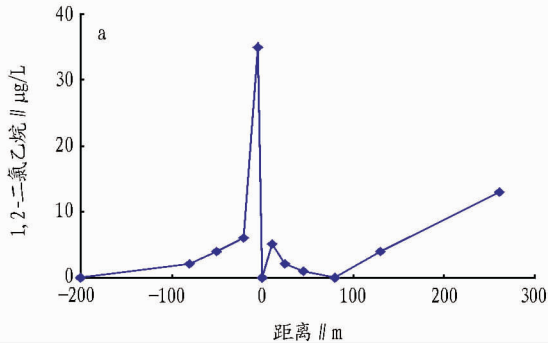
**2.1.1 测试结果。** 检出的有机组分的总量和项数有随着与污水沟距离的增大而逐渐减小的趋势。在河道污水中检出的有机组分高达 8 项, 分别为苯、乙苯、甲苯、二甲苯、二氯甲烷、三氯乙烯、三氯甲烷、多氯联苯, 其中甲苯和三氯甲烷的检出浓度较高, 分别可达 35.65、35.23  $\mu\text{g/L}$ 。在河道两侧采集的浅层地下水中, 挥发性有机组分 1,2-二氯乙烷和邻二氯苯有检出(图 2), 浓度最高可达 36.12  $\mu\text{g/L}$ (PW-6), 但在排污河水中未检出或含量很低。在距离河道西侧约 10 m(PW-6)、130 m(PW-2)、260 m(PW-1)和东侧约 5 m(PW02)、20 m(PW03)处的样品检出了 1,2-二氯乙烷, 在渠东侧随着离污水沟的距离增大而先降后升的趋势, 估计与含水层土壤性质有关; 在渠西侧 1,2-二氯乙烷浓度逐渐降低。邻二氯苯的检出率高达 91%, 河岸两侧含量高于河道污水, 两岸地下水中含量呈先增大后降低的趋势, 说明河道污水受蒸发的影响含量降低, 而两侧河岸由于长期渗漏导致有机物含量较高。

**2.1.2 原因分析。** 地表水中有机物检出 8 项, 地下水中有

**基金项目** 国家自然科学基金(41202165); 山东省高等学校科技计划项目(J10LE12); 山东省博士后创新项目专项资金(201103096); 国家自然科学基金(41102149)。

**作者简介** 武倩倩(1980-), 女, 山东日照人, 讲师, 博士, 从事土壤与地下水污染控制研究。\* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事土壤与地下水污染控制研究。

**收稿日期** 2014-01-28



注:横坐标距离中的“-”代表在河道的两侧。

图2 河道1-2剖面部分有机组分1,2-二氯乙烷(a)和邻二氯苯(b)随距离变化

机检出2项,且地下水中检出的项目在地表水中未检出。地表水中苯系物苯、二甲苯、甲苯有检出,而地下水中未检出。由于苯、二甲苯、甲苯的密度均小于水,且在水中的溶解度很小,主要分布在地表水的表层,且苯、二甲苯、甲苯比较容易挥发,不容易被河床底泥吸附,故检出的浓度较低。据有关研究,在静态吸附平衡法吸附试验中,当污水中苯系物浓度不很高时,大部分均可被土壤吸附,导致可以穿透排污沟底泥进入地下水的苯系物很少<sup>[7]</sup>。所以,两侧浅层地下水的甲苯、二甲苯等苯系物未检出。1,2-二氯乙烷等氯代烃在排污河中未有检出,在两侧地下水中检出。主要因为污染河水长期暴露于大气中,河水中溶解的氯代烃很容易挥发,故部分氯代烃在河道污水中未检出。浅层地下水中的1,2-二氯乙烷等氯代烃是河道污水长期渗漏的结果,河道污水已对两侧浅层地下水造成了有机污染。

**2.2 河道污染对地下水影响分析** 有机污染评价结果表明大部分为轻污染,影响因子主要为1,2-二氯乙烷和邻二氯苯,河道污水为较重污染,影响因子有甲苯、三氯甲烷等。无机重金属污染评价显示,1组污水样品和11组浅层地下水样品均为未污染;三氮污染评价结果为河道污水为极重污染,11组浅层地下水样品中1组为轻污染(PW03),其他10组均为未污染。综合污染评价结果(表1)表明,河道污水为极重污染,污染物主要为三氮和苯、甲苯等有机指标。在11组浅层地下水样品中,1组样品为严重污染,污染物为1,2-二氯乙烷等有机组分;1组为较重污染,污染物为1,2-二氯乙烷等有机组分;8组样品为轻污染,污染物为1,2-二氯乙烷等有机组分和三氮;1组样品为未污染。从综合污染评价结果可以看出,排污渠中污水污染严重,既有三氮污染又有甲苯、苯等有机组分的污染;在排污河渠两侧的浅层地下水已经受到一定程度的污染,主要污染物为邻二氯苯等有机指标,污染程度较轻,在个别点上受到了三氮污染。

**2.3 土壤污染分析** 土壤测试结果表明,在距离排污河道最近的土样中,有机氯农药 DDT、苯并芘和多氯联苯的含量均较高,其中苯并芘含量高达 32.65 ng/g,这与其距河道近(5 m)、处在河道水位波动带上且岩性为砂质粘土有很大关系。在丰水期时此采样点位于水下,因其岩性为砂质粘土,吸附能力较强,不断吸附水中的各种有机组分;在枯水期时,

又露出水面,受到太阳曝晒,一些易挥发组分逐渐挥发殆尽。而有机氯农药、多氯联苯和苯并芘分子量较大,受土壤的吸附力较大,不容易挥发,被吸附在土壤中。其中,P-DDT浓度较高,说明最近尚有新 DDT 加入。其他2组样品的各层土壤中未检出有机组分,进一步说明高分子有机难挥发组分不易迁移的特性。

表1 1-2剖面水质评价结果

野外编号	距河道距离//m	有机污染评价	重金属污染评价	三氮污染评价	综合污染评价	综合质量
PW-1	-260	较重污染	未污染	未污染	较重污染	极差(V类)
PW-2	-130	轻污染	未污染	未污染	轻污染	较差(IV类)
PW-3	-80	轻污染	未污染	未污染	轻污染	较差(IV类)
PW-4	-45	轻污染	未污染	未污染	轻污染	较差(IV类)
PW-5	-26	轻污染	未污染	未污染	轻污染	极差(V类)
PW-6	-10	轻污染	未污染	未污染	轻污染	极差(V类)
PW01	污水	较重污染	未污染	极重污染	极重污染	极差(V类)
PW02	5	严重污染	未污染	未污染	严重污染	极差(V类)
PW03	20	轻污染	未污染	轻污染	轻污染	极差(V类)
PW04	50	轻污染	未污染	未污染	轻污染	较差(IV类)
PW05	80	未污染	未污染	未污染	未污染	较差(IV类)
PW06	200	轻污染	未污染	未污染	轻污染	较差(IV类)

注:“-”代表在河道的西侧。

### 3 结论

(1)河道污水中检出的有机组分高达8项,分别为苯、乙苯、甲苯、二甲苯、二氯甲烷、三氯乙烯、三氯甲烷、多氯联苯,其中甲苯和三氯甲烷的检出浓度较高,分别可达 35.65、35.23 μg/L。

(2)有机污染评价结果表明大部分为轻污染,影响因子主要为1,2-二氯乙烷和邻二氯苯,河道污水为较重污染,影响因子有甲苯、三氯甲烷等。浅层地下水中的1,2-二氯乙烷等氯代烃是河道污水长期渗漏的结果,河道污水已对两侧浅层地下水造成污染。

(3)距离排污河道最近的土样中有机氯农药 DDT、苯并芘和多氯联苯的含量均较高,原因是这些成分分子量较大,受土壤的吸附力较大,不容易挥发,被吸附在土壤中。远离河道土样中未检出,进一步证实了高分子有机难挥发组分不易迁移的特性。

节连接为一个完整的产业系统。林业经营的比较效益较低,后续的木材加工和销售环节所占的附加值较高,实施农林业生产商品化与产销一体化经营,使林农能从加工和销售环节

分享利益,多层次面对市场风险。其产业化经营的组织模式主要有以下4种。

表1 不同林农复合经营模式的经济适应性

经营模式	土地规模	劳动力消耗	资金投入	技术要求	市场风险	适宜经营品种	收益性	适宜的林龄
林-药	零散土地、大面积均可	较少	较少	高	需求较稳定,价格波动不大	黄芪、蒲公英、铁兰花、黄蜀葵、天南星、半夏、夏枯草、灵芝、板蓝根、桔梗、金银花、黄姜柴胡、黄连、牛蒡、黄连等	高	根据品种不同可选择0~3年林地或3年以上林地
林-牧	林下放养、林间搭棚	少	多	较高	需求不稳定,价格波动大	鸡、鸭、鹅、猪、羊、牛等	高	3年以上林地
林-粮	大面积	一般	一般	一般	需求稳定,价格波动不大	小麦、玉米、大豆等	一般	0~3年林地
林-菌	林间套种、林下搭棚	较强	较多	较高	需求不稳定,价格波动较大	平菇、金针菇、茶树菇、草菇、香菇等	不稳定	5年以上林地
林-菜	零散土地、大面积均可	强	较少	不高	需求较稳定,价格波动大	葱蒜、雪菜、白菜、甘蓝类等瓜类、萝卜、莴苣、芦蒿等	较高	0~2年林地

**4.1 龙头企业带动型** 以农林产品的加工、运销企业为龙头,联合农户进行生产,由企业提供种苗、技术、饲料、加工、销售等服务,形成生产-加工-销售一体化经营。经营的组织模式有“公司+基地+农户”、“基地+农户”等。如药品加工企业带动性,企业与农户签订经济合同,建立相互协作的关系,实现企业和农户风险共担,利益共享。

**4.2 专业合作组织协调型** 通过地区合作经济组织、专业生产合作社和专业协会,或者通过一些中介组织,为农户提供信息、资金、技术、生产资料,帮助农户联合经营,面对市场,降低小规模经营的市场风险。

**4.3 主导产品联动型** 利用当地良好的自然资源和技术、产品优势,结合市场需求,形成区域主导产品,并围绕主导产品进行生产、加工、销售一体化经营。

**4.4 服务组织拉动型** 在一定的区域范围内,由政府主管部门或大型的企业牵头,组成利益联合体,以一项或几项产品为主,应用较高的技术和手段进行联合生产、加工和营销,实行统一的质量、规格价格,以提高市场竞争力,共同应对风险。

## 5 结语

林农复合经营在培育林木、生产木材的同时,进行农作物和药材的栽培、畜牧和家禽的饲养、食用菌和蔬菜的培育等,并辅以相应的中间利用和加工体系,使当地自然资源和社会资源得到充分利用和养护,以谋求较大而持续的经济、生态和社会效益<sup>[4]</sup>。经济是生产要素的合理投入和创造产出的过程,林农复合经营是对生产要素进行优化组合和优化配置的过程和形式<sup>[10]</sup>。根据产业化经营组织模式的特点以及农林业生产的自然属性,要形成高效、可持续的林农复合经营模式,必须培育龙头企业,加强基地建设,优化要素组合,充分发挥生产要素的作用。

社会资源得到充分利用和养护,以谋求较大而持续的经济、生态和社会效益<sup>[4]</sup>。经济是生产要素的合理投入和创造产出的过程,林农复合经营是对生产要素进行优化组合和优化配置的过程和形式<sup>[10]</sup>。根据产业化经营组织模式的特点以及农林业生产的自然属性,要形成高效、可持续的林农复合经营模式,必须培育龙头企业,加强基地建设,优化要素组合,充分发挥生产要素的作用。

## 参考文献

- [1] 富丰珍,徐程扬,李广德.我国杨树林农复合经营现状及存在的问题[J].西北林学院学报,2010,25(2):221-224.
  - [2] 邓华锋.中国森林可持续经营管理研究[M].北京:科学出版社,2008.
  - [3] 程鹏,曹福亮,汪贵斌.农林复合经营的研究进展[J].南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(3):151-156.
  - [4] 董婷婷,周玉新,唐罗忠.林农复合经营经济效益评价研究现状与展望[J].世界林业研究,2013,26(5):13-18.
  - [5] 王玲玲,何丙辉.农林复合经营实践与研究进展[J].贵州大学学报:农业与生物科学版,2002,21(6):448-452.
  - [6] 季永华.江苏淤泥质海岸带农林复合经营类型及模式择优[J].林业科技开发,2010,24(2):79-83.
  - [7] 汪立三,汪志勤,张金荣,等.沭阳县农林复合经营模式经济效益分析[J].现代农业科技,2008(11):91-93.
  - [8] 方升佐,黄宝龙,徐锡增.高效杨树人工林复合经营体系的构建与应用[J].西南林学院学报,2005,25(4):36-41.
  - [9] 徐锡增,吕士行,曹福亮,等.杨粮间作的生产力及其经济效益[M]//吕士行,方升佐,徐锡增.杨树定向培育技术.北京:中国林业出版社,1997:135-140.
  - [10] 周玉新,吴晶晶,唐罗忠.林农复合经营的可持续发展研究[J].林业经济,2013(7):93-97.
- (上接第1814页)
- 参考文献**
- [1] 李纯,武强.地下水有机污染的研究进展[J].工程勘察,2007(1):27-30.
  - [2] 文冬光,林良俊,孙继朝,等.区域性地下水有机污染调查与评价方法[J].中国地质,2008,35(5):814-819.
  - [3] 梁青武,米玉华.排污河道对沿岸地下水水质的影响[J].水资源保护,2000(3):14-17.
  - [4] 吴卿,李东梅,高亚洁,等.城市排污河道底泥中萘和蒽的提取、净化和测定[C]//持久性有机污染物论坛2012暨第七届持久性有机污染物全国学术研讨会论文集.天津,2012.
  - [5] 邱志群,舒为群,曹佳.我国水中有机物及部分持久性有机物污染现状[J].专家论坛,2007,19(3):188-193.
  - [6] 李宗宁,刘辉利,朱义年,等.我国地下水有机污染现状[C]//中国环境科学学会.中国环境科学学会学术年会论文集.北京:中国环境科学出版社,2011:699-702.
  - [7] 贾建丽,张岳,王晨,等.门头沟煤矿区土壤有机污染特征与微生物特性[J].环境科学,2011,32(3):876-879.