

# 关中地区农村典型涝池水体污染物特征及其水质现状调查与分析

苏媛<sup>1,2</sup>, 高小宝<sup>3</sup>, 张锐<sup>4</sup>, 周家辉<sup>4</sup>, 高照良<sup>1,5</sup>

(1. 中国科学院 教育部水土保持与生态环境研究中心, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 同济大学 海洋与地球科学学院, 上海 200092;

4. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 5. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** [目的] 探究影响涝池水体水环境质量的主要原因,以期能为涝池水体水环境保护和水质状况改善提供科学依据。[方法] 从涝池的功能、容量、面积和结构等方面出发,选取陕西省杨凌农业高新技术产业示范区8个具有典型代表性的涝池,对涝池水体pH值、溶解氧、化学需氧量、氨氮、总磷、总氮进行测定,同时对水质样本点各污染物指标进行参数检验,并应用单因子指数等方法对其综合评定。[结果] ①点源污染型涝池在不同采样点位置水体污染物浓度差异显著( $p < 0.05$ ),各涝池总氮、总磷平均浓度范围分别为:4.70~78.13 mg/L,0.03~4.27 mg/L;氨氮平均浓度范围为0.36~39.18 mg/L;化学需氧量平均浓度范围为33.0~1067.40 mg/L;溶解氧平均浓度范围为1.5~7.3 mg/L;pH值大小平均值范围为7.85~8.64;②大部分涝池水体污染严重,水质均为劣V类,污染物主要以氮类污染物指标为主;③调查区涝池水质污染程度排序为:点源污染+有措施<面源污染+无措施<点源污染+无措施。[结论] 布设污水处理设施及池底防渗措施对于改善涝池水环境状态较为重要。此外辅以内源水体的相关修复及管护工作,效果将会更好。

**关键词:** 涝池; 污染物特征; 水质评价; 关中地区农村

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2020)01-0256-06

中图分类号: X131.2

**文献参数:** 苏媛, 高小宝, 张锐, 等. 关中地区农村典型涝池水体污染物特征及其水质现状调查与分析[J]. 水土保持通报, 2020, 40(1): 256-261. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2020.01.037; Su Yuan, Gao Xiaobao, Zhang Rui, et al. Water pollutant characteristics and water quality status of typical water storage ponds in Guanzhong rural area[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(1): 256-261.

## Water Pollutant Characteristics and Water Quality Status of Typical Water Storage Ponds in Guanzhong Rural Area

Su Yuan<sup>1,2</sup>, Gao Xiaobao<sup>3</sup>, Zhang Rui<sup>4</sup>, Zhou Jiahui<sup>4</sup>, Gao Zhaoliang<sup>1,5</sup>

(1. Institute of Soil & Water Conservation and Eco-environment, Chinese Academy of

Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences,

Beijing 100049, China; 3. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 20092,

China; 4. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100,

China; 5. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** [Objective] The main factors affecting the water environmental quality of water storage ponds were explored to provide a scientific basis for water environmental protection and water quality improvement of water storage ponds. [Methods] Eight typical water storage ponds in Yangling Agricultural Hi-tech Industries Demonstration Zone of Shaanxi Province were selected, taking into consideration the function, capacity, area, and structure of the ponds. Six water quality indicators were measured: pH value, ammonia nitrogen (AN), dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD),  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ , total nitrogen (TN), and total phosphorus (TP). The multivariate statistical method and the single factor index were used to determine the variance of the pollutants in the water quality samples. [Results] ① The concentration of water pollutants in the water

收稿日期: 2019-09-30

修回日期: 2019-10-08

资助项目: “十三五”国家重点研发计划“沟道径流消能抗冲技术研究”(2016YFC0501706-02)

第一作者: 苏媛(1994—),女(汉族),硕士研究生,陕西省渭南市人,研究方向水土保持工程。Email: sy940909@163.com。

通讯作者: 高照良(1969—),男(汉族),河南省灵宝市人,研究员,博士,博士生导师,主要从事农业水土工程和荒漠化防治研究。Email: gzl@ms.iswc.ac.cn。

storage ponds was significantly different at different sampling points ( $p < 0.05$ ). The average TN and TP concentration in each pond was between 4.70~78.13 mg/L and 0.03~4.27 mg/L, respectively; The average  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  concentration was between 0.36~39.18 mg/L; The average COD concentration was between 33.0~1 067.40 mg/L; The average DO concentration was between 1.5~7.3 mg/L; The average pH value was between 7.85~8.64; ② Most water storage ponds were seriously polluted. The water quality was inferior to the V category, and the pollutants were mainly nitrogen-based. ③ The pollution levels of the water storage ponds in the survey area were: point source pollution + measures < non-point source pollution + no measures < point source pollution + no measures. [Conclusion] The installation of sewage treatment facilities and anti-seepage measures at the bottom of the pool were essential for improving the water environment of the water storage pond. A better result would achieved if the measures are supplemented with the repair and management of endogenous water bodies.

**Keywords:** water storage pond; pollutants; water quality evaluation; Guanzhong rural area

涝池曾经是北方干旱地区利用农村低洼处聚集雨水的池塘,即是排涝池,又是雨水再利用的蓄水池<sup>[1]</sup>。在发挥固沟保塬等水土保持效能的同时,也能为所在区域提供稀缺的湿地景观。涝池水位较浅且面积较小,是一个基本封闭的系统,水体自净能力低,再加上外来污染物的侵入,管理稍有不妥,随着时间的推移必将产生不同程度的水体富营养化现象<sup>[2]</sup>。调查发现,陕西省于 2016 年启动的涝池水生态修复整治工程,虽然新修和整治了 1 000 多座涝池,一定程度上加深了水位,扩增了面积,开放了系统,但由于种种原因,已有不少涝池仍出现了严重的水体黑臭现象(如杨凌示范区涝池水体黑臭率已达 46%),这些现象严重背离了新时期建设美丽乡村及乡村振兴的初衷。

近年来,虽有部分学者针对涝池做了不少相关研究,但大都聚焦于涝池的建造设计、历史演变特征及其流域典型灌木植被生态参数的研究<sup>[3-5]</sup>,涉及涝池建成后水体管护及水体净化方面几乎空白,再加上不同地区村镇居民生活习惯、生活水平和用水量的不同,其水体污染源、污染物组成及浓度均存在差异<sup>[6]</sup>,若不结合涝池所在地的实际情况因地制宜分析污染物特征并客观评价水体环境现状,并在此基础上采取有针对性的改善措施,新建和整改过的涝池则极易再现垃圾遍布、水体黑臭的现象,背离关中水系连通的初衷,甚至威胁整个水系生态系统的健康。大量调查和研究表明,水域功能是否能够满足相应的水质目标要求,很大程度上是由氮、磷生境要素所属水质类别所决定,这说明氮磷污染对于地表水质的重要影响<sup>[7-8]</sup>。因此,本研究于 2019 年 4 月 20 日选取了陕西省杨凌农业高新技术产业示范区(以下简称“杨凌区”)具有代表性的 8 个涝池,并对涝池水体的 pH 值、溶解氧、化学需氧量、氨氮、总磷、总氮等基本水质指标进行了取样测试及评价,探究影响涝池水体水环境质量的主要原因,以期能为涝池水体水环境保护和水质状况改善提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 调查研究区概况

本研究所选 8 个涝池分布于杨凌区周边的村庄。其中 4 个分别位于杨凌区王上村、汤家村、除张村和蒋家寨村,另外 4 个分别位于杨凌区北边的陕西省扶风县杏林镇西坡村、良峪村、召宅村和涝池岸村。渭河、小漳河、漆水河 3 条河流构成了杨凌区南、北和东部的界河。该区地表水主要以渭河为主,而渭河干流自西向东横贯关中平原中部,是构成天然水系最主要的骨架,在水系连通方面承担着重要角色。调查区农村道路及农户庭院基本为水泥路面,因此降雨形成径流比例大,地势低洼地区容易形成内涝,涝池分布较多,一般建造在村庄周边低洼处,土质抗蚀性较好,有足够水源且距离民宅不少于 10 m 的地方。基于陕西省美丽乡村涝池建设规范<sup>[9]</sup>,本研究从涝池的功能、容量、面积和结构等方面出发,选取了 8 个具有代表性的涝池作为研究对象,囊括了关中地区不同功能、不同面积大小及结构的涝池,其基本特征见表 1。各村庄涝池均在 2017 年前后进行了建造和整治工作。8 个涝池防护形式见表 2。

### 1.2 点位布设及水样采集

水体采样方法参照《水质采样方案设计技术规范》HJ495-2009<sup>[10]</sup>中地表水湖泊、水库采样点布设原则,每个涝池应布设垂线数及采样垂线上的采样点数根据不同涝池的水面宽及水深而定。由于 4 月份正值枯水期,涝池蓄水不多,经前期勘察未出现水面宽度超出 50 m 和水深超过 5 m 的涝池,因此根据标准对断面水质均匀的涝池设置一条垂线,且垂线上采样点数为上层(水面以下 0.5 m 处,水深不到 0.5 m,在水深 1/2 处取样)一点;存在污染带的另设置垂线采样,方法同上。结合采样标准,再根据调查区涝池水体的特征(见表 1),对每个涝池筛选出 2 个具有代表性的采样点位置,分别在污染物容易聚集的进水口及

水质分布较均匀的中心点进行采样,每个采样点位置设置 3 个重复,重复采样点的位置是以 1 m 为半径的内接圆三角形的 3 个角点,采用规定的容器采集 500 ml 水样。在 2 个代表性采样位置的样品采集完毕之

后立即放入自制的泡沫冰箱放置暗处冷藏并送往实验室进行相关指标的测试;整个研究共设置 42 个采样点。在评价水质时,每次均以水体 2 个采样点位的平均值代表该水体水质。

表 1 关中地区农村典型调查点涝池基本特征

村庄	建造位置	长度/ m	平均 深度/m	平均 宽度/m	面积/ m <sup>2</sup>	蓄水量/ m <sup>3</sup>	主体功能	主要污染物来源
王上村	农田附近	45	0.60	20	900	540	生态湿地型	生活污水、地表汇流
汤家村	村庄公路旁	21	0.21	10	210	44	人文景观型	地表汇流
除张村	村庄公路旁	12	1.00	12	144	144	生态湿地型	生活污水、地表汇流
蒋家寨村	村庄公路旁	70	0.75	30	2 100	611	人文景观型	地表汇流
西坡村	农田附近	100	0.39	50	5 000	1 100	人文景观型	地表汇流
良峪村	村庄公路旁	10	0.09	2	20	2	人文景观型	生活污水、地表汇流
召宅村	农田、养殖场	38	0.06	6	228	14	防洪排涝型	养殖场废水、地表汇流
涝池岸村	村庄公路旁	100	—	60	—	—	人文景观型	地表汇流

表 2 陕西省杨凌区不同涝池防护形式

村庄	边坡防护	池底防渗	污水处理措施	其他
王上村	大卵石护坡	水泥砂浆抹面	格栅调节池+多级生物接触氧化反应器+湿地滤池	水体较清澈,水面及周围无杂物,并饲养有鸭子
汤家村	混凝土植草方格+植草护坡	三七灰土	无	水体呈淡绿色,水面有少许柳絮与树枝漂浮物
除张村	青砖护坡	水泥砂浆抹面	无	水体呈黑褐色,有绿色藻类漂浮物;水面淤泥处生长有少许油菜花
蒋家寨村	水泥混凝土	水泥砂浆抹面	无	水体呈草绿色,水面有枯草及树枝漂浮物
西坡村	大卵石护坡	三七灰土	无	水体较清澈,水面及周围无杂物及漂浮物
涝池岸村	小卵石+植草护坡	无	格栅调节池+沉淀池+厌氧池+人工湿地	无蓄水
良峪村	混凝土植草方格	三七灰土	无	进水口分布大片绿色藻类漂浮物及生活污水、生活垃圾,水体呈灰褐色
召宅村	浆砌石+植草护坡	三七灰土	无	进水口分布养殖场及生活污水,水呈黄绿色,水面分布有绿色藻类漂浮物

### 1.3 分析测试及评价方法

本研究选取 pH 值、水温、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)这 7 项物理性、化学性指标对涝池水质进行评价。各个指标测试方法参照《地表水环境质量标准》GB3838-2002 中的方法进行<sup>[11]</sup>。

按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》HJ2.3-2018 规定的水质标准指数法对调查区涝池水体质量进行评价<sup>[12]</sup>,以 V 类地表水(一般用于农业用水区及景观用水区)标准值作为水体是否超标的判定值,并阐明水质达标情况以及超标项目和超标倍数。这种单因子指数法避免了确定权重的主观随意性,较为简单、直观<sup>[13]</sup>。水质污染因子的标准指数  $S_{i,j}$  的计算公式为:

$$S_{i,j} = C_{i,j} / C_{s,i} \quad (1)$$

式中: $C_{i,j}$  为污染物(即评价因子) $i$  在  $j$  点的实测统计代表值(mg/L); $C_{s,i}$  为污染物(即评价因子) $i$  的水质评价标准最大限值。

利用  $S_{i,j}$  计算指定污染物在采点全部污染物的贡献率:

$$K_{i,j} = \frac{S_{i,j}}{\sum_{i=1}^n S_{i,j}} \quad (2)$$

式中: $K_{i,j}$  为第  $i$  种污染物在第  $j$  个采样点全部污染物的贡献率; $S_{i,j}$  为第  $j$  个采样点上第  $i$  种污染物的污染指数。

采用综合分类算术平均指数法对杨凌示范区周边涝池水质污染程度进行评价<sup>[14]</sup>,计算公式为:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i,j=1}^n S_{i,j} \quad (3)$$

式中: $\bar{P}$  为平均污染指数; $n$  为参与评价的污染因子数量; $S_{i,j}$  为第  $i$  种污染因子的标准指数。水质污染程度分类标准: $\bar{P} \geq 2.0$ ,严重污染; $1.0 \leq \bar{P} < 2.0$ ,重度污染; $0.7 \leq \bar{P} < 1.0$ ,中度污染; $0.4 \leq \bar{P} < 0.7$ ,轻度污染; $0.2 \leq \bar{P} < 0.4$ ,尚属清洁; $\bar{P} < 0.2$ ,清洁。

### 1.4 数据处理

采用 Excel2010 统计软件进行数据处理,并用 Origin9.1 和 Visio2010 软件进行图形绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 涝池水体污染物浓度的统计分析

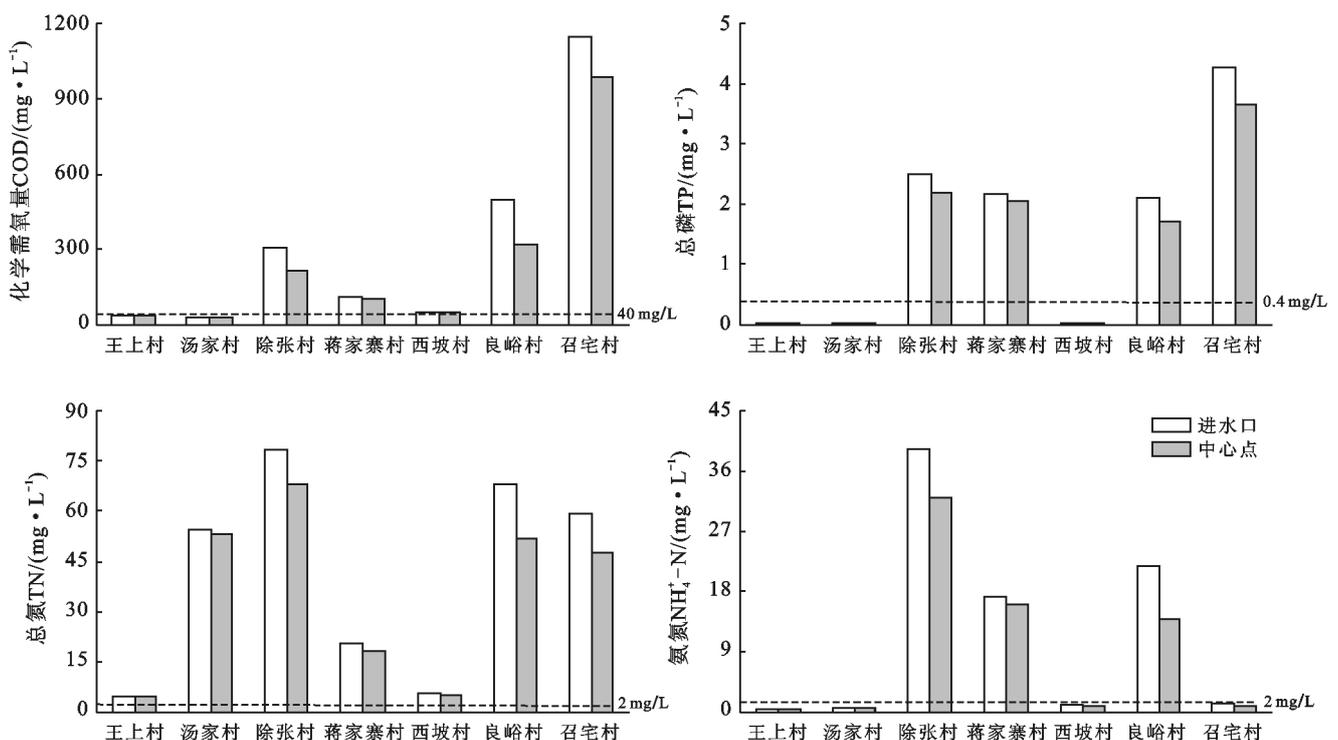
7 个涝池水体污染物浓度统计结果如图 1 所示,不难看出,不同涝池水体水质指标具有较大差异。就 COD 浓度来看,召宅村涝池水体不仅浓度高而且不同采样点位值变化范围大,平均浓度高达 1 067 mg/L,

良峪村次之,为 406 mg/L;王上村、汤家村水体平均浓度均小于 40 mg/L;除王上村和汤家村涝池水体外,其他水体的 COD 平均浓度均为《国家地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的劣 V 类水平。在 TP 方面,召宅村的平均值最高,达 3.96 mg/L;其次为良峪村、除张村及蒋家寨村,水体平均浓度分别为 2.34, 2.10, 1.91 mg/L,这 4 个村庄涝池水体平均浓度均对应地表水劣 V 类;王上村、汤家村、西坡村水体浓度相对较低,达到地表水的 III 类标准。在 TN 方面,所有涝池水体的平均浓度值均大于地表水 V 类的最大限值,为劣 V 类,除张村 TN 平均浓度值最大,高达 73.17 mg/L;其中仍以召宅村和良峪村不同采样点位置水体浓度变化范围较大。

在  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  方面,良峪村浓度值最高且不同采样点位值变化最大;王上村、汤家村和西坡村涝池水体平均浓度分别对应地表水的 II 和 III 类,而其他涝池水体的平均浓度均为地表水劣 V 类水体。而 TN 值严重超标的召宅村涝池水体其  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  浓度相对于其他点源污染型涝池却较小,分析其原因为:①采样点水体的 pH 值大于 8,水体中  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  挥发显著<sup>[15]</sup>;②由于水体中  $0.50 \leq \text{DO} \leq 2.0 \text{ mg/L}$ ,水体中硝化反应与反硝化反应并存,而致使  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  较小的原因可能是水体中硝化作用的速率小于反硝化作用的速率;③可能是由于水体空间分布不均匀所致。TN 值超标

的汤家村涝池相对其他面源污染类型涝池其  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  浓度较小的原因是在  $\text{DO} \geq 2.0 \text{ mg/L}$  的有氧环境条件下,水体中仅发生硝化反应,因此  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  主要以亚硝酸盐和硝酸盐形式存在,由于水中硝化细菌数量可能不同于其他面源污染型涝池,所以造成了不同涝池之间  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  浓度差异,因此还需进一步对水体中硝态氮及亚硝态氮进行测定。

总体上召宅村、良峪村和除张村不同采样点的污染物浓度及其差异远高于调查区其他村庄的涝池,王上村、西坡村涝池污染物浓度及其不同采样点变化范围相对来说最小。其原因是召宅村、良峪村和除张村涝池水体主要污染源类型均为点源污染,污染物在进水口聚集沉降并逐渐扩散形成不均匀的水质断面。在调查过程中发现,召宅村涝池的水体污染主要是由于附近养殖废水、生活污水及地表汇流的直接排入,良峪村及除张村涝池的污染水体主要是由于村庄生活污水的直接排入,造成各个点源污染类型为主的涝池污染物浓度出现差异的原因可能是污染源水体的浓度及流量不同所造成,因此还需进一步对污染源水体开展水质检测工作,同为点源污染的王上村涝池由于在进水口安置了污水处理设施,所以其水质较其他点源污染型涝池甚至面源污染类型的涝池好,而西坡村水质较好的原因可能是其蓄水量较大,水体具有自净功能所致。



注:图中横虚线位置代表地表水 V 类水最大限值

图 1 各涝池水体不同采样点位污染物浓度统计结果

从统计数据来看,调查区周边农村涝池水体的 TN, TP 浓度已经达到可发生水体富营养化临界浓度:TN 为 0.2 mg/L, TP 为 0.02 mg/L, 有的甚至已经严重超标,这说明氮磷生源要素完全可以满足藻类生长的需要,一旦温度、光照、水动力条件等合适,藻类就可以快速生长、繁殖,从而导致水体恶化<sup>[16]</sup>。在实际调查过程中发现 TN, TP 浓度较高的除张村、良峪村及召宅村涝池从感官上已经出现了水体发臭、藻类横生的“水华”现象。

## 2.2 基于水质标准指数法的涝池水体水质评价

现有蓄水的 7 个涝池水质监测结果及其水质污

染因子的标准指数如表 3 所示。各个断面各污染物的贡献率如表 4 所示。

由表 3 可知,在所调查的有蓄水的 7 处涝池中,涝池水质均为地表水劣 V 类标准,除张村、良峪村及召宅村涝池水体存在污染物严重超标的现象,溶解氧值均小于 2.0 mg/L,根据城市黑臭水体污染程度分级标准,其水体黑臭级别已经达到了轻度黑臭。由表 4 可知,涝池水体的主要污染物以氮类污染指标为主,大部分涝池的断面氮类污染物贡献率达到 50% 左右,有的甚至已经达到了 95.37%。由公式(3)计算出各个断面的平均污染指数(见图 2)。

表 3 杨凌示范区周边涝池水质监测结果及其水质指标污染指数

村庄	COD		TN		TP		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N		DO	pH 值
	采样点平均值	S <sub>i,j</sub>	采样点平均值	S <sub>i,j</sub>	采样点平均值	S <sub>i,j</sub>	采样点平均值	S <sub>i,j</sub>	采样点平均值	采样点平均值
王上村	34.60	0.87	4.78	2.39	0.03	0.15	0.38	0.19	7.30	8.62
汤家村	33.00	0.83	53.88	26.94	0.04	0.20	0.60	0.30	6.20	8.27
除张村	259.80	6.50	73.17	36.59	2.34	11.70	36.59	18.30	1.50	8.45
蒋家寨村	106.20	2.66	19.24	9.62	2.10	10.50	16.61	8.31	6.30	8.13
西坡村	50.00	1.25	5.47	2.74	0.03	0.15	0.97	0.49	6.30	8.69
良峪村	406.80	10.17	59.97	29.99	1.91	9.55	17.93	8.97	1.90	7.85
召宅村	1067.40	26.69	53.35	26.68	3.96	19.80	1.71	0.59	1.50	8.64

注:S<sub>i,j</sub>代表水质指标污染指数。

表 4 杨凌示范区周边涝池主要污染物贡献率 %

村庄	COD	TN	TP	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
王上村	24.06	66.48	4.17	5.29
汤家村	2.92	95.31	0.71	1.06
除张村	8.89	50.07	16.01	25.04
蒋家寨村	8.54	30.95	33.78	26.72
西坡村	27.06	59.20	3.25	10.50
良峪村	17.33	51.11	16.28	15.28
召宅村	36.19	36.17	26.85	0.79

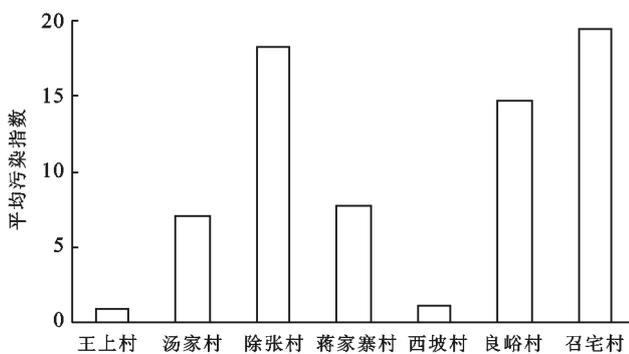


图 2 各涝池水体平均污染指数

根据水质标准指数法的评价结果可以看出,调查区所在地涝池水体均为地表水劣 V 类,水质污染情况严重(见图 2),无法达到农业用水及一般景观要求用水的标准,个别涝池水体污染物浓度甚至已经严重超

标,如召宅村、良峪村和除张村,严重影响了农村生态环境的可持续发展,与建设“美丽乡村”观念相悖,因此亟需对涝池开展水体修复工作。

## 3 讨论

在实际调查过程中我们发现以点源污染为主的召宅村、王上村、良峪村和除张村涝池以外的 4 个涝池均处于农田和村庄附近,其水体主要来源为降雨径流的汇入,生活污水集中排放痕迹不明显,因此这些涝池也可看作是雨水贮存的一种方式;李勇等<sup>[17]</sup>研究得出雨水资源的形成一般需要经历降雨、径流集蓄、贮存利用 3 个过程,王广周<sup>[18]</sup>研究得出调查点雨水集蓄利用中水质问题主要与收集过程和贮存过程有关,而与大气污染关系不大,因此面源污染很可能成为这些涝池水体总氮超标的重要原因。通过走访调查得出附近村民在农作物种植生产中习惯于多施氮肥,少施磷钾肥。国内外研究成果表明,对水体总的污染中,农业面源污染占有较大的比重<sup>[19]</sup>。刘桂平等<sup>[20]</sup>研究得出化肥的利用率只有 30%~40%,其余 60%~70%的化肥进入环境,经地表径流或地下水直接进入湖库。除此之外,村庄附近禽畜养殖主要有鸡、牛、羊、猪,大多以散养为主,因此这些禽畜粪便在降雨发生时直接随地表径流进入水体;汤家村、西坡村、蒋家寨村这 3

个有蓄水的涝池均无点污染源,推测其水体总氮超标极有可能是由于附近村民大量使用化肥、随意排放生活污水、农药以及禽畜粪便污染降雨形成汇流所致。

除涝池岸村涝池无蓄水之外,其他的 7 个涝池水体类别均为地表水劣 V 类,但不同涝池平均污染指数具有较大差异,主要原因是污染源类型、水面面积及涝池结构形式不同所致,其中涝池结构形式包括进水口措施、边坡防护形式、防渗材料等。在农业面源污染类型为主的涝池中,蒋家寨和汤家村涝池水体平均污染指数相对较大,西坡村涝池水体平均污染指数相对较小,可能与其水面面积较大具有一定水体自净能力有关系<sup>[21]</sup>;涝池岸村涝池虽配置有污水处理系统,但涝池岸村涝池由于池底防渗处理不到位,水体发生渗漏没有蓄水,而一旦有蓄水且水体污染物超标将会对地下水水质造成影响,威胁村镇居民的饮水安全;因此在涝池修复整治过程中需要注意对池底防渗技术质量进行提升与把关。魏明强等<sup>[22]</sup>采用和研发与环境协调、对环境友好的新生态材料纳米级 PLA 并将其应用于生态水池的建设,改善了传统混凝土水池自净能力脆弱、容易出现的水臭问题等的技术缺点。这些技术均可以在实践应用中实现。在点源污染类型为主的涝池中,王上村涝池水体平均污染指数相对最小,其原因是涝池进水口采用了湿地滤池等污水处理工艺,因此该项措施在涝池以后的整治修复工作中可以借鉴参考。

涝池水体黑臭现象使农村水生态环境不断恶化,雨水与生活污水去向制约着农村社会发展。据统计,2016 年陕西省已建成涝池生态修复工程 600 座,建设省级示范涝池 80 座,极大改善了涝池存在的水臭、水干的问题,但部分已经修复整治的涝池依然存在水体污染物浓度超标、水臭、水干的问题,如本次调查过程中所选涝池出现了类似的问题。①由于点源污染与面源污染的交叉存在;②由于调查区的部分涝池仅实施了外源治理,忽略了内源水体的修复。这说明整治修复涝池,不仅仅要着眼于既有措施的整改,更要注重不同污染源源头阻断的及针对性的水体修复与管护,对此可以借鉴对于城市封闭性景观水体内源治理,如底泥疏浚、生态浮床和绿色化学试剂修复等,才有可能使涝池水臭、水干的问题得到相对缓解。

## 4 结论

本研究通野外调查、采样及室内分析得出研究区涝池水体水质均为地表水劣 V 类,污染程度不一,污染物主要以氮类化合物指标为主,且所有水体 TN、TP 平均浓度远超水体发生富营养化临界指标,一旦

温度、光照、水动力条件等合适,藻类就可以快速生长、繁殖,从而导致水体恶化;总结水体优良涝池经验得出布设污水处理设施及池底防渗对于改善涝池水环境状态较为重要,此外辅以内源水体的相关修复及管护工作,治理效果将会更好,因此还需进一步通过试验研究。本研究仅对枯水期涝池水体进行污染物浓度分析与评价,对于平水期、枯水期涝池水体水质状况还需进一步连续监测与分析。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 耿乃立. 北方干旱区恢复完善农村涝池一举多得[J]. 中国水利, 2017(14): 40-42.
- [2] 刘韵琴. 再生水补给的城市景观水体富营养化和生态防治[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2013, 7(3): 30-35.
- [3] 权伟. 农村涝池水生态修复建设研究[J]. 陕西水利, 2018(4): 66-69.
- [4] 杨雲舒, 刘文兆, 宁婷婷, 等. 长武塬区涝池演变特征分析[J]. 水土保持通报, 2015, 35(5): 315-318, 322.
- [5] 李文娟, 黄力平, 赵传燕, 等. 黑河上游天涝池流域典型灌木生态参数研究[J]. 干旱区地理, 2018, 41(5): 1073-1079.
- [6] 叶雅. 西江 2000—2009 年水环境质量及水质变化趋势分析[J]. 净水技术, 2010, 29(4): 65-70.
- [7] Pinto U, Maheshwari B, Shrestha S, et al. Modelling eutrophication and microbial risks in peri-urban river systems using discriminant function analysis[J]. Water Research, 2012, 46(19): 6476-6488.
- [8] Soares M, Vale M, Vasconcelos V. Effects of nitrate reduction on the eutrophication of an urban man-made lake (Palácio de Cristal, Porto, Portugal)[J]. Environmental Technology, 2011, 32(9): 1009-1015.
- [9] 陕西省水土保持局, 大荔县市场监督管理局, 大荔县水务局. DB61/T 1133-2018 陕西省地方标准 美丽乡村涝池建设规范[S]. 陕西省质量技术监督局发布, 2018.
- [10] 中国环境监督总站, 辽宁省环境监测中心站. HJ495-2009 水质采样方案设计技术规定[S]. 中华人民共和国国家环境保护部发布, 北京: 中国环境出版社, 2009.
- [11] 中国环境科学研究院. GB3838-2002 地表水环境质量标准[S]. 国家环境保护总局发布, 北京: 中国环境出版社, 2002.
- [12] 环境保护部环境工程评估中心, 中国水利水电科学研究院. HJ2.3-2018 环境影响评价技术导则 地表水环境[S]. 中华人民共和国国家环境保护部发布, 北京: 中国环境出版社, 2018.
- [13] 张彩香, 王焰新, 张兆年. 因子分析法在黄柏河下游水质评价中的应用[J]. 水资源保护, 2005, 21(4): 11-14.
- [14] 朱灵峰, 王燕, 王阳阳, 等. 基于单因子指数法的海浪河水质评价[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 326-327.

(下转第 268 页)

- [5] 王非,毋兆鹏,汪洋,等. 基于 RS 和 GIS 的塔里木盆地荒漠化动态监测[J]. 生态学杂志, 2017, 36(4): 1029-1037.
- [6] Liu Fang, Zhang Hongqi, Qin Yuanwei, et al. Semi-natural areas of Tarim Basin in Northwest China: Linkage to desertification[J]. Science of the Total Environment, 2016, 573: 178-188.
- [7] 杨家军, 吐尔逊·哈斯木, 郝永娟, 等. 塔里木河下游生态输水对植被恢复和沙漠化逆转的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(4): 323-327.
- [8] 刘洪霞, 管文轲, 扎依达·斯迪克, 等. 塔里木胡杨国家自然保护区湿地面积在生态输水工程前后的变化[J]. 林业科学, 2018, 54(9): 1-8.
- [9] Shang Wenxiu, Gong Yicheng, Wang Zhongjing, et al. Eco-compensation in China: Theory, practices and suggestions for the future[J]. Journal of Environmental Management, 2018, 210: 162-170.
- [10] 王让会. 环境负效应的生态补偿模式[J]. 新疆环境保护, 2007, 29(4): 1-4.
- [11] Rao Huanhuan, Lin Chenchen, Kong Hao, et al. Ecological damage compensation for coastal sea area uses[J]. Ecological Indicators, 2014, 38: 149-158.
- [12] Chen Shuzhen, Wu Desheng. Adapting ecological risk valuation for natural resource damage assessment in water pollution[J]. Environmental Research, 2018, 164: 85-92.
- [13] 程多威, 王灿发. 生态环境损害赔偿制度的体系定位与完善路径[J]. 国家行政学院学报, 2016(5): 81-85, 143.
- [14] 白玉锋, 陈超群, 徐海量, 等. 塔里木河下游荒漠植被地上生物量空间分布与地下水埋深关系[J]. 林业科学, 2016, 52(11): 1-10.
- [15] 曾永年, 向南平, 冯兆东, 等. Albedo-NDVI 特征空间及沙漠化遥感监测指数研究[J]. 地理科学, 2006, 26(1): 75-81.
- [16] Bagnold R A. The Physics of Blown Sand and Desert Dunes[M]. Dordrecht: Springer Netherlands, 1971.
- [17] Lettau K, Lettau H H. Experimental and micro-meteorological field studies of dune migration[C] // Lettau H H, Lettau K. Exploring the World's Driest Climates. University of Wisconsin-Madison, Institute of Environmental Science Report 101, University of Wisconsin, 1977, 110-147.
- [18] 董治宝, 陈广庭, 韩致文, 等. 塔里木沙漠石油公路风沙危害[J]. 环境科学, 1997, 18(1): 4-9.
- [19] 戚隆溪, 董飞, 陈强, 等. 沙粒起动风速研究[J]. 力学与实践, 2001, 23(4): 13-14.
- [20] 高君亮, 郝玉光, 丁国栋, 等. 乌兰布和荒漠生态系统防风固沙功能价值初步评估[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(12): 41-46.
- [21] 贡璐, 张雪妮, 冉启洋. 基于最小数据集的塔里木河上游绿洲土壤质量评价[J]. 土壤学报, 2015, 52(3): 682-689.
- [22] 何静, 张建军, 李永红, 等. 新疆地区水土保持功能价值评估方法及生态服务价值估算[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 110-115.
- [23] Yuan Guofu, Zhang Pei, Shao Mingan, et al. Energy and water exchanges over a riparian Tamarix spp. stand in the lower Tarim River basin under a hyper-arid climate[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2014, 194: 144-154.
- [24] 付爱红, 陈亚宁, 李卫红. 中国黑河下游荒漠河岸林植物群落水分利用策略研究[J]. 中国科学(地球科学), 2014, 44(4): 693-705.
- [25] 程皓, 李霞, 马兰菊, 等. 塔里木河下游不同生活型植被对地表的防护效果[J]. 干旱区地理, 2008, 31(3): 373-378.
- [26] 王让会, 薛英, 宁虎森, 等. 基于生态风险评价的流域生态补偿策略[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(8): 1-5.
- [27] 谭克龙, 王晓峰, 高会军, 等. 塔里木河流域综合治理生态要素变化的遥感分析[J]. 地球信息科学学报, 2013, 15(4): 604-610.

(上接第 261 页)

- [15] 庄源益, 戴树桂, 张明顺. 水中氨氮挥发影响因素探讨[J]. 环境化学, 1995, 14(4): 343-346.
- [16] 李如忠, 刘科峰, 钱靖, 等. 合肥市区典型景观水体氮磷污染特征及富营养化评价[J]. 环境科学, 2014, 35(5): 1718-1726.
- [17] 李勇, 王超, 杨金虎. 蓄集雨水污染成因分析及防治对策[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(4): 108-112.
- [18] 王广周. 窖水水质影响因素的初步研究[D]. 陕西 杨凌: 中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心), 2008: 22-23.
- [19] 唐莲, 白丹. 农业活动非点源污染与水环境恶化[J]. 环境保护, 2003, 31(3): 18-20.
- [20] 刘桂平, 周永春, 方炎, 等. 我国农业污染的现状及应对建议[J]. 国际技术经济研究, 2006(4): 17-21.
- [21] 郭红雨. 城市滨水景观设计研究[J]. 华中建筑, 1998, 16(3): 75-77.
- [22] 魏明强, 刘有录, 张乐婷. 生态建筑的新材料在水池中的应用[J]. 中国建材科技, 2014, 23(6): 29-31.