

· 环境评价 ·

黄河三角洲湿地环境评价及生态影响

芦英俊¹, 王东², 邓术兴¹

(1. 西南交通大学地球科学与环境工程学院, 成都 611756;
2. 中国石油西南油气田公司输气管理处, 成都 610213)

摘要: 通过对黄河三角洲湿地地区主要河流的调查, 并对其2002年和2017年的水文水质进行监测比较。河流断面监测结果表明, 黄河三角洲上7条河流水质全部遭受污染, 其中神仙沟、小清河、淄河、广利河达严重污染, 但随着时间的推移, 水质日益好转。黄河三角洲环境污染对湿地生态环境和生态系统组成及稳定性造成了重大影响, 主要表现在: 因环境污染而导致生境的破坏; 因生境破坏或污染物毒害而引起生物多样性破坏; 因生境、生物多样性破坏等综合因素引起的生态结构破坏及功能丧失。

关键词: 湿地; 环境评价; 生态; 生物多样性; 黄河三角洲保护

中图分类号: X176

文献标识码: A

文章编号: 1001-3644(2018)03-0141-06

Environmental Assessment and Ecological Impact of Wetland in the Yellow River Delta

LU Ying-jun¹, WANG Dong², DENG Shu-xing¹

(1. Faculty of Geosciences & Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China;
2. Gas Transmission Management Department, Petro China Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu 610213, China)

Abstract: This paper investigated the main rivers in the wetland area of the Yellow River delta, and compared the hydrological water quality in 2002 and 2017. River section monitoring results showed that water quality of seven rivers in the Yellow River delta were all polluted, the Shenxian ditch, Xiaoqing river, Zi river and Guangli river were heavily polluted, but as time went on, the water quality improved. The environmental pollution of the Yellow River delta has a great influence on the composition and stability of wetland ecological environment and ecosystem, which is mainly manifested in the destruction of habitat caused by environmental pollution, biodiversity destruction caused by habitat destruction or contamination, ecological damage and loss of function caused by comprehensive factors such as habitat and biodiversity destruction.

Keywords: Wetland; environmental assessment; ecology; biodiversity; the Yellow River Delta protection

1 前言

湿地与森林、海洋并称为全球三大生态系统, 包括沼泽、湿草甸、湖泊、河流以及泛洪平原、三角洲、滩涂等, 具有维持生物多样性, 调蓄洪水、防止自然灾害, 降解污染, 出产鱼虾等湿地产品, 支持水上运输等不可替代的生态功能, 被科学家称为“地球之肾”。中国湿地面临4个方面的威胁, 即湿地面积萎缩、湿地资源过度利用、水土流失和

湿地污染^[1]。当前, 随着工农业的发展和经济的持续增长, 湿地生态系统的污染加剧已成为最严重的威胁之一^[2]。

前人对黄河三角洲湿地生态系统的形成演化^[3]、生物多样性^[4]及黄河断流对其生态影响^[5]等进行了调查研究。但对该区自然环境, 尤其是沉积物的污染状况及其对区内生物、生态的危害一直以来缺乏系统的研究。生物与其赖以生存的自然环境关系密切, 生态保护的关键是保护自然生态环

收稿日期: 2017-12-21

作者简介: 芦英俊(1989-), 男, 辽宁抚顺人, 2016级西南交通大学地球科学与环境工程学院在读硕士研究生, 主要从事水污染控制方向研究。

境。自20世纪70年代以来,环境问题越来越受到国际社会的关注。环境评价与生态保护密不可分,环境评价解决环境污染的问题,生态保护解决生态破坏的问题。环境污染可以破坏生态环境,防治污染可减轻对生态的破坏;生态保护可以提高生态环境的自净能力,减少环境污染的危害和损失。

为积极倡导人类与自然界和谐共生的生态文明,共青团中央、国家环保总局等多家机构共同启动实施了一项以保护和改善生态环境为宗旨的“保护母亲河行动”。作为对“保护母亲河行动”的积极响应,本文从黄河三角洲湿地水、沉积物的环境现状与评价入手,通过环境变化与湿地内生物演化的紧密联系,分析环境污染对该区生态系统的危害,并提出基于环境污染的保护措施。

2 调查区域与评价方法

2.1 黄河三角洲湿地结构及研究区域

黄河三角洲位于黄河入海口处,北临渤海,东靠莱州湾,介于东北亚内陆和江淮平原之间。地理坐标为东经118°33′~119°20′,北纬37°35′~38°12′(下图)。黄河携带大量泥沙入海,使黄河三角洲湿地的面积逐年增大,成为世界上土地面积自然增长最快的地区之一^[6]。黄河三角洲湿地是中国暖温带保存最完整、最广阔、最年轻的湿地生态系

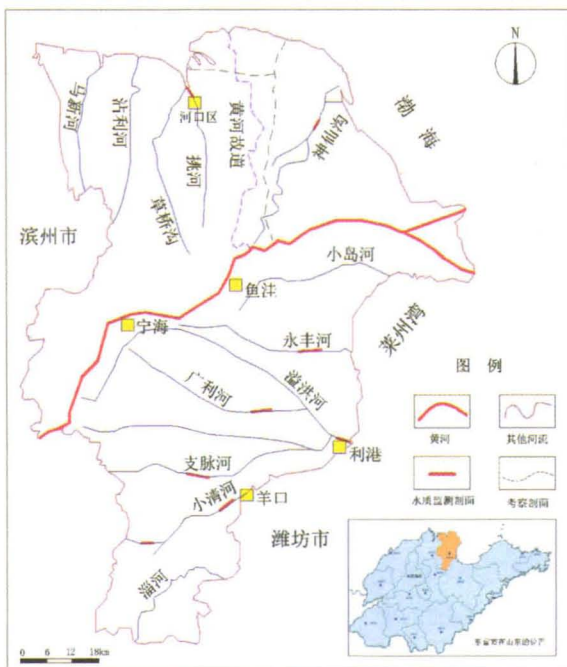


图 黄河三角洲(东营市)湿地、河流分布
Fig. The distribution of wetlands and rivers in the Yellow River delta (Dongying city)

统,是东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙重要的“中转站”、越冬栖息地和繁殖地,每年都有近百万只鸟在此越冬。1992年在此建立了中国首家滨海湿地国家级自然保护区。

黄河三角洲湿地主要分布于临海区域,以滩涂湿地为主,形成了一个宽广的扇形环带。借鉴国内外湿地分类研究成果,对黄河三角洲的湿地进行了分类(如表1所示)。黄河三角洲地区河流、沟壑纵横交错,形成明显的网状结构,各种湿地类型成斑块状分布于三角洲中。根据RS和GIS的研究结果^[7],黄河三角洲湿地分为天然湿地和人工湿地两大类、16种(表1)。天然湿地占67.58%,其中河流及古河道占天然湿地的6.63%,潮间带及潮上带占13.9%,芦苇及其他沼泽占18.6%,滩涂湿地占45.23%。从水文状况看,黄河三角洲湿地以常年积水湿地(河流、河口水城、水库和滩涂等)为主,占总面积的63%;季节性积水湿地(芦苇沼泽、湿草甸和水稻田等)面积为123 153km²,占湿地总面积的37%。

表1 黄河三角洲湿地类型及面积

Tab. 1 Wetland type and area of Yellow River delta

湿地类型		面积 (hm ²)	比例 (%)
天然湿地	河流	10 033	3.01
	古河道及河口湖	4 907	1.47
	潮间带河口水城	8 425	2.53
	潮上带重盐碱化湿地	22 893	6.87
	芦苇沼泽	24 382	7.31
	其他沼泽	17 602	5.28
	疏林湿地	7 734	2.32
	灌丛湿地	15 328	4.6
	湿草甸	16 111	4.83
	滩涂湿地	101 914	30.57
人工湿地	水渠	26 790	8.03
	水库	14 410	4.32
	虾、蟹场	21 228	6.37
	水稻田	19 103	5.73
	坑塘	18 846	5.65
	盐场	3 721	1.12

2.2 监测方法

监测方法按国家环境保护局《环境监测技术规范》执行。水质污染评价以国家地表水环境质

量标准 (GB3838 - 2002) 为准, 总评采用均值型综合污染指数法, 各项污染指标采用单因子污染指数法, 除了 pH 和溶解氧 (DO) 以外, 其余各污染物单项污染指数 (Pi) 等于污染物检测值与污染物评价标准的比值。Pi > 1, 说明水质已超过评价标准。

pH 的单项污染指数计算公式分两种情况:

当 pH ≤ 7.0 时, $pH = (7.0 - pH_i) / (7.0 - pH_{sd})$;

当 pH > 7.0 时, $pH = (pH_i - 7.0) / (pH_{su} - 7.0)$ 。

式中: pH_i - pH 检测值;

pH_{sd} - 水质标准中规定的 pH 下限;

pH_{su} - 水质标准中规定的 pH 上限。

溶解氧 (DO) 的单项污染指数计算公式为:

当 DO_i ≥ DO_s, $P_i = (DO_f - DO_i) / (DO_f - DO_s)$;

当 DO_i < DO_s, $P_i = 10 - 9DO_i / DO_s$ 。

式中: DO_f - 温度为 T 时, 水中饱和溶解氧浓度, $DO_f = 468 / (31.6 + T)$;

DO_s - DO 在 i 点的实测浓度, mg/L;

T - i 点实测温度, °C。

3 结果与讨论

3.1 黄河三角洲湿地水环境评价

随着小清河、广利河上游工业的发展和黄河三角洲本区内油气勘探、开发、炼制及东营市造纸、

化工制造等工业的迅速兴起及壮大, 工业废水、废气、废渣对黄河三角洲的污染日益严重。20 世纪 90 年代以来, 东营市的环境监测结果表明, 黄河水质良好, 除了 COD 指标稍微偏高外, 基本满足国家地表水环境质量三类水质标准。作为人工湿地的水库在黄河三角洲有几十座, 总库容达 1.14 × 10⁸ m³,

水质良好, 检测项目达到国家饮用水水质标准 (GB5479 - 2006)^[8]。

水是湿地形成和演变的动力, 水体质量的优劣对湿地有着最直接的关系。在黄河三角洲上, 除了黄河以外, 还有广利河、小清河、挑河等多条单独入海的小型河流, 这些河流既是湿地的组成单元, 又是湿地和生物生存用水之来源, 所以及时监测和正确评价其污染状况, 是黄河三角洲湿地环境质量评价的重点, 也是探讨环境污染对该区湿地生态影中或与之具有食物链等联系的湿地生物及生态系统也有着特殊影响^[9]。

3.2 主要河流污染状况及评价结果

广利河、小清河为客水河流, 流经黄河三角洲入渤海; 挑河和神仙沟是起源于黄河三角洲内的本水河流, 亦直接流入渤海。以上河流是黄河三角洲上规模较大的四条河流, 前二者位于今黄河之南, 流量相对较大; 后二者位于今黄河之北, 流量很小, 它们的污染特征和程度具有较好的代表性, 且较均匀地分布在黄河三角洲上。

表 2 广利河、小清河河水环境污染现状及评价结果

Tab. 2 Situation and evaluation results of environmental pollution of Guangli river and Xiaoqing river

断面名称	广利河广利港						小清河三岔						
	样品数	年平均 均值 (mg/L, pH 无量纲)	Pi 均值	污染 排序	级别 判定	超标率 (%)	年平均 均值 (mg/L, pH 无量纲)	Pi 均值	污染 排序	级别 判定	超标率 (%)	超标 倍数	
pH	8	7.86	0.43	8	I		7.52	0.26	8	I			
溶解氧	8	3.98	0.75	7	IV	50	6.0	0.47	1.211 6	7	< V	83.33	1.3
COD	8	130.63	3.27	3	< V	100	7.2	133.82	3.345 5	4	< V	5.05	5.05
BOD ₅	8	15.13	1.51	5	< V	87.5	3.2	81.83	8.183	3	< V	100	14.1
氨氮	8	10.48	5.24	2	< V	100	11.5	16.72	8.36	2	< V	11.25	11.25
挥发性酚	8	0.01	0.12	9	V	0	0.021 8	0.218	9	IV			
油类	8	1.33	1.33	6	< V	50	3.46	2.41	2.41	5	< V	3.57	3.57
总磷	8	0.83	2.08	4	< V	100	3.6	0.72	1.8	6	< V	3.2	3.2
总氮	8	14.41	7.21	1	< V	100	13.2	20.97	10.485	1	< V	11.5	11.5

注: 数据来源于 2002 年东营市环境监测站例行监测结果, 表中各项指标按《地表水环境质量标准》(GB3838 - 2002) 进行评价; 最大超标倍数以地表水环境质量 V 类标准为准。

广利河是东营市西城区生活污水的受纳河道，于广利港注入渤海。通过4监测点选择9项指标进行评价，检测结果可知，广利河河水污染非常严重，水质低于国家地表水环境质量V类水质要求。水质污染以有机物、氨氮和总氮、总磷污染为主，COD、BOD₅、氨氮、挥发性酚、石油类、总氮、总磷的污染指数均超过地表水V类标准。其中，氨氮最大超标11.5倍；化学耗氧量超标率均为100%，最大超标倍数分别达7.2倍（表2）。另外，河水富营养化严重，总氮、总磷超标率达100%，平均超标倍数达13.2、3.6倍（表2）。总体上看，广利河广利港总污染指数为21.99，水质属严重污染级别，已不能满足任何工农业、娱乐及

景观用水要求。

与广利河相比，发育于东营南部的小清河的污染更为严重。据东营市2002年和2017年全年检测结果，在2002年小清河水体已受到极严重污染，总污染指数达到36.29。根据单因子污染指数的评价结果，其主要的污染因子包括总氮、氨氮、BOD₅、COD、石油类、总磷等，其中前3项最大值较地表水V类水质超标倍数均在10倍以上（表2），通过2017年的数据（表3）可以看出，小清河的水体相比2002年明显改善，水体中污染因子如总氮、氨氮、BOD₅、COD、石油类、总磷值等指标均比2002年要低，表明小清河水体污染程度降低，但依然低于国家地表水环境质量V类水质要求。

表3 小清河2017年河水环境污染现状及评价结果^[10]

Tab.3 Situation and evaluation results of water environment pollution of Xiaoqing river in 2017^[10]

断面名称	小清河三岔						
	样品数	年平均值 (mg/L, pH无量纲)	Pi 均值	污染排序	级别判定	超标率 (%)	超标倍数
pH	8	8.1	0.26	8	I		
溶解氧	8	2.37	1.211 6	7	< V	0.83	0.83
COD	8	62.8	3.345 5	4	< V	1.57	1.57
BOD ₅	8	9.35	8.183	3	< V	0.93	0.93
氨氮	8	7.37	8.36	2	< V	3.68	3.68
挥发性酚	8	0.006 5	0.218	9	IV		
油类	8	0.05	2.41	5	< III	3.57	3.57
总磷	8	0.83	1.8	6	< V	2.07	2.07
总氮	8	17.61	10.485	1	< V	8.8	8.8

神仙沟和挑河为黄河三角洲内黄河尾间河道，流量小、流程短，但附近石油工业废水及居民生活污水的排放使得其河水已受到较严重的污染。两条河流的主要污染类型为有机污染，以COD尤其突出，其次是石油类污染严重。神仙沟中COD的Pi值达4.05，比地表水V类水质最大超标倍数达4.85倍；石油类含量也高，超出V类水质标准2.51倍。神仙沟总污染指数为8.05，挑河为6.6，相比而言，挑河的污染程度相对轻些，仅COD明显偏高。

有关数据表明，黄河三角洲上7条河流水质全部污染，大多属严重污染级别，其中神仙沟、小清河、淄河、潮河、广利河达到极严重污染级别。

3.3 浅海滩涂水环境状况及评价结果

根据田家怡等人的研究，黄河三角洲浅海水质

受到了石油类、挥发酚、无机氮、无机磷的污染，其最大值分别超过海水水质一类标准（GB3097-97）的2.20、0.08、0.14、0.67倍，其中总无机氮超标率达72%。滩涂水质受到石油类、COD_{Cr}、挥发酚的污染，其最大值分别超过海水水质一类标准的28.52、1.05、1.32倍，其中石油类、COD_{Cr}最大值已分别超过海水水质三类标准的1.95和0.23倍，石油类和挥发酚超标率分别为67%和33%。可见，主要污染源与油田开发工业和生活污水、水产养殖密切相关^[11]。

3.4 环境污染对湿地生态的影响

黄河三角洲河流、浅海和潮滩水质及沉积物环境监测和评价结果表明，本区所有河流水质属于严重污染级，其中小清河、广利河、淄河污染最为严重，主要污染物为COD、石油类、BOD₅等；潮滩

和浅海水质污染也很严重, 主要污染指标为石油类、COD、挥发酚和氮磷。河流和潮滩沉积物的重金属污染相对较轻, 但已明显遭受污染, 虽然大都处于生物尚能承受的范围, 但对生物及生态的恶劣影响已初见异端。

黄河三角洲环境污染的加剧, 对该区湿地生态环境和生态系统组成及稳定性造成了重大影响。概括而言, 环境污染对该区湿地生态的影响可分为间接影响和直接影响两个方面。间接影响包括由于生物多样性破坏而导致遗传基因库破坏及由于湿地生态系统破坏而导致的旅游、休闲及文化等社会经济价值的损失等。直接影响包括生境破坏、生物多样性破坏及生态系统破坏及功能丧失。

3.5 环境污染导致湿地生境破坏

生境是指能为生物物种的个体、种群或群落提供生理、行为需要的生物环境和非生物环境的有机综合, 及物种所在的生态系统或有生态系统组成的景观^[8]。生态学上将生态因子分为温度、湿度、盐分等物理环境因子和种间个体、食物数量和质量等生物因子。这些因子决定了生物的生境。

有机污染、石油类污染严重, 营养物质富集是黄河三角洲湿地的主要污染形式, 其主要污染源为工业废水和城市生活污水的排放。该区每年工业废水和生活污水的排放量达到了 8 000 万 t 左右, 这些污水有相当一部分未经处理就排放到了河道和近海, 加上黄河和其他河流上游地区未经处理的污水顺流而下, 致使三角洲地区的水污染非常严重。水污染对湿地的影响主要表现在对溢洪河、挑河、神仙沟、草桥沟、小清河等水域单元的影响上。根据中科院地理所和胜利石油管理局环保所完成的石油污染环境评价结果, 污染最严重的是神仙沟区, 其次为溢洪河-广利河和小清河-淄河区^[12]。河流湿地的严重污染, 直接影响了流域及海域的生态环境, 使得脆弱的生态环境更加脆弱。

石油工业是造成黄河三角洲地区生境退化的一个重要原因, 其造成污染的方式包括陆上油田的开发和海上钻井平台、海港及海上运输的船只, 前者每年向海洋排放石油量约 1 500 t, 是潮下带污染的主要来源。据统计, 2000 年黄河三角洲入海河流石油污染物通量达 1 335.1 t/d (未统计神仙沟), 其中小清河为 555.4 t/d, 挑河为 185.6 t/d^[8]。陆源污染物的入海造成了潮下带湿地环境质量下降。

3.6 环境污染导致生物多样性的破坏

黄河三角洲湿地是生态类型独特、生物资源量丰富的地区, 分布有 1 524 种野生动物物种, 其中海洋水生动物 418 种, 属国家重点保护的海洋兽类 5 种; 淡水鱼类 108 种, 属国家重点保护的 3 种; 各种植物 393 种, 属国家重点保护的 1 种; 鸟类 265 种, 属国家一级重点保护的 7 种, 二级重点保护的 33 种, 属省级重点保护的 40 种^[13]。

随着工农业生产的发展和人为活动频繁影响, 黄河三角洲已由过去的天然生态系统渐变为以耕作为主的农业生态系统。70 年代末以来, 该区的污染日益严重, 到 90 年代初该区环境污染急剧恶化, 造成该区湿地生物多样性的破坏也日趋严重, 水质污染在造成近海海域污染和河流严重污染的同时, 也对湿地物种及遗传多样性构成巨大威胁。黄河三角洲湿地生物多样性不断遭受环境污染破坏的主要表现有。

(1) 近海海域有机污染导致富营养化、生物种类减少。环境污染不仅影响了入海淡水的数量和质量, 还影响了入海的水生生物食物的数量和质量。这必然影响潮间带及潮下带水生生物的正常生存, 甚至造成水生生物遭受严重毒害甚至死亡。黄河三角洲河流石油入海量年达 1 500t, 致使浅海和滩涂受到石油污染, 致使底栖生物种类明显减少, 生物多样性指数降低; 浅海无机氮超标率高, 营养化严重, 且有明显升高趋势。1989 年、1998 和 1999 年连续发生了较大规模的赤潮现象, 导致浮游植物发生明显的群落演替。

(2) 河流污染导致淡水生物多样性降低。所测 7 条河流均属严重污染级, 致使河流水生生物种类减少, 影响了生物群落结构和功能, 生物多样性指数降低。如因水质污染严重, 使原产小清河的鲤、草鱼、鲫等 22 种经济鱼类, 现基本上绝迹, 久负盛名的小清河银鱼已在该河中灭绝。原产河口的鲚、凤鲚、短颌鲚, 也因河流水质污染而濒于灭绝^[14]。

(3) 物种及遗传多样性受到威胁。20 世纪 50~60 年代该区荒草野坡常见的狐狸, 自 80 年代后已灭绝, 中华绒螯蟹原为该区域优势水产资源, 现在已很少见到; 近海的中国对虾、大小黄花鱼、三疣梭子蟹等也已很少见到; 植物资源中的地笋、甘草、柳穿鱼、洋金花、单叶蔓荆等 10 多种野生药用植物、牧草现已濒危。黄河三角洲的野大豆是重要的种植资源, 现仅零星分布。

4 结论与对策

根据以上黄河三角洲地区的分析,得出以下几点结论。

(1) 黄河三角洲湿地环境污染导致湿地生态环境破坏的同时,也引起该区生物多样性的严重破坏,遗传基因资源遭受严重威胁。

(2) 另外,环境污染也导致黄河三角洲湿地产品污染加重、产量和质量下降、经济效益降低、自净能力降低、自然灾害更加频繁。

(3) 黄河三角洲湿地环境和生态面临的直接威胁来自农业的化肥、农药污染和胜利油田石油开采工业的废水排放两个方面;间接的威胁也来自两个方面,一方面是人口增加、旅游开发,另一方面来自该区大力的招商引资而迅速发展的工业。

通过该文章研究,为今后的黄河地区的河道湿地保护提供理论依据和参考价值,针对这些直接和间接威胁,提出以下两点建议。

(1) 东营地区应继续加强小清河河水的管理和保护,如采取排污纳管、雨污分流和河道曝气等方法改善水质,保护湿地。

(2) 有关部门要结合本区工农业、地区经济发展现状控制湿地污染、保护湿地生态的可持续发展。

参考文献:

[1] 李禄康. 保护湿地就是保护人类生存环境[J]. 世界林业研究,2001,14(6):22-27.

- [2] 许健民. 黄河三角洲(东营市)湿地评价与可持续利用研究[D]. 北京:中国农业科学研究院,2001.
- [3] 穆从如,杨林生,王景华,等. 黄河三角洲湿地生态系统的形成及其保护[J]. 应用生态学报,2000,11(1):123-126.
- [4] 贾文泽,田家怡,潘怀剑. 黄河三角洲生物多样性保护与可持续利用的研究[J]. 环境科学研究,2002,15(4):35-39.
- [5] 崔树强. 黄河断流对黄河三角洲生态环境的影响[J]. 海洋科学,2002,26(7):42-46.
- [6] 姜在兴,王留奇,马在平,等. 黄河三角洲现代沉积研究[M]. 东营:中国石油大学出版社,1994.
- [7] 刘红玉,吕宪国,刘振乾. 环渤海三角洲湿地资源研究[J]. 自然资源学报,2001,16(2):101-106.
- [8] 文湘华. 水体沉积物重金属质量基准研究[J]. 环境化学,1993,12(5):334-341.
- [9] 肖笃宁,胡远满,李秀珍. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [10] 东营港联化管道石油输送有限公司董家口港-潍坊-鲁中-鲁北输油管道工程齐润支线[EB/OL]. <http://huanbao.dongying.gov.cn/web201219968.html>,2017.12.27/2018.4.19.
- [11] 田家怡,贾文泽,窦洪云,等. 黄河三角洲生物多样性研究[M]. 青岛:青岛出版社,1999.
- [12] 徐学工. 黄河三角洲生态环境的评估和预警研究[J]. 生态学报. 1996,16(5):461-468.
- [13] 赵延茂,宋朝枢. 黄河三角洲自然保护区科学考察集[C]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [14] 潘怀剑,田家怡. 黄河三角洲水质污染对淡水鱼类多样性的影响[J]. 水产科学,2001,20(4):17-20.

投稿邮箱变更通告

因编辑部发展需要,自2018年7月1日起,《四川环境》杂志原投稿邮箱schj@scemc.cn停止使用,需投稿的作者即日起可通过schj@scaes.cn或1203322973@qq.com邮箱投稿。也可通过<http://schj.cbpt.cnki.net>在线投稿。由此给各位作者带来的不便,敬请谅解!

《四川环境》编辑部
2018年6月8日