

入河（海）排污口排查及其在水环境治理中的应用

汪浩^{1,2}, 陈尧^{1,2}, 郑文丽^{1,2}, 胡立才^{1,2}, 郑建国³, 韩雪娇⁴, 魏清伟^{1,2*}

(1. 生态环境部华南环境科学研究所, 广东广州 510530; 2. 生态环境部生态环境应急研究所, 广东广州 510530; 3. 生态环境部黄河流域生态环境监督管理局, 河南郑州 450004; 4. 中国环境科学研究院国家环境保护河口与海岸带环境重点实验室, 北京 100012)

【摘要】 随着我国在水生态环境治理方面的大力投入, 全国水环境质量得到整体性改善; 但水生态环境保护不平衡、不协调、不充分的问题依然突出, 部分流域依然存在水资源短缺、水环境污染、水生态退化问题。排污口是陆源污染物进入水环境的主要通道, 通过对排污口及其污染特征的全面排查, 可识别影响流域水污染现状的关键因素; 经过监测和溯源, 打通污染物从污染水体—涉污路径—排污单位监管链条, 实现水污染物产排的闭环监管, 推进流域治理能力的现代化建设。本研究依据已开展的工作, 梳理了排污口排查的主要流程、技术要点, 并论述了排查结果的潜在应用, 为深入推进水生态环境治理提供支撑。

【关键词】 水污染; 水环境质量; 排污口排查; 流域治理

【中图分类号】 X321-02; X52

【文献标识码】 A

【文章编号】 1674-6252 (2022) 02-0056-06

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2022.02.056

引言

近年来, 我国不断加大水环境保护和综合整治力度, 流域污染得到有效控制, 水环境质量得到持续改善^[1]。由于我国流域水生态环境治理起步较晚, 在流域水环境监管方面依然存在部门职能分割交叉、协作共享机制梗阻、法律规定操作性不强等问题^[2]; 在流域水环境治理技术方面依然存在综合治理逻辑不清、治理单元划分欠科学、技术方案匹配性低、治理单元衔接性差等弊端^[3]。这些问题导致许多流域治理项目难以顺利推进或治理效果不佳, 或污染易反复^[4]。因此, 有必要从我国水生态环境保护面临的结构性、根源性、趋势性压力出发, 结合流域水生态环境演变规律, 挖掘水环境综合整治的着力点, 统筹推进流域水生态环境治理工作。

流域水生态环境治理的目标是调和人类生产发展与生态环境保护之间矛盾的过程^[5]。排污口作为人类生产活动过程中污染物进入流域水环境的重要通道, 其上游连通着人类的生产生活、衣食住行等方方面面, 下游连接着河流、湖泊、海洋等各类生物赖以生存繁衍的主要场所, 因此, 排污口的排污规律和分

布特征直接影响流域水生态环境状况, 对排污口的科学管治仍然是持续改善流域水生态环境质量的重要途径。随着我国生态文明建设持续推进, 流域水生态环境治理目标从原有的单一要素扩展为水资源、水生态、水环境、水文化、水安全的统筹治理, 对流域水生态环境质量改善提出了更高要求^[6]。由于当前的排污口监管存在排污通道底数不清、流域排污总量未落实至排污单位、相关制度衔接融合不够等问题, 限制了陆源污染排放与流域水质目标管理的联动管治, 不利于流域水生态环境质量的持续改善^[7]。

目前我国流域面源污染突出^[8,9]、小微水体富营养化严重^[10,11]、特定水体污染久治不愈的局面依然凸显^[12,13], 其主要原因是排污口底数不清、污染来源不明、责任主体不明确、监管措施不到位。排污口作为监管执法的重要对象, 排污口排查和污染溯源工作对于实现流域水污染的精准治理、推动流域水生态环境质量持续改善意义重大^[14]。本文基于已开展的排污口排查工作, 梳理了排污口排查的主要流程、探讨了关键技术要点和排查成果的潜在应用, 为流域污染治理及高效管理提供支撑。

资助项目: 国家重点研发计划“大型水库对河流—河口系统生物地球化学过程和物质运输的影响机制”(2016YFA0600903)。

作者简介: 汪浩(1987—), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为水污染控制, E-mail: wanghao@scies.org。

***责任作者:** 魏清伟(1974—), 男, 博士, 正高级工程师, 博士生导师, 研究方向为生态环境风险管理与应急技术等, E-mail: guoqingwei@scies.org。

1 排污口排查的总体思路

陆源污染是影响流域水生态环境质量的主要因素。排污口作为陆源污染进入流域水环境的主要通道，其数量、分布规律和排污特征因流域的生产生活方式不同而存在较大差异。通过全面分析流域水生态环境现状、问题及成因，可识别主要污染物、分布特征、重点区域和潜在污染来源。通过对目标区域内排污口的全面排查，获取排污口、排放污染物、污染源等信息，实现污染源与受纳水体的实时关联，为流域水生态环境问题诊断、精准治污、科学治污提供支撑。

2 排污口排查的基本原则

流域以水为纽带，将上下游、左右岸、干支流连接为一个整体；污染物以水为载体，通过各级支流水系两岸的各类排污口汇集到干流水体，最终进入海洋。为了摸清排查范围内向流域水系排污的各类通道，排污口排查遵循以下三个原则：

（1）针对排查区域，要遵循“水陆统筹，以水定岸”。陆源污染主要通过降水、融水和浇水等方式将人类生产、生活过程产生的废物不断地转移、汇集进入水体，影响流域生态环境质量^[15,16]。在排查现场也观察到，雨污混排口、生活污水散排口、农田退水渠、洼地坑塘以及各类明沟暗渠将污染物输送到水系河网。因此，在实际排查中，排查对象不仅包括主要的水系河网，也包括各类污染风险高的陆源对象，如工业企业分布区、人口集聚区、农田退换水区以及其他感官或监测指标异常的水体^[17-21]。依据水功能分区、水环境功能分区或者其他水生态环境保护目标，水体保护等级越高，排查强度应越大，如饮用水水源地、自然保护区等。除了高风险的陆源对象，也要关注面源污染、自然地表径流等过程对水质的影响。

（2）针对排污通道，要遵循“有口皆查，应查尽查”。目前，城镇污水管网建设不完善或老旧失修、乡村地区未纳管截污等现象依然常见，导致未收集的污水通过各类径流、排口进入环境水体，部分排查地区出现“有口皆污”的问题^[22,23]。在政策层面，排污口设置和管理标准要求不统一，现有排污口有待排查评估并统一监管。例如，水功能区划和水环境功能区划在分类方法、划分范围、功能界定、执行标准和阶段性目标上存在差异，在入河排污口设置管理权责移交到生态环境部门后，排污口设置的规范性有待重新评

估^[7]。因此，通过对排污口的全面排查和分类监管，对于推进流域水环境质量的综合治理尤为必要。

（3）针对污染溯源整治，要遵循“一竿子插到底”。水环境污染表现在水里，但问题在流域、根源在岸上^[24]。只有厘清污染来源，明确排污单位和责任主体，形成污染物、排污单位、排污途径、纳污水体和责任主体的同步响应，构建水体保护与排污行为联动机制，才能落实“水陆统筹，以水定岸”的决策，为流域精准治污提供支撑^[25,26]。在长江入河排污口排查整治专项行动中，通过落实“排查、监测、溯源、整治”四个环节，以排污口为着力点，对产污来源、排污途径、受纳水体实施全过程管控，促进流域水污染的精准治理^[27]。

3 排污口排查的技术要点

按照排查开展的先后顺序，排污口排查的基本流程一般分为水环境问题及成因分析、排查对象及范围确定、排污口信息获取等环节（图1）。

3.1 水环境问题及成因分析

分析排查区域水环境问题要坚持流域统筹原则。流域是较为独立的水循环单元，其水环境问题因果关系错综复杂，往往涉及资源开发利用、经济发展、产业结构、环境本底、社会文化等多方面。因此，对水环境产生不利影响的因素众多，可能来自流域的上下游、干支流、湿地湖沼、明渠暗管等各种形式的水体交换和径流过程^[28]。在分析具体水环境问题时，要依据流域水功能分区和水环境保护功能分区，综合考虑危害水环境、水生态、水资源、水安全、水文化的潜在因素，一般涉及城乡布局、产业类型与涉污途径、重点保护区域、资源禀赋、水生态及其要素敏感性、

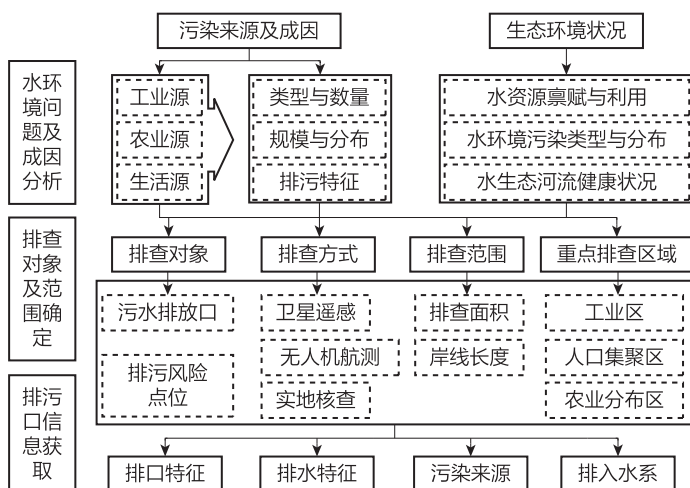


图1 入河排污口排查的技术路线

预期管理目标等多个方面^[28,29]。

3.2 确定排查范围

排查范围通常以流域单元兼顾行政单元划定。流域通常以河流为脉络,以分水岭为边界,涵盖了一个从源头到河口的完整、独立、自成系统的水文单元,是一个水循环相对封闭的地理单元^[30]。同时,由于流域范围内的水、土以及各类自然资源与人类的生产、生活密切相关,两者相互依存又对立统一,流域也是一个生态经济系统^[31]。因此,以流域为排查单元是系统诊断流域水生态环境问题根源、全面分析各要素作用关系、从流域整体性和局部差异性角度开展污染治理的关键。但从政策制定、规划布局、监管执法的角度,行政区域是一个相对稳定且持久的单元,且具有更好的贯彻执行力;以行政区划开展工作,有利于排污口排查任务的高效组织与实施^[32]。

随着我国水环境治理从区域污染整治拓展到流域生态环境的持续改善,将流域作为一个有机整体,统筹各区域要素作用关系,强调区域的水环境差异和流域整体的协调发展成为趋势^[32,33]。以流域为单元,兼顾行政单元优势,开展排污口排查工作,依据区域水环境特征和发展要素,识别环境问题和精准治污,助力流域生态环境质量的全面提升,实现区域高质量发展^[34]。例如,在生态环境部组织的长江入河排污口排查专项行动中充分考虑流域的整体性,即排查范围除长江干流,也包括乌江、岷江、清江、沱江、湘江、赤水河、汉江、嘉陵江、赣江九条重要支流以及太湖流域^[35];为保证排查工作高效组织和实施,则将流域划分成若干小流域,并结合行政区划进一步将小流域细化成若干排查网格,以发挥行政单元优势。

3.3 排查对象选定

为保证对汇入河流水体所有通道的清查,排查对象主要包括两类:一是排污性质明确的排污口,如工业废水排放口、生活污水排放口以及废污水混合排放口等;二是具有潜在纳污、排污风险的对象或区域,如各级支流、地表径流、临河(湖)涉水洼地、临河作业平台和其他涉污设施等潜在汇集、输送、排放水污染物,排查对象也包括支流交汇点、入河雨水排口、坑塘湿地、码头、部分趸船等^[36]。此外,我国农业农村面源污染形势严峻,特别是农业化肥投入量大、有机肥利用率低、农村生活污水直排、粪便及垃圾随意堆放等过程产生大量的碳、氮、磷等污染物质是环境水体水质恶化的关键因素^[36,37]。因此,农村生

活污水集中排放口,畜禽养殖排放口,农业面源退、换水口也纳入排查范围。

3.4 排污口信息获取

3.4.1 排污口信息类型

排污口信息主要包括排污口物理特征和排水特征两大类。排污口物理特征包括排污口名称、地理位置、基本形貌、与受纳水体关系、排污口周边环境特征等信息;排水特征包括水量、水质特征(感官、pH、COD、氨氮、总磷等)、排放途径、排放规律、污染来源等信息。排污口物理特征信息主要用于排污口的查找定位和支撑排污口整治、监管、执法及相关政策制定。例如,为了分批、分类开展排污口的溯源整治,将排污口与受纳水体的关系分为直接排放和间接排放两大类方式,其中直接排放类排污口作为污染物进入湖泊或干流水系的最后一道关口,需要优先溯源、整治。排水特征信息主要用于污染类型、排污途径及污染源的准确识别,便于污染物的精准治理和涉污单位的精确管控。排污特征信息主要用于更为准确地把握排污口的涉污状况。通过填报排水量、水质特征和排放规律,有助于对排污口进一步细化分级,促进污染的精准治理。排放途径及疑似污染源信息可为污染溯源及整治提供靶向。

3.4.2 排查方式

随着小型无人机航空系统(small unmanned aerial systems, sUAS)以及机载传感器相关科技的迅速发展,在环境遥感、监察等领域的应用日渐广泛^[38]。为促进流域排查工作的高效开展,在排查方式上采用无人机航测与人工现场排查相结合的方式。首先,利用无人机航测获取排查区域的高清影像,并解译疑似排污口点位的坐标信息;其次,通过人工现场核查对疑似排污口点位进行判定,并补充完善排污口特征和排水特征两类信息。另外,由于无人机航测存在解译盲区,难以识别被灌木、乔木、构筑物等遮挡的排污口,因此,现场排查还需要补录这类排污口信息。

3.4.3 排查涉及的技术

依据长江、黄河入河排污口排查工作,排查涉及的技术包括排查范围的无人机航测、无人机辅助“点对点”现场排查、其他设备辅助排查、水质快速检测4部分。①无人机航测是采用无人机搭载高清取景器,获取排查区域的高清影像文件,通过处理、解译获取疑似排污口点位坐标信息^[39]。为提高排查效率,一般采用固定翼无人机完成航测工作^[40]。②针对现场

排查，特别是人工徒步难以到达的点位，主要采用多旋翼无人机辅助人工开展排查。为获取更多排污口信息，无人机搭配特定传感器，如针对淹没于水面且排水缓慢的排污口，可借助红外传感器识别水流动态。③针对水下排污口、箱涵、地下污水管网的排查，可选取搭载声呐的无人船、水下机器人、探地雷达等开展排污口排查^[41]。④对于排水存在色泽、气味（如发黑、泡沫、发臭等）异于常规水体时，可采用水质快检试剂包进一步确定其异常污染指标。

4 排查成果的应用

按照排查技术要点，目前长江流域 11 省（市）、环渤海 4 省（市）入河（海）排污口排查工作已完成，黄河、珠江等流域相关工作正在开展。排污口排查整治作为减污减排的重要手段，对于我国“十四五”时期持续改善水环境质量尤为关键。当前，唐山、泰州、重庆等地在查清排污口底数的基础上，通过对排污口开展水质监测、污染溯源，明确了污染类型、排污单位和责任主体；并依据水功能区、水环境功能区、近岸海域功能区及区域的水环境规划目标，制定了“一口一策”，逐步推进排污口的分类整治工作。排污口排查作为深入打好水污染防治攻坚战的关键举措，将在推动流（海）域精准治污、监管执法、完善流域法律条例等方面发挥重要作用。

4.1 支撑流域水污染的精准治理

流域污染具有产生量大、污染物来源多、种类杂、迁移路径及转化过程复杂的特征，导致污染状况难以被准确评估^[28,42]。现阶段中国的水污染治理从污染物减排转变为污染物存量的削减，治理技术难度大、经济成本要求更高，瞄准关键污染物和关键污染源以实现精准减排的要求也日益凸显。通过抓住影响流域水环境质量的 key 污染物，从时间变化、空间分布、重点产业等要素上理解其排放特征及演变规律，才能合理施策，实现精准治理。排污口排查整治将全部水系支流及其两岸的排水通道纳入排口登记（最多可达七级），填报信息包括排量、COD、氨氮、总氮、总磷及特征污染物浓度指标。基于排污口排查整治，全面掌握全流域污染物种类及排量等信息，达到全流域污染负荷的实时监视，实现所有排污单位与受纳水体的信息关联，解决污染类型、时间、空间、重点行业 4 个方面信息的孤立问题，将极大地促进对流域水污染特征的精准把握，为相关决策制定提供了较为准确的目标。

4.2 支撑流域水环境的智慧监管执法

目前，我国生态环境监管执法仍存在执法手段单一、执法设备落后、信息获取滞后、风险排查效率低、污染溯源追查难、执法信息化水平低等问题^[43]。同时，我国流域通常面积广、不同区域人类活动强度不一、产业分布及结构差异较大，导致流域的生态环境监管执法难度增加。原环境保护部于 2016 年颁布了《生态环境大数据建设总体方案》，环境管理部门积累了大量环境治理相关数据，为利用大数据分析等信息化手段提升生态环境监管执法能力提供支撑。流域环境治理数据类型多样、来源分散，针对性不强，连通性较差，信息孤岛化严重，且与实际工作衔接不足，导致数据密度价值较低，高效提炼、挖掘和抽取信息难度加大，不足以支撑生态环境监管执法的信息化建设与发展^[44]。基于排污口排查整治，将实现流域所有涉污环节和关键要素的整合，支撑对污染物传递转移过程的全过程把控。通过收集和抓取有效信息，筛分影响流域水环境质量的 key 要素，基于大数据分析实现水环境质量与排污单元信息的同步调度，建立监管执法热点网格，为流域监管信息化建设和智能监管执法提供支撑。具体地，监管执法人员可采用无人机等移动设备开展热点网格日常监察；针对具体污染事件，执法人员可依据水体污染指标、排污口污染物排放量、企业生产指标变化的相关性，提高对污染事件的分析判断能力。

4.3 支撑排污许可相关法律、条例的修订与完善

流域环境管理制度及法律体系制定的最终目的是实现污染物的减排或者“零排放”^[45]。对于中国等流域发达、人类活动强度高的国家，其流域往往横跨多个区域，流域治理工作通常涉及多个地区和部门。在具体政策实施中，各个组织部门基于自身利益和管理侧重点，会出现行政目标错位、管理手段冲突的问题，长久便形成了碎片化治理局面，导致沟通协调不到位、政策制度不能有机衔接、工作重复率高、治理效果不佳（如易反弹）等问题。例如，针对钢铁行业，从管控范围、总量控制、实际排污量核算方面存在较大偏差，环境影响评价、排污许可、环境执法法律体系内容难以合理衔接^[46]。由于流域水污染来源多、产排污影响因素复杂，往往难以基于流域综合治理的整体性，发现现有法律体系的不足和在部门间达成解决路径。流域排污口的全面排查，支撑流域内污染点源和面源的全面管理，促进全流域各环节污染物

产生与排放量的准确核算,为环境影响评价、排污许可、环境执法、排放标准、环境统计、环境监测、环境保护税等各项环境管理制度的修订与完善提供了靶向。同时,以排污口排查整治为基础构建流域管理信息化平台,实现流域信息的互通互联,为流域不同地区、部门、行业之间的协同工作奠定基础,为更清晰地掌握流域水污染状况,设定治理目标,制定相关法规提供实践依据。

4.4 支撑构建陆海统筹的水污染治理体系

海洋在海陆水循环中的作用,使其成为众多污染物的最终归宿^[47]。随着经济快速发展和生活水平的提高,以各种方式、通过各种途径排入近岸海域的污染物总量居高不下,近岸海域环境质量状况及变化趋势,综合反映了各类涉海排污行为的强度和污染防治工作的成效。据统计,海洋污染物的80%~90%来自各种直接或间接向海洋排污的陆域污染源,其中入海河流、入海排污口是陆源污染物进入海洋的重要通道。国务院于2015年印发的《水污染防治行动计划》确定了中国近岸海域海水水质目标,明确了包括规范入海排污口设置,全面清理非法或设置不合理的入海排污口等污染防治各项工作的相关要求。原环境保护部、国家发展改革委等十部门联合印发的《近岸海域污染防治方案》对中国规范入海排污口管理任务进行了分解和细化,提出了摸清入海排污口底数、清理非法和设置不合理入海排污口的具体内容和完成的时间节点。生态环境部、国家发展改革委、自然资源部联合印发的《渤海综合治理攻坚战行动计划》对环渤海区域开展入海排污口溯源排查进行了详细的部署。考虑到陆域污染源排放是影响近岸海域环境质量的首要因素,在实际工作中,全面监控陆域各种入海水流(包括入海河流、入海排污口和其他入海排污口),按照“从山顶到海洋”“海陆一盘棋”的理念,统筹陆域和海域污染防治工作,建立“陆海统筹”的精细化入海污染物管理体系,是推进海水水质持续改善的有力措施。

5 结语

随着我国环境保护政策核心从排污管控、管治并举转变为生态修复和构建生态空间安全,我国水污染治理也将进入污染存量不断削减的关键节点^[48]。这对治理技术、管理手段都提出了更高的要求。基于流域的排污口排查,可为准确把握流域污染现状,识别演变规律,明确整治目标提供导向。以排污口为抓手,厘清污染物的产排路径,实现环境水体—污染物—排

污单位—监管主体的关联,促进各类数据及信息的融通,为GIS—大数据分析—监管监测技术等集成与应用奠定基础。排污口排查以流域整体性为基础,可深化跨区域和跨部门间的分工合作模式,促进政策、法律、标准的持续完善,为提高流域生态环境治理水平提供了技术支撑。

参考文献

- [1] 孙丹妮,郑军,张泽怡.流域环境管理,如何更协调?——借鉴国际经验完善我国“十四五”流域环境管理体制机制的思考[J].中国生态文明,2021(3): 54-58.
- [2] 彭波.我国跨行政区湖泊治理研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [3] 迟国梁.关于新时代流域水环境治理技术体系的思考[J].水资源保护:2022(1):182-189.
- [4] QIU L, VAN DIJK M P, WANG H M. Water pollution and environmental governance of the tai and chao lake basins in China in an international perspective[J]. Journal of water resource and protection, 2015, 7(10): 830-842.
- [5] MANDER Ü. Watershed management[M]//JØRGENSEN S E, FATH B D, eds. Encyclopedia of Ecology. Amsterdam: Elsevier, 2008: 3737-3748.
- [6] 唐克旺.中国治水已进入大保护的新时代[J].水资源保护,2018,34(1): 16-17.
- [7] 蓝平,易玉敏,钱怡婷,等.浅谈机构改革后入河排污口设置管理工作[J].环境科学导刊,2020,39(6): 51-54.
- [8] 李晓刚.我国农业面源污染现状及综合治理[J].农业灾害研究,2015,5(6): 32-34.
- [9] 刘聚涛,钟家有,付敏,等.鄱阳湖流域农村生活区面源污染特征及其影响[J].长江流域资源与环境,2014,23(7): 1012-1018.
- [10] 黄博.农村小微水体污染现状调查及对策研究——以杨溪村为例[D].金华:浙江师范大学,2019.
- [11] 贺亚兰.治理小微水体污染是小事吗?[J].中国生态文明,2019,31(2): 98-98.
- [12] 周阿蓉.我国流域水污染第三方治理机制研究[D].福州:福建师范大学,2016.
- [13] 郑洁.区域分治、部门分割与流域治理的困境和对策——以温瑞塘河治理为例[D].金华:浙江师范大学,2018.
- [14] 中华人民共和国生态环境部.长江入河排污口排查整治专项行动暨试点工作启动会召开[R/OL].(2019-02-16)[2020-06-11].http://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk15/201902/t20190216_692561.html.
- [15] 李立青,尹澄清,何庆慈,等.城市降水径流的污染来源与排放特征研究进展[J].水科学进展,2006,17(2): 288-294.
- [16] 罗彬,李纳,王军霞.城市面源污染形成过程及其排放特征研究进展[J].四川环境,2012,31(4): 110-113.
- [17] 罗良国,陈崇娟,赵天成,等.植物修复农田退水氮、磷污染研究进展[J].农业资源与环境学报,2016,33(1): 1-9.
- [18] 郎从.北京市典型流域非点源污染特征研究——基于抽样调查和水质监测[D].北京:北京师范大学,2011.
- [19] 陈南束,费良军,李山,等.甘肃景电灌区退水水质综合评价研

- 究[J]. 地下水, 2020, 42(4): 76-78.
- [20] 余辰洋, 刘亮. 农村水污染现状分析及处理措施[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2019, 40(5): 48-51.
- [21] 陈旭升, 范德成. 中国工业水污染状况及其治理效率实证研究[J]. 统计与信息论坛, 2009, 24(3): 30-35.
- [22] 邱鸿荣, 罗建中, 郑国辉. 城镇污水管网现状调查及整改对策研究[J]. 地下空间与工程学报, 2011, 7(6): 1258-1262.
- [23] 张维蓉, 张梦然. 当前我国水污染现状、原因及应对措施研究[J]. 水利技术监督, 2020(6): 93-98.
- [24] 刘珊元. 把脉水中污染病因 开好岸上治理良方[J]. 湖南水利水电, 2017(2): 87-88.
- [25] 孟伟. 水体污染控制需水陆一体化管理[J]. 环境与生活, 2017(6): 72-72.
- [26] 王立新, 李永宏, 梁存柱, 等. 水陆统筹的流域综合治理与管控[J]. 北方经济, 2019(10): 26-27.
- [27] 用两三年的时间完成黄河流域入河排污口排查[J]. 环境经济, 2020, 1(11): 4-4.
- [28] 王浩, 周祖昊, 王建华, 等. 流域综合治理理论、技术与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 14-20.
- [29] 何晓云, 汪小泉, 王亚红, 等. 水功能区与水环境功能区划分归一研究[J]. 中国环境监测, 2008, 24(3): 62-65.
- [30] 任敏. 流域公共治理的政府间协调研究[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2017: 42-95.
- [31] 王礼先. 小流域综合治理的概念与原则[J]. 中国水土保持, 2006(2): 16-17.
- [32] 樊杰, 王亚飞, 王怡轩. 基于地理单元的区域高质量发展研究——兼论黄河流域同长江流域发展的条件差异及重点[J]. 经济地理, 2020, 40(1): 1-11.
- [33] 陆大道, 樊杰. 区域可持续发展研究的兴起与作用[J]. 中国科学院院刊, 2012, 27(3): 290-300, 319-319.
- [34] 徐辉, 师诺, 武玲玲, 等. 黄河流域高质量发展水平测度及其时空演变[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 115-126.
- [35] 郑挺颖, 崔悦. 彻查排污口 长江大体检响起发令枪——访中国环境科学研究院原副院长兼总工程师夏青[J]. 环境与生活, 2019(S1): 30-33.
- [36] 冯爱萍, 吴传庆, 王雪蕾, 等. 海河流域氮磷面源污染空间特征遥感解析[J]. 中国环境科学, 2019, 39(7): 2999-3008.
- [37] 庞爱萍. 坚持和完善生态文明制度体系加强农业农村面源污染防治[J]. 中共南京市委党校学报, 2020(1): 107-112.
- [38] HARDIN P J, LULLA V, JENSEN R R, et al. Small Unmanned Aerial Systems (sUAS) for environmental remote sensing: challenges and opportunities revisited[J]. GIScience & remote sensing, 2019, 56(2): 309-322.
- [39] 张元敏. 无人机航测技术在入海排污口排查中的应用[J]. 测绘通报, 2020(1): 146-149, 153-153.
- [40] 赵旭. 固定翼和多旋翼无人机航测技术对比和分析[J]. 电子技术与软件工程, 2017(20): 100-100.
- [41] 易丽德, 何姝, 尚璐, 等. 无人船的排污口排查方法、排查装置、无人船及存储介质: 中国, CN201910867305.5[P]. 2019-12-20.
- [42] 褚俊英, 王浩, 周祖昊, 等. 流域综合治理方案制定的基本理论及技术框架[J]. 水资源保护, 2020, 36(1): 18-24.
- [43] 陈瑾, 程亮, 马欢欢. 环境监管执法发展思路与对策研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(S5): 509-512.
- [44] 张桦. 大数据环境下的“信息孤岛”治理框架[J]. 决策咨询, 2019(6): 64-69.
- [45] 李禾. 水体污染治理: 从控源减排走向环境修复[N]. 科技日报, 2012-03-08(013).
- [46] 张承舟, 刘大钧, 王宇航, 等. 钢铁行业“项目环评-排污许可-环境执法”全过程环境管理研究[J]. 环境与发展, 2020, 32(11): 196-198.
- [47] 杨杨. 我国沿海城市近岸海域环境污染的时空动态演变格局研究[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2018(3): 51-57.
- [48] 黄新焕, 鲍艳珍. 我国环境保护政策演进历程及“十四五”发展趋势[J]. 经济研究参考, 2020(12): 76-83.

A Comprehensive Inspection of Sewage Outfalls and Its Potential Application in Water Environment Treatment

WANG Hao^{1,2}, CHEN Yao^{1,2}, ZHENG Wenli^{1,2}, HU Licai^{1,2}, ZHENG Jianguo³, HAN Xuejiao⁴, GUO Qingwei^{1,2*}

(1. South China Institute of Environmental Sciences, MEE, Guangzhou 510530, China; 2. Research Institute of Eco-Environmental Emergency, MEE, Guangzhou 510530, China; 3. Yellow River Basin Ecology and Environment Administration, MEE, Zhengzhou 450004, China; 4. State Environmental Protection Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: With the increasing investment in water eco-environment management, water quality has been improved overall in China. However, the problems of unbalanced, uncoordinated and inadequate water eco-environment protection are still prominent. Particularly, water shortage, pollution and ecological degradation still exist in some river basins. Sewage outlets are the main gate for land-sourced pollutants entering the water environment. To modernize the eco-environment governance capacity of a basin, factors affecting water quality have been identified via a bulk inspection of the sewage outlets (ISOs) throughout a basin, and a closed-loop of pollutants (i.e. polluted water bodies-pollution routes-pollution discharge) has been established to monitor and track the pollutants. This review summarized the general process and technical points of ISOs, and discussed the potential application of the results. The information is useful for advancing the eco-environment management of river basins.

Keywords: water pollution; water quality; inspection of sewage outlets; basin management