

农业农村地区流域水环境治理 重点攻坚对象识别研究

——以海南省演州河为例

饶伟民^{1,2}, 李能森¹, 谢海旗^{1,2}

(1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 510610, 广州; 2. 水利部珠江水利委员会水生态工程中心, 510610, 广州)

摘要: 基于人口产业、入河污染、河流水质、污染通量等多要素内容, 结合现状污染源调查, 通过识别主要产污对象、分析河流水系污染通量, 以海南省演州河为例, 识别出农业农村地区流域水环境治理重点攻坚对象。数据分析得出, 演州河流域内畜禽养殖、水产养殖是重点污染治理行业, 南洋河、陈土坑水沟、溪尾沟、马兰沟是重点治理支流。本次识别为以水质断面达标攻坚的农业农村地区流域水环境治理指明了发力方向和对象, 可有效解决农业农村地区水环境治理范围广、污染源多样、治理难度大等难题, 并提出了相应的治理对策建议: 在开展水污染治理工作时, 以污染通量大、水质劣V类的支流为重点开展沿线畜禽、水产养殖污染治理, 同时补齐城镇污水处理设施短板, 促进水质断面达标。研究旨在为实施乡村振兴战略背景下农业农村地区流域水环境治理工作提供参考。

关键词: 农业农村地区; 流域水环境治理; 污染分析; 攻坚对象; 识别

Identification of key targets for watershed water environment management in agricultural and rural areas——a case study of the Yanzhou River in Hainan Province/RAO Weimin, LI Nengmiao, XIE Haiqi

Abstract: Based on multiple factors including population and industry, pollutant discharge into rivers, river water quality, and pollutant flux, and combined with current pollution source surveys, this study identifies key targets for watershed water environment management in agricultural and rural areas by pinpointing major pollution sources and analyzing pollutant fluxes in river systems, using the Yanzhou River in Hainan Province as a case study. Data analysis indicates that livestock and poultry farming, as well as aquaculture, are the primary pollution industries within the Yanzhou River basin. The Nanyang River, Chentukeng Watercourse, Xiwei Watercourse, and Malan Watercourse are identified as key tributaries requiring focused management. This identification provides direction and targets for water environment management aimed at achieving compliance at water quality monitoring sections, effectively addressing challenges such as the broad scope of management, diverse pollution sources, and high governance difficulty in agricultural and rural areas. Corresponding management strategies are proposed: during water pollution control efforts, priority should be given to managing pollution from livestock and aquaculture along tributaries with high pollutant flux and inferior Class V water quality, while simultaneously addressing deficiencies in urban sewage treatment facilities to promote compliance at water quality monitoring sections. This research aims to provide a reference for implementing watershed water environment management in agricultural and rural areas under the rural revitalization strategy.

Keywords: agricultural and rural areas; watershed water environment management; pollution analysis; key

收稿日期: 2025-03-21

作者简介: 饶伟民, 高级工程师, 主要从事生态规划、环境治理研究。

targets; identification

中图分类号: TV+X522 文献标识码: B 文章编号: 1000-1123(2025)11-0065-08

DOI: 10.3969/j.issn.1000-1123.2025.11.009

随着水污染防治攻坚战深入推进,我国水环境质量得到显著提升。2024年,国家地表水考核断面水质优良(I~Ⅲ类)断面比例达到89.3%,劣Ⅴ类断面比例为0.7%,全国地级及以上城市黑臭水体整治完成比例98.4%。随着工业和城市生活点源污染控制逐步取得成效,范围更广、治理难度更大的农业农村地区水环境污染问题日益凸显,已成为我国水环境治理的主要问题之一。近年来,国家多次发布文件部署农业农村污染治理攻坚工作,在顶层设计层面指出了主要任务内容和实施路径。然而,不同于城市水污染以点源为主的特征,农业农村污染以面源为主,来源多样,分布范围广,污染源不仅包括种植业、畜禽养殖业、水产养殖业和农村生活污水等,还包含了集镇区域相对集中的生活污水。目前,农业农村地区水环境治理通常是针对单一污染源、单一污染环节的治理,重视污染治理工艺和技术研究,仅可解决局部区域某一类污染问题,难以全面、准确识别流域水环境治理重点攻坚对象。本文以海南省演州河流域为例,结合污染源调查、水文水质分析、污染通量分析和工程现状分析等,系统识别农业农村地区流域水环境治理存在问题和重点攻坚对象,并提出治理对策,为实施乡村振兴战略背景下农业农村地区流域水环境治理工作提供参考。

一、流域概况

演州河发源于海南省海口市琼山区三门坡镇加令村,流经琼山区三门坡镇、美兰区大致坡镇和三江镇,汇入东寨港出海。演州河流域面积253 km²(海口市236 km²,文昌市17 km²),流域内建有小(1)型水库东湖水库、南洋水库和中型水库凤潭水库,总库容3246万m³。演州河干流长55.77 km,均在海口市域内,从上游到下游流经东湖水库、凤潭水库、南洋水库;流域各级支流15条,主要有马兰沟、溪尾沟、陈土坑水沟、南洋河、下洋溪、连胆渠、罗变溪等。

演州河流域以农业为主要产业,用地类型以耕地、林地为主,占比合计78.85%,其余类型占比均在7.2%以下。2022年,流域内总人口约5.85万人,其中农村

人口4.1万人,城镇人口1.75万人,较大的居民点有大致坡镇、咸来墟及上游文昌东路镇约亭社区;规模化养殖场、专业户、散户共计256家,其中生猪养殖总存栏18.18万头,规模化养殖肉鸡存栏70万羽,蛋鸡存栏61万羽,规模化肉牛存栏560头,规模化羊存栏214只;水产养殖水面共6892亩(1亩=1/15 hm²,下同),主要养殖品种为罗非鱼、虾、大头鱼等。

流域内已开展了相应的污染治理工作。截至2022年年底,大致坡镇已建成污水处理系统一期工程,主干管网25.3 km,已建设收集单元户数1446户,输送单元接户支管建设30 km,镇域污水处理厂设计处理规模0.08万m³/d,实际进水规模0.075万m³/d;咸来墟及上游约亭社区未配套完善的污水处理设施。流域内农村生活污水治理工作有效开展,农村污水未发现直排入河情况,资源化利用模式占比54%;流域畜禽养殖粪污资源化利用占比超90%,生猪养殖以干清粪、固液分离、资源化利用为主要粪污处理措施;水产养殖尾水治理仅开展约100亩三池两坝尾水治理试点工作;种植业面源污染以管控为主。

演州河下游三江镇秀生村段分布演州河河口国控水质考核断面,水质目标为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类,2022年平均水质为Ⅲ类,但5—8月未达到Ⅲ类标准,未能逐月稳定达标。

二、研究思路

本研究通过系统梳理人口产业、入河污染、河流水质、污染通量等多要素内容,分析流域水污染主要来源、水质时空分布、污染物主要输入路径,识别流域内水环境治理重点攻坚对象,并针对性提出对策建议,技术路线见图1。

①收集流域人口、种植业、畜禽养殖业、水产养殖业等基础资料,系统分析城镇生活、农村生活、畜禽养殖、水产养殖、种植业等污染源现状,结合流域内污染治理工程设施现状,开展污染负荷计算,识别流域重点产污环节、入河排污主体。

②分析2016—2022年干流水质数据,对比丰枯时期水质变化及超标情况,识别水质污染特征;分析支流

水质数据,识别支流水质优劣分布情况。计算干支流污染物通量,识别污染物主要输入路径。

③根据污染源分析和污染物主要输入路径,结合污染治理工程设施现状情况,分析识别重点治理行业及产污对象、未治理的主要污染源空间分布情况、重点治理支流等重点攻坚对象,并针对性提出治理对策和建议。

三、入河污染分析

滨州河流域污染主要来源于农村生活生产活动和集镇居民生活,污染类型多样,主要包括城镇居民生活污水、农村居民生活污水、畜禽养殖污染、水产养殖污染、种植业面源污染,流域内污染源分析见图2。

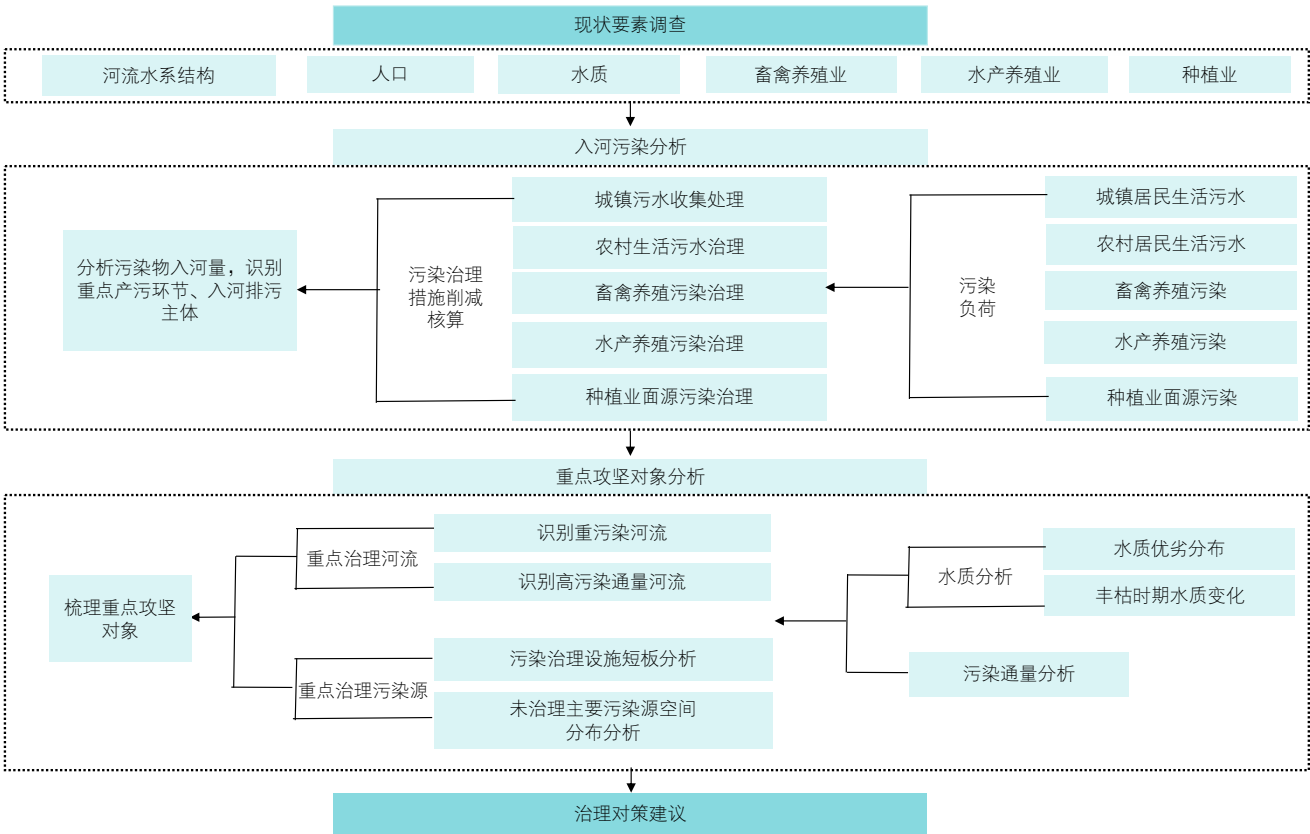


图1 研究技术路线图

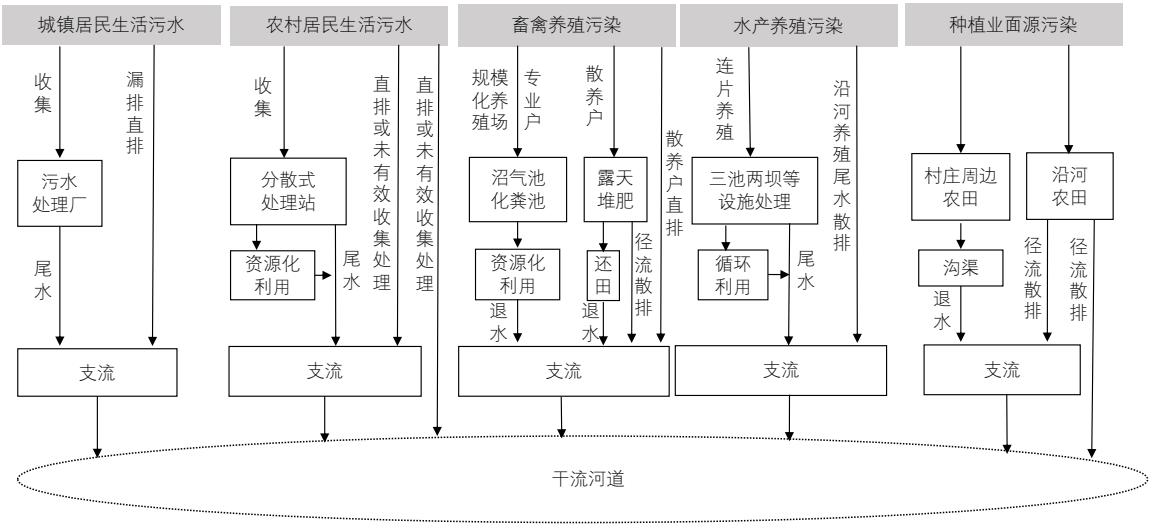


图2 流域污染源分析

根据滨州河流域城镇、农村、工业、畜禽养殖、水产养殖、种植业面源等污染治理措施情况,以及2022年人口、用水量、养殖规模、种植面积等统计数据,计算流域主要污染源,结果见表1。流域内各类污染源的污染物排放贡献度不一。化学需氧量入河贡献:畜禽养殖47.9%>水产养殖38.8%>种植业8.9%>城镇居民生活3.8%>农村居民生活0.6%。氨氮入河贡献:种植业37.0%>畜禽养殖27.0%>水产养殖21.3%>城镇居民生活13.0%>农村居民生活1.7%。总磷入河贡献:畜禽养殖63.2%>水产养殖24.4%>种植业7.2%>城镇居民生活4.6%>农村居民生活0.6%。总体来看,畜禽养殖、水产养殖贡献排在前面,种植业、居民生活贡献排在后面。畜禽养殖入河污染主要来源于未进行资源化利用或水冲粪处理的10家生猪养殖户;水产养殖污染主要来源于支流沿线养殖水体。

四、重点攻坚对象分析

1.水质分析

(1)水质优劣分布

分析2020—2022年水质发现,连月水质超标主要出现在丰水期时段,具体为2020年8—9月、2021年6—10月、2022年5—8月,超标因子主要为高锰酸盐指数(各年月度超标范围0.65~0.9倍、0.02~0.27倍、0.03~0.13倍)、化学需氧量(各年月度超标范围0.2~0.8倍、0.08~0.5倍、0.08倍),流域水污染以有机污染为主要特征,见图3。

分析2022年支流水质情况,南洋河、下洋溪、白石坑溪、马兰沟、高林溪水质均值为劣V类,水质污染特征见表2。

(2)丰枯时期水质变化

图4显示,2016—2022年滨州河河口断面丰水期

表1 各类污染源污染贡献情况

项目	COD(化学需氧量)		NH ₃ -N(氨氮)		TP(总磷)	
	入河量(t/a)	占比	入河量(t/a)	占比	入河量(t/a)	占比
城镇居民生活	152.32	3.8%	15.14	13.0%	2.13	4.6%
农村居民生活	22.31	0.6%	2.02	1.7%	0.29	0.6%
畜禽养殖	1930.99	47.9%	31.57	27.0%	29.30	63.2%
水产养殖	1564.44	38.8%	24.85	21.3%	11.29	24.4%
种植业	359.48	8.9%	43.17	37.0%	3.34	7.2%
合计	4029.54	100.0%	116.75	100.0%	46.35	100.0%

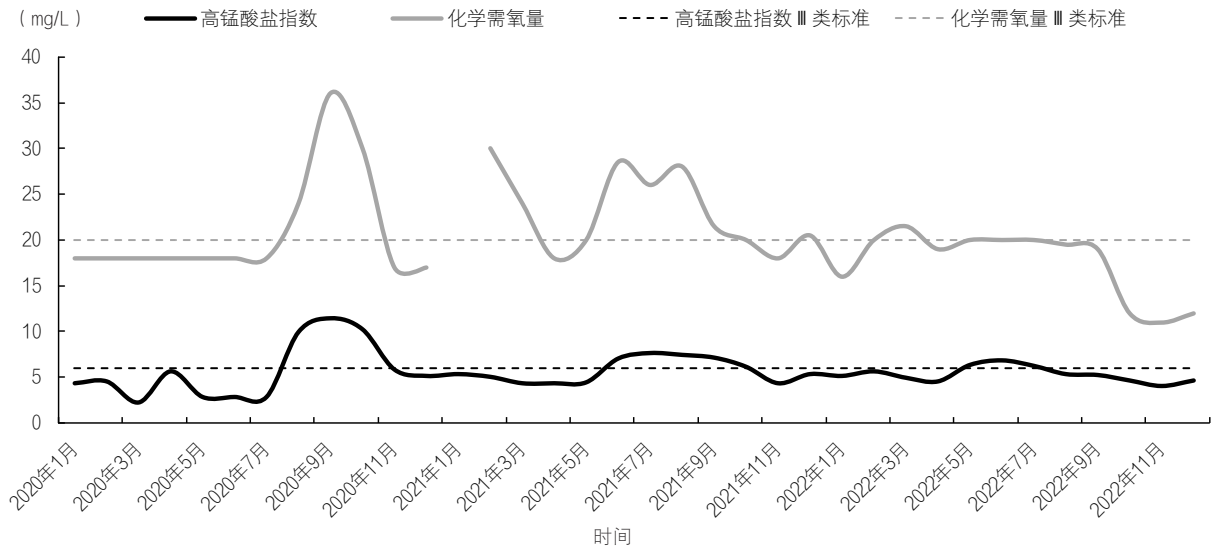


图3 滨州河河口断面2020—2022年水质超标因子情况

表2 滨州河流域支流2022年水质污染特征

干流	支流			2022年水质情况
	一级	二级	三级	
滨州河				Ⅲ类
	马兰沟			年均劣V类,氨氮超标0.73倍,总磷超标2.01倍,化学需氧量第2、4季度分别超标0.08倍、0.25倍,高锰酸盐指数第2季度超标0.23倍
	溪尾沟			第2、3季度劣V类,化学需氧量第3季度超标0.13倍,氨氮第3季度超标1.35倍,总磷第2、3季度分别超标0.23倍、0.7倍,高锰酸盐指数第3季度超标0.23倍
	陈土坑水沟			第2季度劣V类,总磷超标0.15倍
	南洋河			年均劣V类,总磷超标0.41倍,化学需氧量第2季度超标0.06倍,氨氮第1、2季度分别超标0.13倍、0.09倍
		下洋溪		年均劣V类,总磷超标0.43倍,氨氮第1季度超标0.54倍
			高林溪	年均劣V类,氨氮超标2.48倍
		白石坑溪		年均劣V类,化学需氧量超标0.33倍,氨氮超标1.51倍,总磷超标3.73倍,高锰酸盐指数超标0.2倍
	后山排沟			——
	连胆渠			年均劣V类
	罗变溪			年均劣V类
		青云洋干排沟		Ⅲ类
		博爱洋干排沟		——
	新桥溪			Ⅳ类
	龙凤排沟			——
	下昌洋主排沟			——

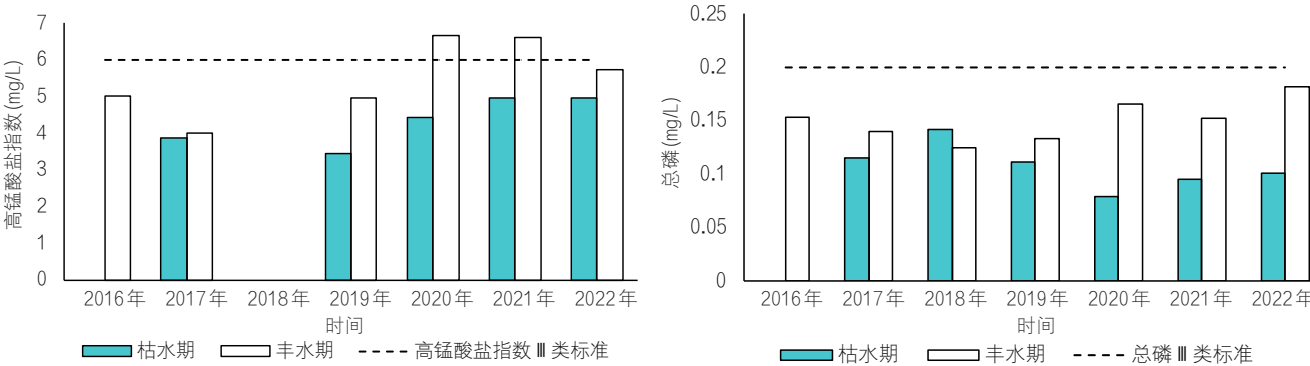


图4 滨州河河口断面2016—2022年丰水期、枯水期水质对比

水质指标浓度高于枯水期,表明流域内污染源以面源污染为主要特征,雨季面源污染问题不容忽视。

2. 污染通量分析

根据2022年支流水质及水量数据,分析流域污染物通量。滨州河流域支流汇入干流污染物通量如下:化学需氧量4280 t/a、氨氮179 t/a、总磷61 t/a、高锰酸盐指数1449 t/a。其中,支流中南洋河各项污染物通量占比最大,化学需氧量占比44%,氨氮占比45%,

总磷占比46%,高锰酸盐指数占比44%。其次为陈土坑水沟、溪尾沟、马兰沟,化学需氧量占比分别为18%、10%、9%,氨氮占比分别为10%、9%、21%,总磷占比分别为14%、7%、21%。以上4条支流各类污染物通量占比合计78%~86%,支流污染物通量排序见图5。

3. 重点攻坚对象识别

综合入河污染分析、水质分析、污染物通量分析,

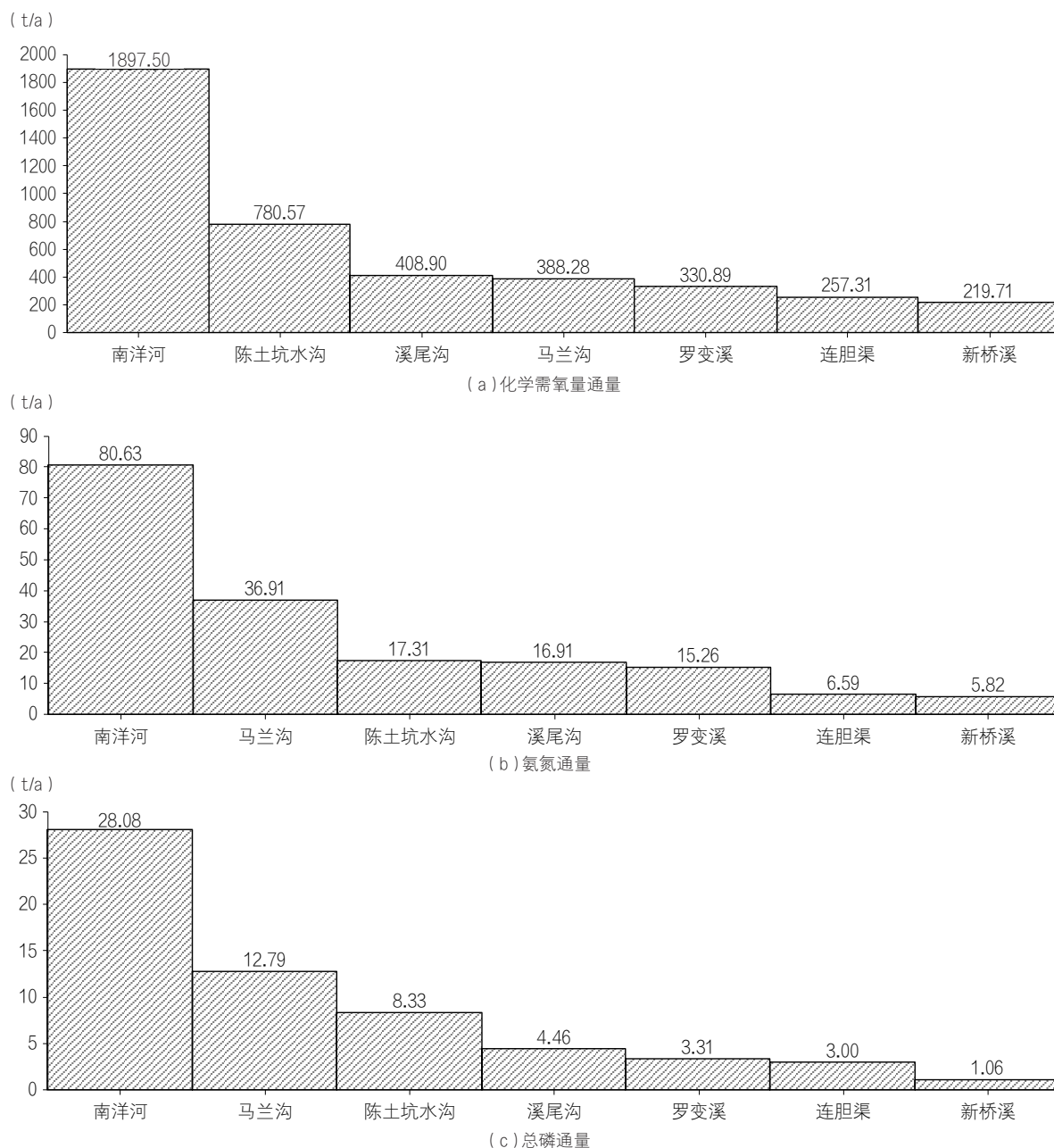


图5 主要支流污染物通量排序

识别重点治理行业、重点治理产污对象、重点治理支流等重点攻坚对象。

(1) 重点治理行业分析

从水质分析结果可知, 演州河河口断面主要超标因子为高锰酸盐指数、化学需氧量, 流域水污染以有机污染为主要特征, 在农业农村地区主要来源于居民生活、养殖业等领域, 结合入河污染分析, 畜禽养殖和水产养殖污染化学需氧量贡献率分别为48%、39%, 合计占比87%; 总磷贡献率分别为63%、24%, 合计占比87%。虽然种植业氨氮贡献率最高, 但是演

州河河口断面氨氮指标满足水质目标要求。从以上分析可知, 畜禽养殖、水产养殖业是流域水环境重点治理行业。

(2) 重点治理产污对象及污染输入路径分析

在识别出重点治理行业之后, 深入分析行业重点产污对象, 并对居民生活污染重点产污对象进行分析, 识别重点产污对象, 见表3。

① 畜禽养殖污染。演州河流域在海口市域内规模化养殖场有39家, 另有专业户、散户共计217家, 以生猪养殖、禽类养殖为主要类型。数据调查显示, 规模

表3 演州河直流重点攻坚对象识别汇总

支流			2022年水质情况	污染物通量排序(COD)	重点攻坚河流	重点治理对象
一级	二级	三级				
马兰沟			年均劣Ⅴ类	4	√	沿线水产养殖
溪尾沟			2、3季度劣Ⅴ类	3	√	沿线水产养殖
陈土坑水沟			2季度劣Ⅴ类	2	√	沿线水产养殖、3家畜禽养殖
南洋河			年均劣Ⅴ类	1	√	沿线水产养殖、6家畜禽养殖,上游3条支流
	下洋溪		年均劣Ⅴ类		√	大致坡镇墟污水
		高林溪	年均劣Ⅴ类		√	大致坡镇墟污水
	白石坑溪		年均劣Ⅴ类		√	约亭社区污水
后山排沟			——	——		
连胆渠			Ⅴ类	6		
罗变溪			Ⅴ类	5		咸来墟污水
	青云洋干排沟		Ⅲ类			
	博爱洋干排沟		——			
新桥溪			Ⅳ类	7		
龙凤排沟			——	——		
下昌洋主排沟			——	——		

化养殖数量占比90%, 畜禽粪污资源化利用占比90%。生猪养殖以干清粪、固液分离、资源化利用为主要粪污处理措施, 但存在规模化养殖场畜禽粪污处理设施不健全、部分养殖户直排污染水体等现象, 未经粪污处理的养殖户共计10家, 主要分布在中下游支流连胆渠、南洋河、陈土坑水沟等流域; 牛、羊、禽类以干清粪、堆肥、资源化利用为主要粪污处理措施。

②水产养殖污染。流域内水产养殖水面共6892亩, 73%分布在下游支流陈土坑沟、溪尾沟、马兰沟等支流水体沿线。

③城镇居民生活污染。城镇居民生活污染主要来自海口大致坡镇墟、咸来墟以及支流白石坑溪上游的文昌约亭社区。其中咸来墟人口0.25万人, 现有污水管道不成体系, 无配套污水厂, 污水直排入河; 大致坡镇墟人口1.2万人, 现状污水处理厂规模0.08万m³/d, 但收集系统不完善, 处理能力不足(缺口0.07万m³/d); 东路镇约亭社区人口0.3万人, 污水汇入支流白石坑溪。其中, 70%生活污染入河量通过南洋河及其支流汇入演州河, 18%生活污染入河量通过罗变溪汇入演州河。

④农村生活污染。调研了干支流沿河15个村庄, 农村污水建设类型包括“截污管网收集+处理站/化粪池

池集中处理+资源利用”“渠道收集+化粪池集中处理+资源利用”“接户管+化粪池处理+散排”3种主要模式, 资源化利用模式占比54%, 未发现污水直排入河现象。

综上可知, 重点产污对象主要为连胆渠、南洋河、陈土坑水沟等支流范围内10家未经粪污处理的畜禽养殖户, 陈土坑水沟、溪尾沟、马兰沟等水体沿线水产养殖尾水, 以及大致坡镇墟、咸来墟和支流白石坑溪上游的约亭社区生活污水。

(3)重点治理支流分析

根据2022年水质分析结果, 南洋河及其支流(下洋溪、高林溪、白石坑溪)、马兰沟年均水质为劣Ⅴ类, 陈土坑水沟第2季度为劣Ⅴ类, 溪尾沟第2、3季度为劣Ⅴ类, 属于重污染水体。根据污染物通量分析结果, 南洋河、陈土坑水沟、溪尾沟、马兰沟各类污染物通量占比合计78%~86%。从以上分析可知, 南洋河及其支流、陈土坑水沟、溪尾沟、马兰沟是本次识别的重点治理支流。

五、治理对策建议

基于重点攻坚对象识别分析, 根据演州河流域水系、产业特征, 以改善演州河水环境质量、确保演州河河口国控断面水质稳定达到地表Ⅲ类水质为目标, 坚

持系统治理、流域治理,抓住关键环节,聚焦重点治理领域和重点治理对象,加快补齐居民生活污水治理设施短板,强化农业产业污染治理和转型,强化产业排污常态化监管,加强跨界水环境治理问题协调与责任界定。建议联合流域上、下游行政区及其生态环境、水务、农业农村、执法等多部门,形成多方治水合力,针对各领域任务开展治水攻坚工作。

1. 大力推进畜禽粪污治理

①建立流域畜禽养殖动态台账,深入推进畜禽粪污资源化利用及整改。结合现有的畜禽养殖数据和现场排查情况,完善养殖主体基本信息、畜禽粪污处理措施及资源化利用情况。推动规模化养殖场全部配套建设粪污处理设施和整改现有存在问题,支持养殖集中区域建设集中处理中心,鼓励中小畜禽养殖场(户)粪污处理达标后就近还田。

②针对水质未能稳定达到V类的支流,常态化排查河流两岸100 m范围内畜禽养殖污染源情况,按照事权责任要求相应的责任主体进行整改。

2. 强化水产养殖尾水治理

①开展养殖尾水治理及回用。结合地方现有的水产养殖数据和现场排查情况,建立流域水产养殖动态台账,完善养殖主体基本信息、尾水治理及回用情况;重点对水质未能稳定达到V类的支流周边的水产养殖开展尾水治理。

②加快水产养殖转型。大力推广生态健康养殖技术,开展池塘养殖尾水排放治理,推进池塘底泥资源化利用。

3. 推进污水处理设施建设,削减生活污染入河负荷

①加快推进镇域污水收集处理设施建设,消除直排入河的生活点源污染。复核镇域污水收集处理系统能力,摸清污水现状,短期内以溢流口、直排口为攻坚重点,采取应急或临时处理措施对直排入河的生活污水进行收集处理。

②同步推进镇域污水管网家底摸排、问题诊断修复,补齐污水处理设施短板。协调跨行政区治水责任主体,推进污水治理工作。

③系统评估滨州河流域农村污水治理情况,因地制宜选择纳管式、集中式、分散式治理模式,优先推广运行费用低、管护简便的治理技术,积极探索资源化利用方式,按照市级攻坚方案目标,分阶段推进农村污水治理整改工作。

4. 开展不达标水体攻坚治理

①常态化开展流域水质监测,重点加密跨区断面、入域支流水质监测工作。重点监测入域支流水质,并通报跨市、跨区水质情况;动态更新、定期通报水质不达标水体清单。

②系统推进不达标水体入河排污口排查整治。加快查清问题水体入河排污口底数,分期分批完成劣V类水体中明显影响水质的入河排污口整治工作。

③开展水质不能稳定达标的问题水体攻坚治理,以南洋河、陈土坑水沟、溪尾沟、马兰沟、连胆渠、下洋溪、高林溪、白石坑溪、罗变溪等水质不能稳定达标或污染物通量大的水体为治理对象,开展攻坚治理和管理。

参考文献:

- [1] 生态环境部、农业农村部关于印发农业农村污染治理攻坚战行动计划的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2019(5):66-73.
- [2] 郭春霞. 平原河网地区农村面源污染重点源和区的识别筛选——以上海青浦区为例[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(8):1652-1659.
- [3] 彭世彰, 熊玉江, 罗玉峰, 等. 稻田与沟塘湿地协同原位削减排水中氮磷的效果[J]. 水利学报, 2013, 44(6):657-663.
- [4] 张毅敏, 张永春, 左玉辉. 前置库技术在太湖流域面源污染控制中的应用探讨[J]. 环境污染与防治, 2003(6):342-344.
- [5] 陈江杰, 贺雷蕾, 刘锐, 等. A²O设施处理长三角平原地区农村生活污水的效果[J]. 中国给水排水, 2020, 36(9):75-82.
- [6] 徐婷婷, 郑锐滨, 班远冲, 等. 汕尾市海丰县黄江河流域水环境综合治理研究[J]. 中国给水排水, 2023, 39(22):137-143.
- [7] 李明蔚, 马莉, 宁昕, 等. 平原水网区农业面源污染控制技术比选研究[J]. 长江流域资源与环境, 2025, 34(2):352-363.
- [8] 杨滨键, 尚杰, 于法稳. 农业面源污染防治的难点、问题及对策[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(2):236-245.
- [9] 陈瑶, 王树进. 我国畜禽集约化养殖环境压力及国外环境治理的启示[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(6):862-868.

责任编辑 董林玥