

河南省农村黑臭水体污染现状及污染特征研究

王莉^{1a}, 刘萌硕^{1a}, 李亭亭^{1a}, 彭赵旭^{1b}, 李洁²

(1. 郑州大学 a. 生态与环境学院; b. 水利科学与工程学院, 郑州 450001;

2. 河南省生态环境科学研究院, 郑州 450046)

摘要: 基于农村黑臭水体总体分布情况、污染特征、成因等基础资料欠缺的问题, 对河南省典型地区内的农村黑臭水体进行现场调研和采样分析, 初步掌握农村黑臭水体污染现状和污染特征。河南省农村黑臭水体主要污染源有农村生活、工业废水、农业种植、畜禽养殖、水产养殖等 5 类, 采集的 103 个黑臭水体水样中农村生活污染所占比例最大(57%), 5 个典型地区的黑臭污染程度由大到小依次为南阳淅川县, 商丘虞城县, 焦作博爱县, 周口扶沟县, 驻马店正阳县。采用相关性分析、主成分分析等方法对监测的指标进行分析, 结果显示农村黑臭水体中 ORP, DO, NH₃-N, TP, COD 显著性相关, 与主成分高度相关的理化指标是 NH₃-N, TP, COD, BOD₅, 表明农村黑臭水体主要的污染因子是 NH₃-N, TP, COD, 农村黑臭水体主要污染问题是有机物含量超标和富营养化。

关键词: 河南省; 农村黑臭水体; 污染源; 污染现状; 污染特征

中图分类号: X52

文献标志码: A

2013 年农村污染排放已占到全国污染排放的“半壁江山”, 至 2016 年, 农村生活污水年产生量又增加了近 10 亿吨, 但进行生活污水处理的行政村仅占 20%^[1], 与城市污水近 90% 的处理率形成强烈反差^[2]。2019 年 11 月, 生态环境部印发《农村黑臭水体治理工作指南(试行)》, 深化落实《农村人居环境整治三年行动方案》。河南省作为人口和农业大省, 农业生产中农用物资施用不当、农村地区生活污水收集处理率低、小规模畜禽养殖污水不经处理直接排放、生活垃圾随意弃置等问题都导致农村地区水环境质量恶化, 甚至出现黑臭^[3-4]水体。农村地区黑臭水体污染问题迫在眉睫, 亟须开展治理工作。

目前关于黑臭水体的研究多集中在城市黑臭水体, 且主要涉及黑臭水体治理技术、评价方法、识别监测等方面, 对农村黑臭水体的关注较少^[5-7]。郑心愿等^[8]将磁加载多效澄清技术用于北京市大兴区某黑臭水体治理工程中, 对浊度、总磷、化学需氧量(COD)等有较好的去除效果, 设备运行期间表现出较好的抗冲击负荷能力和系统稳定性; 滕云梅等^[9]通过相关性分析、方差分析和多重对应分析, 构建了基于综合水质指数的南宁市黑臭水体污染程度分级评价体系, 能反映综合水质的连续性变化情况; 胡国庆等^[10]以芜湖鸠江区为研究区, 利用 GF-2 卫星的高空间分辨率特性, 探索了基于光谱特征和表现特征相结合的认识方法, 进一步提高了黑臭水体动态监测的识别精度和可靠性。由于农村黑臭水体分布情况、污染特征、成因等基础资料的欠缺, 致使治理工作难以系统开展。本研究以河南省农村黑臭水体为研究对象, 采用现场调研和采样分析的方法, 初步掌握农村黑臭水体污染现状、污染特征等。

1 材料与方 法

1.1 样品采集

河南省位于 31°23'N~36°22'N, 110°21'E~116°39'E 之间, 华北平原南部的黄河中下游地区, 地势西高东低, 由平原、盆地、山地、丘陵和水面构成, 地跨海河、黄河、淮河和长江四大水系。河南省辖 20 个县级市, 84 个

收稿日期: 2021-08-30; 修回日期: 2021-11-05.

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2015ZX07204-002-05); 河南省高等院校重点科研项目(19B610004).

作者简介(通信作者): 王莉(1973-), 女, 河南长垣人, 郑州大学教授级高级工程师, 博士, 研究方向为水质基准与水环境评价, E-mail: xiawangli@zzu.edu.cn.

县,1 791 个乡镇,4.6 万个行政村。2019 年末全省总人口 10 952 万人,其中城镇人口 5 828 万人,乡村人口 5 124 万人。本研究综合考虑河南省重点水源地保护区、地形地貌、行政区划、流域分布、农村分布等因素,筛选出南阳淅川县、周口扶沟县、商丘虞城县、焦作博爱县、驻马店正阳县 5 个代表性地区,对 5 地区的农村黑臭水体进行现场调研,在现场调研基础上,于 2019 年 8 至 11 月对典型农村黑臭水体进行采样,共计在 5 地区采集水质样品 103 个,沉积物样品 99 个(4 个水体底部硬化或砂石较多,故未采集沉积物),采样点位分布见附图 1。

样品采集按照《水质采样技术指导》(HJ 494-2009)进行,采用柱状采样器采集未经扰动的沉积物样品,采集后立即装入聚乙烯自封袋,同时用有机玻璃采水器采集相应点位的上覆水,采集后立即装入聚乙烯水样瓶中,将沉积物样品和水质样品低温保存并尽快送回实验室处理。水质样品经预处理后待测,沉积物样品自然风干,经初筛去除砂砾及动植物残体,再充分研磨过 200 目筛后备用。

1.2 指标测定及分析

pH,氧化还原电位(ORP)使用 HI 8424 型快速测定仪测定;溶解氧(DO)使用 HQ30d 型便携式溶解氧测定仪测定;氨氮(NH₃-N)采用纳氏试剂光度法测定(HJ 535-2009);总磷(TP)采用钼酸盐分光光度法测定(GB/T 11893-89);COD 采用快速消解分光光度法根据《水和废水监测分析方法(第四版)》测定;五日生化需氧量(BOD₅)采用稀释与接种法测定(HJ 505-2009);Fe, Mn 采用火焰原子吸收分光光度法根据《水和废水监测分析方法(第四版)》测定;叶绿素 *a* (Chl. *a*) 采用分光光度法测定(HJ 897-2017);沉积物腐殖质(HM)采用焦磷酸钠浸提-重铬酸钾氧化法测定(LY/T 1238-1999);沉积物酸可挥发性硫化物(AVS)采用亚甲基蓝分光光度法测定(HJ 833-2017)。

1.3 黑臭水体分级评价及类型划分方法

因生态环境部出台的《农村黑臭水体治理工作指南(试行)》中仅提供了农村黑臭水体的识别标准(透明度<25 cm, DO 质量浓度<2 mg/L, NH₃-N 质量浓度>15 mg/L, 任一项超标即为黑臭水体),无分级评价标准,故采用住建部出台的《城市黑臭水体分级评价标准》(以下简称指南法)对采集的 103 个农村黑臭水体水样进行黑臭程度评价,评价标准见表 1。为保证数据质量,每个样品均设置两个平行样品进行同步分析。采用 Excel 2010 进行原始数据统计分析, SPSS 21.0 进行因子分析, Origin 2017 进行相关图表制作。

表 1 城市黑臭水体污染程度分级标准

Tab. 1 Classification standard of pollution degree of urban black and odorous water bodies

特征指标	透明度/cm	DO/(mg · L ⁻¹)	ORP/mV	NH ₃ -N/(mg · L ⁻¹)
轻度黑臭	10~25*	0.2~2.0	-200~50	8.0~15
重度黑臭	<10*	<0.2	<-200	>15

注: * 表示水深不足 25 cm 时,该指标按水深的 40%取值。

农村黑臭水体的主要污染来源有农村生活、农业种植、工业废水、畜禽养殖、水产养殖等 5 类。按照黑臭水体内污水主要来源判定其污染源类型,位于居民区内且有明显排污口和垃圾堆积的黑臭水体,判断其黑臭污染源为农村生活污染;位于农田周围且远离居民区,较少涉及生活污染和畜禽养殖污染的黑臭水体,判断其黑臭污染源为农业种植污染;位于企业周边且有明显排污口或中间产物倾倒现象的黑臭水体,判断其黑臭污染源为工业废水污染;位于畜禽散养户或养殖聚集区周边且有畜禽养殖粪便、污水等直接或间接排入的黑臭水体,判断其黑臭污染源为畜禽养殖污染;位于废弃鱼塘或与周边水产养殖水体连通的黑臭水体,判断其黑臭污染源为水产养殖污染。

2 结果与分析

2.1 农村黑臭水体污染特征

依据指南法进行的黑臭程度分级评价结果显示,整体上,轻度黑臭水体占 45%,重度黑臭水体占 33%,其余水体水质略好于轻度黑臭,但属于劣 V 类水体。由图 1(a)可知,南阳淅川县采集的 20 个水样中 65%为

重度黑臭,在5地区中重度黑臭比例最高;商丘虞城县采集的24个水样中重度黑臭和轻度黑臭各占50%;焦作博爱县采集的18个水样中重度黑臭、轻度黑臭、非黑臭占比相同(约33%);周口扶沟县采集的22个水样中,轻度黑臭占64%,在5地区中轻度黑臭比例最高;驻马店正阳县采集的19个水样中重度黑臭仅占5%,在5地区中重度黑臭占比最低,非黑臭水体在5地区中占比最高(42%)。

对典型地区内农村黑臭水体进行现场调研后发现,农村黑臭水体多为坑塘和沟渠,多位于居民区内或村头、农田附近,水体面积和水量均较小,基本为死水,而且农村生活、农业种植、工业废水、畜禽养殖、水产养殖5类污染源均涉及。采集的黑臭水体水样中农村生活污染的黑臭水体占比最高(57%),其次是农业种植污染(14%),水产养殖污染的黑臭水体数量最少(5%)。由图1(b)可知,商丘虞城县农村生活污染的黑臭水体在5地区中占比最高,占79%,商丘常驻人口较多且居民区密集,污染物产生量较大;驻马店正阳县农业种植污染的黑臭水体占比最高(26%),且水产养殖仅存在于该地区,南阳淅川县次之(20%);焦作博爱县工业废水、畜禽养殖污染的黑臭水体占比均最高。

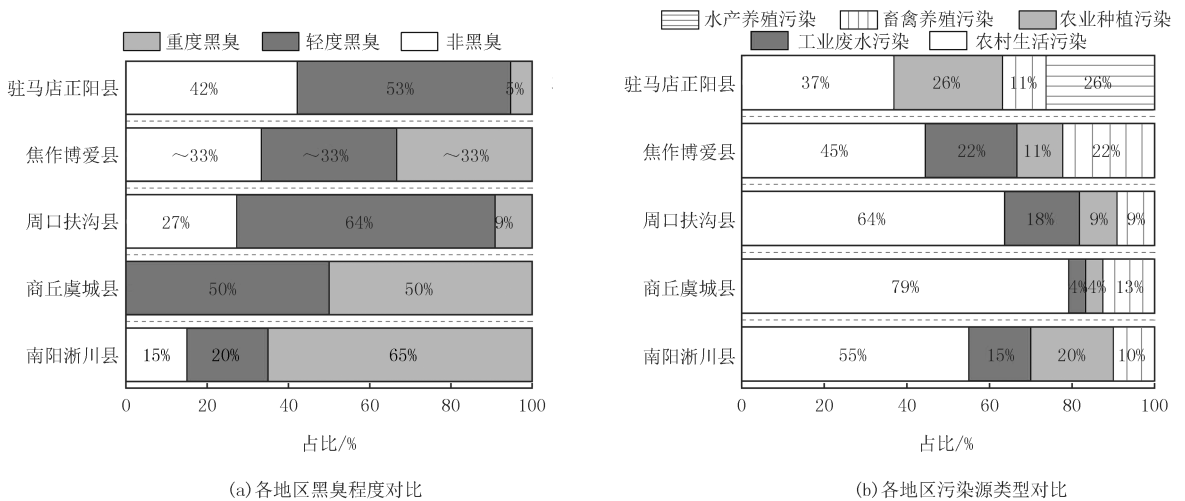


图1 黑臭水体分布特征

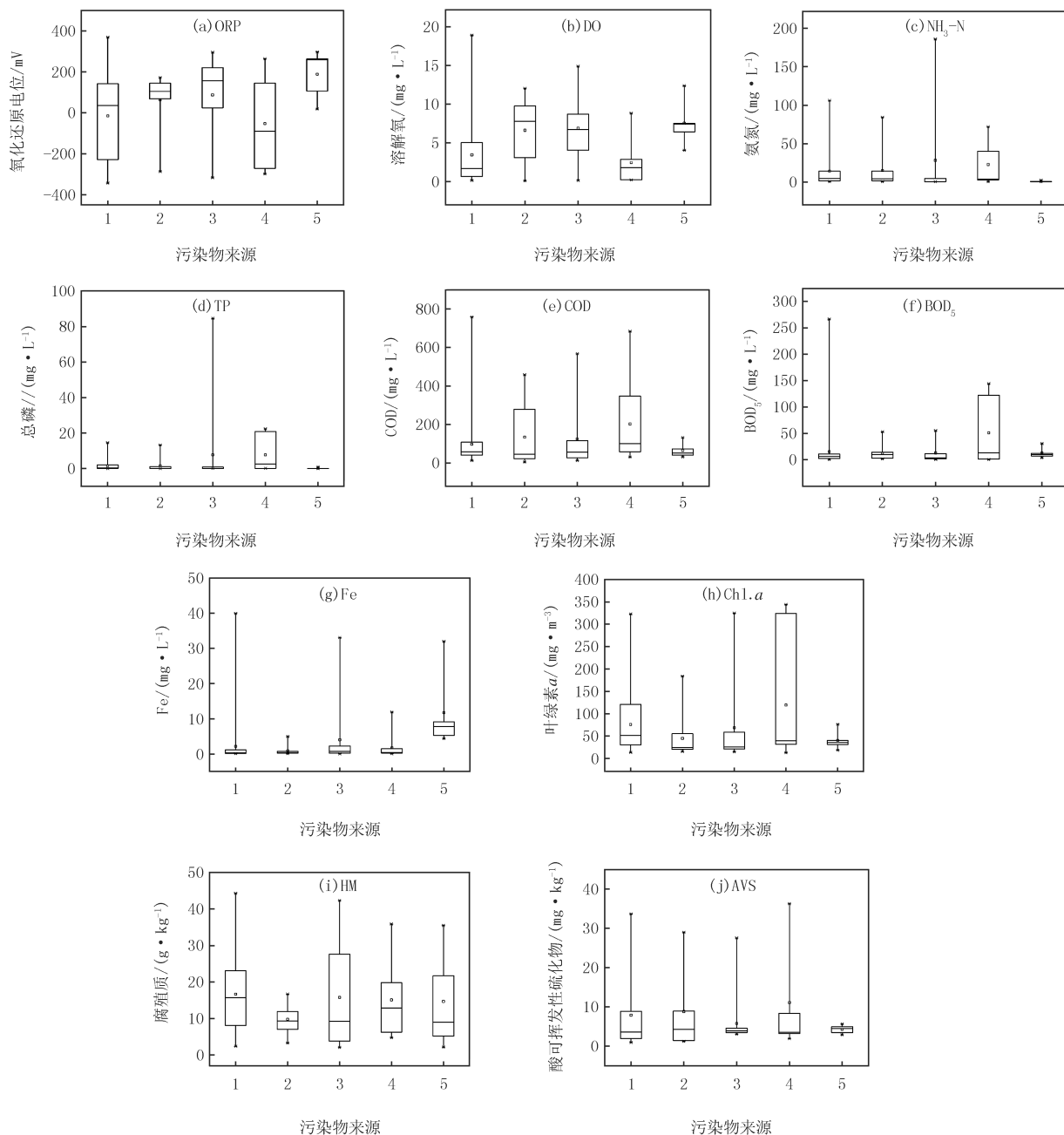
Fig.1 Distribution characteristics of black and odorous water bodies

孙娜等^[11]以苏州城市水体为研究对象,发现有部分河道多呈灰黑色有时甚至出现黑臭现象,与河南省农村黑臭水体具有相似的特征,两者均主要受生活污水排放的影响,水质有机污染现象较明显,结合现场情况发现,黑臭水体均呈现河道浅窄、底泥淤厚、面积小、流速缓慢等特征,使得水体自净能力不佳^[5]。冀峰等^[7]以太湖流域为研究对象,发现部分入湖河流特别是断头浜由于长期受到沿岸畜牧业、农业、工业的影响,导致河流底泥淤积严重,蓄积大量外源输入的营养物质,甚至形成黑臭河流,与河南省农村黑臭水体研究结果一致,重度黑臭水体主要是畜禽养殖、农业种植、工业废水贡献的^[5]。

2.2 水体污染特征

依据污染来源对水体、沉积物中污染物进行比较分析(见图2),结果表明:农村生活污染的黑臭水体ORP,DO,COD,BOD₅值变化幅度最大,分别在-343.5~369.0 mV,0.16~18.93 mg/L,12.5~758.0 mg/L,12.5~266.0 mg/L之间。农村生活污染物种类较多且成分复杂^[12],是其指标值变化范围大的主要原因。畜禽养殖污染的水体ORP,DO值均最低,分别为-53.4 mV,2.46 mg/L;TP,COD和BOD₅值均值均最高,分别为7.7,203.0,51.1 mg/L,说明受畜禽养殖污染的水体有机质含量高,富营养化程度严重,同时也反映出畜禽养殖污染对水体黑臭的贡献最大,2020年《第二次全国污染源普查公报》显示,畜禽养殖业占到了全国所有水污染物排放COD量的46.6%^[13];Chl.a值明显高于其他4类水体,均值为120 mg/m³,作为富营养化常见的响应指标,Chl.a值高再次印证畜禽养殖污染的水体富营养化程度严重。农业种植污染的水体NH₃-N和TP值明显高于其他点位,可能是因为化肥、农药等经雨水冲刷、地表径流等汇入水体,使得水体N,P含量增加;农业种植污染和畜禽养殖污染的水体沉积物HM均值最高,为15.75 g/kg,变幅最大,在2.04~42.30 g/kg之间,农作物秸秆是自然界主要的有机质来源之一,且中国的秸秆资源以肥料化利用为主^[14]。水产养殖污染

的水体 ORP,Fe 质量浓度均最高,分别为 188.7 mV,11.7 mg/L,水产养殖户通常抽取地下水作为水源,地下水 Fe 含量较高,且饲料中会掺拌部分 Fe 等微量元素.



污染物来源:1.农村生活;2.工业废水;3.农业种植;4.畜禽养殖;5.水产养殖.

图2 不同污染源下各指标含量图

Fig.2 Content map of each index under different pollution sources

农村生活污染的 ORP,DO,COD 和 BOD₅ 值变化范围在 5 类污染源中均最大,反映农村生活污染产生的污染物种类多,受污染水体水质复杂多变.畜禽养殖污染的水体 TP,COD,BOD₅,Chl.a 含量均值均最高(见图 3),反映畜禽养殖污染的水体,富营养化程度严重,生化指标极高,对黑臭的贡献度最大.农业种植污染的水体除 NH₃-N 和 TP 存在明显异常值外,整体污染程度不高;工业废水污染和水产养殖污染的水体污染程度最低.综上,5 类污染源对黑臭水体的贡献度由大到小依次为畜禽养殖污染,农村生活污染,工业废水污染,农业种植污染,水产养殖污染.

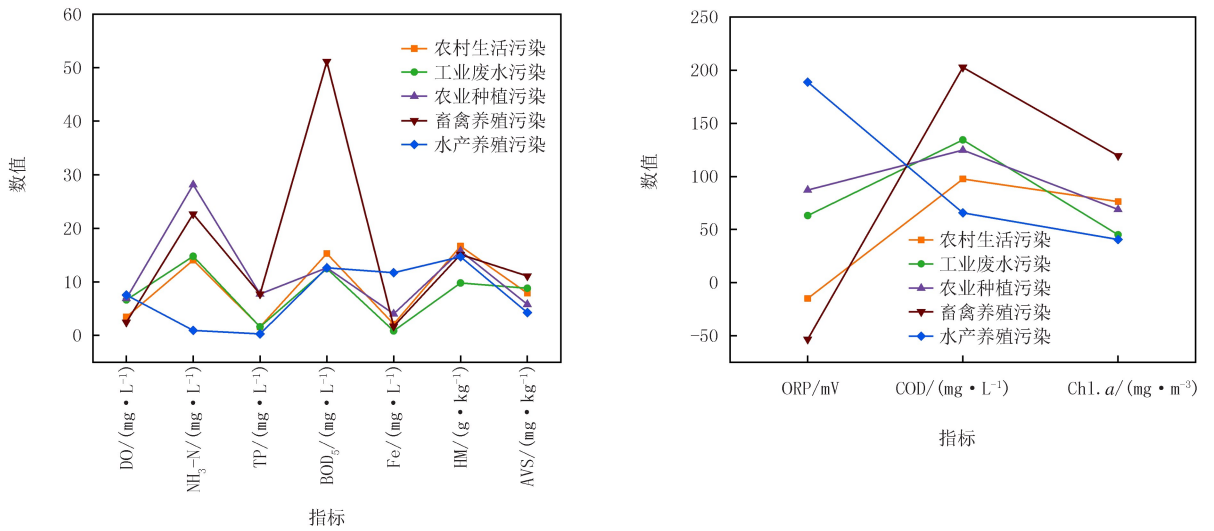


图3 不同污染源黑臭水体水质对比

Fig.3 Comparison of black and odorous water quality from different pollution sources

2.3 农村黑臭水体特征污染因子

采用 SPSS 软件对各指标含量进行相关性分析,结果见表 2。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 与 TP, COD 均呈极显著正相关关系 ($r=0.830^{**}, P<0.01; r=0.674^{**}, P<0.01$), 通常营养物浓度与有机污染物的含量变化有同步特点^[15]; Chl.a 与 TP, $\text{NH}_3\text{-N}$ 均呈现显著正相关关系 ($r=0.639^{**}, P<0.01; r=0.539^{**}, P<0.01$), 与 ORP, DO, pH 呈负相关关系 ($r=-0.503^{**}, P<0.01; r=-0.424^{**}, P<0.01; r=-0.254^{**}, P<0.01$), Chl.a 是反映藻类数量的重要指标,常作为评价水体富营养化状况的主导因子^[16],藻类生长与水体中多种环境因子密切相关,例如氮、磷、光照强度和周期、水温、pH 和 DO 等,藻类数量变化是这些因子共同作用的结果;pH 与 DO 呈现显著正相关关系, ($r=0.592^{**}, P<0.01$), DO 主要来源于藻类的光合作用,光合作用中吸收了 CO_2 ,使得 HCO_3^- 和 CO_2 的比例增加, pH 值会增加,因此水中水生植物光合作用是导致 DO 质量浓度和 pH 值增加的原因^[17]。ORP 与 DO 呈现显著正相关关系 ($r=0.586^{**}, P<0.01$), 水体 DO 质量浓度低时呈较强还原性,随着水体 DO 质量浓度升高其氧化性逐渐增强。

表 2 各指标相关性检验结果

Tab. 2 Correlation test results among indicators

指标	pH	ORP	DO	$\text{NH}_3\text{-N}$	TP	COD	BOD_5	Fe	Chl.a	HM	AVS
pH	1										
ORP	0.271**	1									
DO	0.592**	0.586**	1								
$\text{NH}_3\text{-N}$	-0.004	-0.494**	-0.376**	1							
TP	-0.167	-0.398**	-0.282**	0.830**	1						
COD	0.047	-0.381**	-0.229*	0.674**	0.494**	1					
BOD_5	-0.047	-0.391**	-0.243*	0.449**	0.397**	0.807	1				
Fe	0.302**	0.271**	0.398**	0.012	0.084	0.119*	0.090**	1**			
Chl.a	-0.254**	-0.503**	-0.424**	0.539**	0.639**	0.367	0.398**	0.033**	1**		
HM	-0.233*	-0.185	-0.314**	0.256*	0.272**	0.135	0.025*	0.018	0.252**	1*	
AVS	0.067	0.172	-0.025	-0.130	-0.116	-0.131	-0.097	-0.101	-0.067	-0.024	1

注:**代表 0.01 水平上显著相关,*代表 0.05 水平上显著相关。

对数据进行 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)值分析和 Bartlett 球型检验(Bartlett test of sphericity),检验结果表明,Bartlett 值和 KMO 值分别为 0 和 0.637,Bartlett 值小于 0.05,KMO 值大于 0.5,说明数据适合用

于因子分析^[18],采用 Kaiser 标准化正交旋转法,通过对监测因子进行线性变换后,将各因子间的变化关系和相互作用关系集中体现到综合性变量上,即主成分(PCA)^[19],从中提取了 3 个特征值大于 1 的主成分 PC1,PC2,PC3(见图 4),PC1 的贡献率为 38.96%,主要包括 NH₃-N,TP,COD,BOD₅,反映水体的营养状态及有机污染;PC2 的贡献率为 26.93%,主要包括 pH,DO,Fe,反映水体的常规理化状态;PC3 的贡献率为 15.29%,主要包括 HM,反应沉积物的有机污染.第一主成分和第二主成分基本确定了水质的主要污染情况^[20],反映出农村黑臭水体有机物含量超标和富营养化程度严重.

大部分城市黑臭水体的形成原因也是富营养化和有机物含量超标,但城市和农村黑臭水体的污染来源有所不同,城市黑臭水体的主要污染来源是有机污染物高负荷排入(生活污水、工业废水大量排放)、排水系统不健全^[21](“重”污水总管和干管建设,“轻”收集管网建设,强调主要河流污染治理,不按水系截污)、水体热污染(工业高温废水、污水处理厂退水及生活污水)、初期雨水污染(合流制系统初期雨水排放,分流制系统雨水管网溢流)^[22]、底泥污染(底泥是污染物的重要集散地,水体受到扰动底泥中的污染物会再次悬浮,对河流造成二次污染)等.目前城市黑臭水体治理成效显著,但农村黑臭水体形势依旧严峻,农村黑臭水体治理及居住环境整治将是今后的首要工作^[23].完善农村垃圾收集转运体系,配套设施建设到位;建设健全集中或分散式的水处理设施;推行精准科学施肥、病虫害统防统治,实现农药减量;大力推行养殖与种植结合、粪便就地消纳,配套建设畜禽粪污贮存、处理、利用设施;建立健全农村环境管理体制,完善工作体系,提高执行力,都是治理农村黑臭水体的重要前提.

3 结 论

通过对河南省典型地区的农村黑臭水体进行现场调研和采样分析,初步掌握了农村黑臭水体污染现状及污染特征,并采用因子分析方法分析了农村黑臭水体的特征污染因子,得到的主要结论如下:

(1)河南省农村黑臭水体的主要污染来源是农村生活污染、农业种植污染、工业废水污染、畜禽养殖污染、水产养殖污染,综合 5 地区水体黑臭程度和各项指标含量,得出 5 地区污染程度由大到小依次为:南阳淅川县,商丘虞城县,焦作博爱县,周口扶沟县,驻马店正阳县.

(2)指标的因子分析结果表明,ORP,DO,NH₃-N,TP,COD 间呈现显著相关性,NH₃-N,TP,COD,BOD₅ 与主成分高度相关,表明农村黑臭水体主要的污染因子是 NH₃-N,TP,COD,农村黑臭水体主要污染问题是有机物含量超标和富营养化.

此外,本研究只对河南省典型地区的农村黑臭水体进行了调查分析,调查的黑臭水体数量有限且仅取样一次,得出的结论仅能初步反映当前河南省农村黑臭水体污染现状和特征.若要全面系统掌握农村黑臭水体污染现状,尚需开展时序更长、涉及水体数量更多的调查分析.

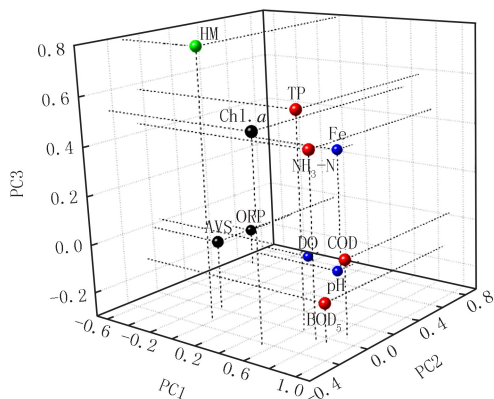


图4 指标主成分分析

Fig.4 Principal component analysis of indicators

附 录

附图见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2022.06.008).

参 考 文 献

- [1] 韩楠,刘玉红,刘艳娟.我国乡村发展驱动因素与区域差异分析[J].中国农业资源与区划,2021,42(4):40-48.
HAN N,LIU Y H,LIU Y J.Analysis of driving factors and regional differences of rural development in China[J].Chinese Journal of Agri-

- cultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(4): 40-48.
- [2] WU S B, AUSTIN D, LIU L, et al. Performance of integrated household constructed wetland for domestic wastewater treatment in rural areas[J]. Ecological Engineering, 2011, 37(6): 948-954.
- [3] PARINET J, RODRIGUEZ M J, SÉRODES J. Influence of water quality on the presence of off-flavour compounds (geosmin and 2-methylisoborneol)[J]. Water Research, 2010, 44(20): 5847-5856.
- [4] 王旭, 王永刚, 孙长虹, 等. 城市黑臭水体形成机理与评价方法研究进展[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1331-1340.
WANG X, WANG Y G, SUN C H, et al. Formation mechanism and assessment method for urban black and odorous water body: a review [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(4): 1331-1340.
- [5] 王莉, 姜惠源, 李亭亭, 等. 河南农村黑臭水体及影响因素调查与分析[J]. 中国农村水利水电, 2021(3): 1-5.
WANG L, JIANG H Y, LI T T, et al. Investigation and analysis of the present situation of water body in rural areas of Henan Province [J]. China Rural Water and Hydropower, 2021(3): 1-5.
- [6] 王莉, 李亭亭, 刘萌硕, 等. 曝气联合菌剂对农村黑臭水体治理效果研究[J]. 工业水处理, 2021, 41(10): 61-66.
WANG L, LI T T, LIU M S, et al. Treatment effect of aeration combined with bacteriological agent on rural black and odorous water body [J]. Industrial Water Treatment, 2021, 41(10): 61-66.
- [7] 冀峰, 王国祥, 韩睿明, 等. 无锡市农村黑臭河流沉积物营养盐垂向分布与污染特征分析[J]. 环境工程学报, 2016, 10(7): 3462-3470.
JI F, WANG G X, HAN R M, et al. Vertical distribution and pollution characteristics of nutrient in sediment of rural malodorous black river in Wuxi City, China [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2016, 10(7): 3462-3470.
- [8] 郑心愿, 华英豪. 磁加载多效澄清技术在城市黑臭水体治理和城市生活污水处理中的应用案例[J]. 环境工程学报, 2021, 15(9): 3136-3142.
ZHENG X Y, HUA Y H. Application of magnetic ballasted clarification technology in black and smelly water treatment and domestic sewage treatment [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(9): 3136-3142.
- [9] 滕云梅, 潘艳, 陈鸿腾, 等. 南宁市城市内河黑臭分级综合评价研究[J]. 中国环境监测, 2021, 37(5): 76-82.
TENG Y M, PAN Y, CHEN H T, et al. Study on the classification and assessment of blackening and odorization of the urban rivers in Nanning City [J]. Environmental Monitoring in China, 2021, 37(5): 76-82.
- [10] 胡国庆, 陈冬花, 刘聪芳, 等. 基于高分二号的都市黑臭水体动态监测[J]. 国土资源遥感, 2021, 33(1): 30-37.
HU G Q, CHEN D H, LIU C F, et al. Dynamic monitoring of urban black-odor water bodies based on GF-2 image [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2021, 33(1): 30-37.
- [11] 孙娜, 黄勇, 李学艳. 城市不同水体表观特征污染物及污染类型识别[J]. 水资源保护, 2015, 31(3): 84-87.
SUN N, HUANG Y, LI X Y. Identification of pollutant with different apparent characteristics and types of pollution in urban water [J]. Water Resources Protection, 2015, 31(3): 84-87.
- [12] 王维, 熊锦. 我国农村生活垃圾治理研究综述及展望[J]. 生态经济, 2020, 36(11): 195-201.
WANG W, XIONG J. Current research and prospect on rural household trash management in China [J]. Ecological Economy, 2020, 36(11): 195-201.
- [13] 韩冬梅, 汪刚, 魏珣. 养殖业环境问题研究热点及趋势探析: 基于 Cite Space 知识图谱分析[J/OL]. 中国农业资源与区划: 1-13 [2021-10-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20211020.1026.013.html>.
HAN D M, WANG G, WEI X. Research hotspots and trends of breeding industry environmental problems; based on the cite space knowledge map analysis chinese full text [J/OL]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning; 1-13 [2021-10-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20211020.1026.013.html>.
- [14] 张晓庆, 王梓凡, 参木友, 等. 中国农作物秸秆产量及综合利用现状分析[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(9): 30-41.
ZHANG X Q, WANG Z F, CAN M Y, et al. Analysis of yield and current comprehensive utilization of crop straws in China [J]. Journal of China Agricultural University, 2021, 26(9): 30-41.
- [15] 贡璐, 朱美玲, 刘曾媛, 等. 塔里木盆地南缘典型绿洲土壤有机碳、无机碳与环境因子的相关性[J]. 环境科学, 2016, 37(4): 1516-1522.
GONG L, ZHU M L, LIU Z Y, et al. Correlation among soil organic carbon, soil inorganic carbon and the environmental factors in a typical oasis in the southern edge of the Tarim Basin [J]. Environmental Science, 2016, 37(4): 1516-1522.
- [16] STEFANIDIS K, VARLAS G, VOURKA A, et al. Delineating the relative contribution of climate related variables to chlorophyll-a and phytoplankton biomass in lakes using the ERA5-Land climate reanalysis data [J]. Water Research, 2021, 196: 117053.
- [17] 赵瑞一, 张乾柱, 李玉秀, 等. 不同类型水生植物对水化学性质影响差异研究[J]. 人民长江, 2019, 50(11): 64-68.
ZHAO R Y, ZHANG Q Z, LI Y X, et al. Different effects of diverse aquatic plants on hydrochemistry [J]. Yangtze River, 2019, 50(11): 64-68.
- [18] 刘潇, 薛莹, 纪毓鹏, 等. 基于主成分分析法的黄河口及其邻近水域水质评价[J]. 中国环境科学, 2015, 35(10): 3187-3192.
LIU X, XUE Y, JI Y P, et al. An assessment of water quality in the Yellow River Estuary and its adjacent waters based on principal component analysis [J]. China Environmental Science, 2015, 35(10): 3187-3192.

- [19] OLSEN R L, CHAPPELL R W, LOFTIS J C. Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis-literature review and Illinois River watershed case study[J]. *Water Research*, 2012, 46(9): 3110-3122.
- [20] 葛思敏, 李雪, 刘承友, 等. 清漯河许昌段表层沉积物中营养盐及重金属污染特征分析[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2021, 49(2): 107-117.
- GE S M, LI X, LIU C Y, et al. Temporal and spatial changes in sediment nutrients and heavy metals of Qingyi River of Xuchang City[J]. *Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition)*, 2021, 49(2): 107-117.
- [21] 徐祖信, 徐晋, 金伟, 等. 我国城市黑臭水体治理面临的挑战与机遇[J]. *给水排水*, 2019, 55(3): 1-5.
- XU Z X, XU J, JIN W, et al. Challenges and opportunities of black and odorous water body in the cities of China[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2019, 55(3): 1-5.
- [22] 唐建国, 张悦, 梅晓洁. 城镇排水系统提质增效的方法与措施[J]. *给水排水*, 2019, 55(4): 30-38.
- TANG J G, ZHANG Y, MEI X J. Strategies and methods for improving the quality and efficiency of the urban drainage system[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2019, 55(4): 30-38.
- [23] 冯强, 易境, 刘书敏, 等. 城市黑臭水体污染现状、治理技术与对策[J]. *环境工程*, 2020, 38(8): 82-88.
- FENG Q, YI J, LIU S M, et al. The pollution situation, treatment techniques and countermeasures of urban black and odors water in China[J]. *Environmental Engineering*, 2020, 38(8): 82-88.

Study on pollution status and characteristics of black and odorous water in rural areas of Henan province

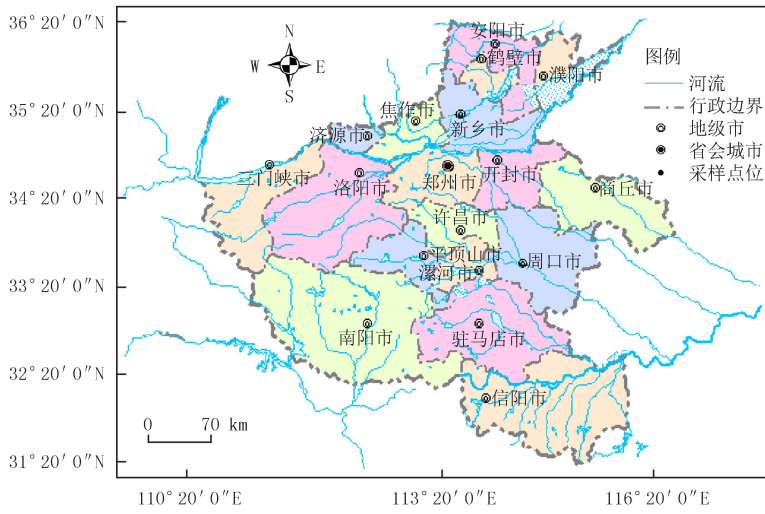
Wang Li^{1a}, Liu Mengshuo^{1a}, Li Tingting^{1a}, Peng Zhaoxu^{1b}, Li Jie²

(1. a. School of Ecology and Environment; b. School of Water Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;
2. Henan Academy of Ecological and Environmental Sciences, Zhengzhou 450046, China)

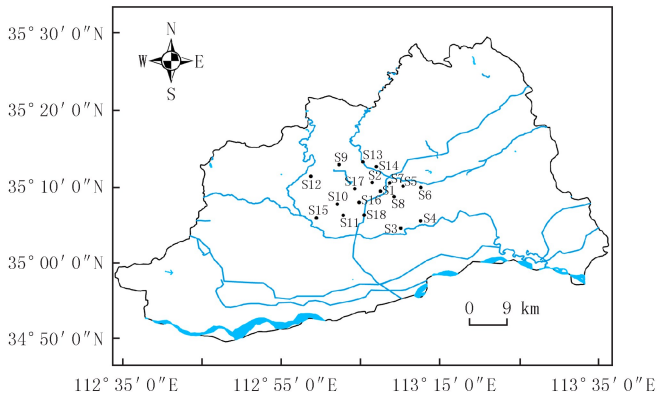
Abstract: Based on the lack of basic data on the overall distribution, pollution characteristics and causes of rural black and odorous water bodies, the field investigation and sampling analysis of rural black and odorous water bodies in typical areas of Henan province were carried out, and the pollution status and characteristics of rural black and odorous water bodies were preliminarily grasped. The main pollution sources of black and odorous water bodies in rural areas of Henan province are rural life, industrial waste water, agricultural planting, livestock and poultry breeding, and aquaculture pollution. Among the 103 black and odorous water samples collected, rural life pollution accounts for the largest proportion, accounting for 57%. The pollution degree of black and odor water bodies in the five regions decreased as follows: Nanyang Xichuan County, Shangqiu Yucheng County, Jiaozuo Boai County, Zhoukou Fugou County, Zhumadian Zhengyang County. Correlation analysis, principal component analysis and other methods were used to analyze the monitored indexes. The results showed that ORP, DO, NH₃-N, TP and COD in rural black and odorous water bodies were significantly correlated. The physicochemical indexes highly correlated with principal components were NH₃-N, TP, COD and BOD₅. The results show that the main pollution factors of rural black and odorous water bodies are NH₃-N, TP and COD, and the main pollution problems of rural black and odorous water bodies are excessive organic matter content and eutrophication.

Keywords: Henan province; rural black and odorous water body; pollutant source; pollution status; pollution characteristics

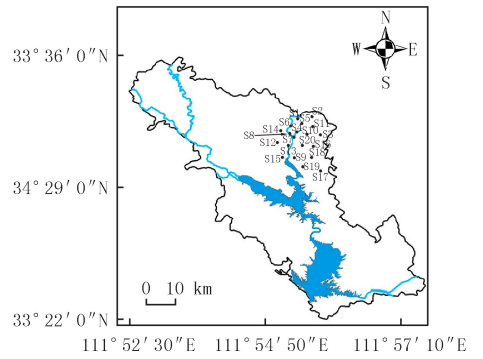
[责任编辑 赵晓华 陈留院]



(a) 河南省地图

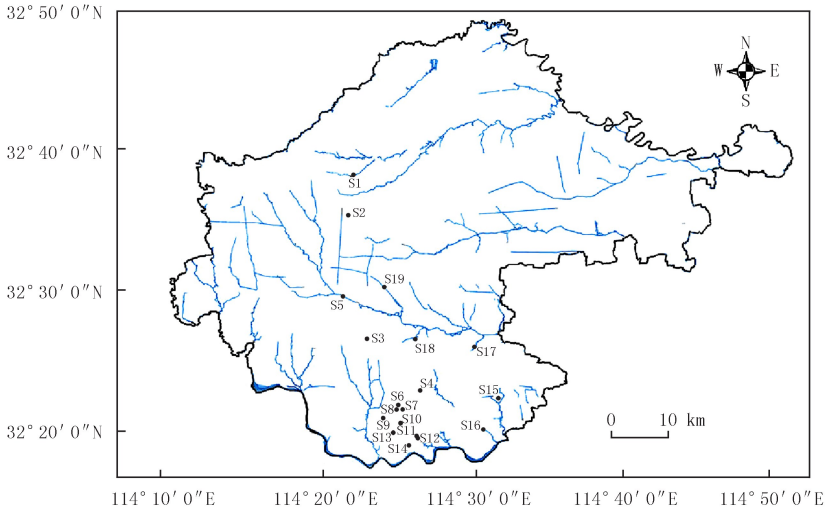


(b) 焦作博爱县黑臭水采样点位示意图

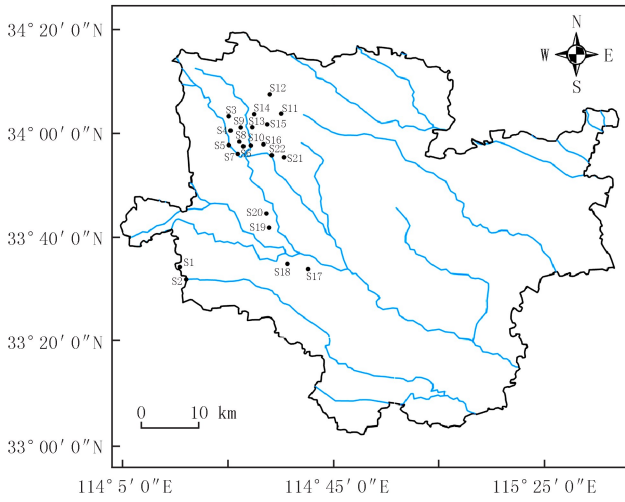


(c) 南阳淅川县黑臭水体采样点位示意图

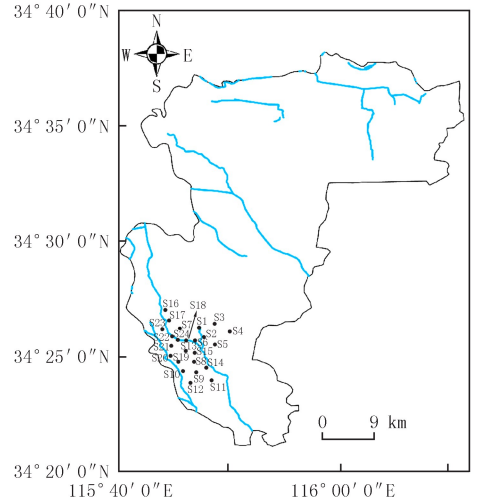
附图 I (A)



(d) 驻马店正阳县黑臭水体采样点位示意图



(e) 周口扶沟县黑臭水体采样点位示意图



(f) 商丘虞城县黑臭水体采样点位示意图

附图 I (B)

附图 I 采样点位图

Attached fig. I Sampling point bitmap